

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”



**V e VI Relazione di monitoraggio sullo stato di
attuazione dell'AQST**

APRILE 2022

INDICE

INTRODUZIONE	3
STATO DI AVANZAMENTO DELLE ATTIVITA'	4
Macroazione A. Interventi di miglioramento del reticolo fognario del bacino del lago di Varese	6
Macroazione B. Monitoraggio dello stato delle acque del lago e del suo emissario e loro evoluzione	19
Macroazione C. Riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico	104
Macroazione D. Salvaguardia della biodiversità del lago di Varese	111
Macroazione E. Comunicazione, promozione attività AQST e sensibilizzazione cittadini	117
Macroazione F. Attività di sviluppo e valorizzazione territoriale delle sponde e della pista ciclabile	124

INTRODUZIONE

L'Accordo Quadro di Sviluppo Territoriale (AQST) "Salvaguardia e risanamento del lago di Varese", sottoscritto il giorno 12 aprile 2019, prevede la redazione di relazioni semestrali di monitoraggio in ordine allo stato di attuazione dell'AQST; tali relazioni, redatte sulla base dei documenti di aggiornamento predisposti dai soggetti attuatori, in raccordo con i soggetti coordinatori delle Azioni all'interno dei lavori di Segreteria Tecnica (ST) (art. 14), vengono inviate dal soggetto responsabile al Comitato di Coordinamento (art. 8).

Il Comitato di Coordinamento (CC) valuta tali relazioni (art. 7) durante la seduta plenaria convocata dal Presidente.

Durante la riunione del Comitato di Coordinamento del 4 dicembre 2020 il Comitato, sulla base di una proposta della Segreteria Tecnica ha valutato opportuno modificare il periodo temporale delle relazioni di monitoraggio prevedendo due relazioni annue: gennaio-giugno e luglio-dicembre.

La presente relazione integra due periodo di monitoraggio: gennaio-giugno e luglio-dicembre 2021.

INCONTRI

Incontri degli organi dell'AQST

Le riunioni di Segreteria tecnica sono state organizzate sia in modalità plenaria, ma anche per sottogruppi di lavoro tematici, coinvolgendo i rappresentanti maggiormente competenti e interessati allo sviluppo delle varie attività.

Nel corso del 2021 sono state organizzate 5 riunioni di Segreteria Tecnica:

- Riunione del 21 aprile 2021 di preparazione al Comitato di Coordinamento del 7 maggio;
- Riunione del 17 giugno 2021: riunione del "GdL Macroazione F" per presentare il primo stato di avanzamento lavori condotti all'interno dell'accordo di collaborazione tra Camera di Commercio, Politecnico di Milano e Regione Lombardia;
- Riunione del 18 ottobre 2021 di preparazione al Comitato di Coordinamento del 23 ottobre;
- Riunione del 4 novembre 2021: incontro del "GdL Macroazione A" per valutazioni in merito alla individuazione degli interventi da effettuare sul reticolo fognario;
- Riunione del 24 novembre 2021: riunione del "GdL monitoraggio integrato" per individuare un sistema di supporto alla individuazione di possibili criticità relative alla balneazione;

Il Comitato di coordinamento si è riunito:

- in data 7 maggio per approvare la IV relazione di monitoraggio (lug-dic 20);
- in data 24 luglio in una riunione aperta al pubblico, per presentare i risultati del secondo anno di attività dell'AQST e approvare l'atto integrativo all'AQST contenente un aggiornamento del testo dell'accordo e del Programma d'Azione;
- in data 23 ottobre in collegamento con la biennale di architettura di Venezia, dove l'AQST è stato presentato all'interno del Padiglione Italia, dedicato alle "comunità resilienti".
-

I verbali delle riunioni del Comitato di Coordinamento sono pubblicati sul sito istituzionale dell'AQST:

www.lagodivarese.regione.lombardia.it

STATO DI AVANZAMENTO DELLE ATTIVITA'

Nel seguito si riporta una relazione sullo stato di attuazione di tutte quelle attività previste dal Programma di Azione per le quali vi è stato un avanzamento nel corso del semestre considerato, ovvero:

Macroazione A. Interventi di miglioramento del reticolo fognario del bacino del lago di Varese

Azione A.1. Studi e rilievi del reticolo fognario

Attività A.1.1. Raccolta e organizzazione delle segnalazioni circa il malfunzionamento del sistema fognario

Attività A.1.2. Rilievo topografico del reticolo fognario nel bacino del lago di Varese

Attività A.1.3. Studio dei carichi sfiorati in tempo di pioggia dagli sfioratori fognari

Attività A.1.4. Censimento e valutazione degli scarichi esistenti nel bacino del lago

Azione A.2. Interventi infrastrutturali sul reticolo fognario

Attività A.2.1. Valutazione degli studi progettuali esistenti

Attività A.2.2. Progettazione e realizzazione degli interventi individuati dall'azione 1 e 2

Macroazione B. Monitoraggio dello stato delle acque del lago e del suo emissario e loro evoluzione

Azione B.1. Monitoraggio della qualità delle acque del lago e suo immissario

Attività B.1.1. Installazione di boe, per il monitoraggio delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dello sviluppo di popolamenti di cianobatteri

Attività B.1.2. Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel lago di Varese

Attività B.1.3. Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel fiume Bardello e nel lago Maggiore

Attività B.1.4. Monitoraggio di parametri microbiologici e delle fioriture algali ai fini della balneazione

Azione B.2. Sviluppo di un modello di bilancio di massa del fosforo

Attività B.2.1. Valutazione del carico esterno

Attività B.2.2. Valutazioni del carico interno

Azione B.3. Sviluppo di scenari evolutivi della qualità delle acque del lago finalizzati ad una valutazione degli interventi

Attività B.3.1. Sviluppo e validazione di un modello previsionale della qualità delle acque del lago

Attività B.3.2. Predisposizione di scenari modellistici

Azione B.4. Valutazione delle migliori tecnologie per il risanamento del lago

Attività B.4.1. Istruttoria e approfondimenti circa la possibilità di utilizzo di tecniche e tecnologie innovative per il risanamento del lago di Varese

Macroazione C. Riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico

Azione C.1. Studi propedeutici alla riattivazione dell'impianto

Attività C.1.0. Analisi sullo stato di consistenza dell'impianto

Attività C.1.1. Valutazione in merito al prolungamento della tubazione di scarico dell'impianto di prelievo ipolimnico con predisposizione di sifonamento

Attività C.1.2. Progettazione degli interventi

Azione C.2. Esecuzione lavori

Attività C.2.1. Ammodernamento e riadeguamento dell'impianto di prelievo ipolimnico e realizzazione di prove sperimentali di riavvio

Attività C.2.2. Sistemazione dello scarico dell'impianto di prelievo

Attività C.2.3. Predisposizione del piano (delle specifiche) per il funzionamento dell'impianto, gestione e monitoraggio

Attività C.2.4. Installazione impianto fotovoltaico

Macroazione D. Salvaguardia e tutela dell'area protetta lago di Varese

Azione D.1. Aggiornamento del piano di gestione della Zona Speciale di Conservazione (ZSC) "Alnete del Lago di Varese" e della Zona di Protezione speciale (ZPS) "Lago di Varese"

Attività D.1.1. Disciplina e vigilanza della navigazione sul lago

Attività D.1.2. Valutazioni di proposte di revisione della normativa sulla navigazione

Attività D.1.3. Analisi di fattibilità per lo sviluppo di una navigazione elettrica sul lago

Attività D.1.4. Valutazione dei livelli del lago adeguati alla protezione ambientale e all'utilizzo plurimo delle acque

Attività D.1.5. Redazione e aggiornamento del piano di gestione della ZSC "Alnete del Lago di Varese" e della ZPS "Lago di Varese" (quadro conoscitivo, programmazione interventi, normativa) al fine di mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente habitat e specie di interesse comunitario.

Attività D.1.6. Rilievo morfo-batimetrico del lago di Varese

Azione D.2. Predisposizione di un piano triennale di riequilibrio della fauna ittica presente nel lago da attuare attraverso azioni parallele di pesca di sfoltimento e gestione del pescato e delle immissioni.

Macroazione E. Comunicazione, promozione attività AQST e sensibilizzazione cittadini

Azione E.1. Comunicazione e divulgazione dei contenuti e delle attività dell'accordo

Attività E.1.1. Predisposizione di un sito web relativo all'AQST

Attività E.1.2. Organizzazione di incontri tematici sul territorio

Azione E.2. Sensibilizzazione dei cittadini e attività di citizen science

Attività E.2.1. Divulgazione e didattica ambientale per i cittadini

Attività E.2.2. Coinvolgimento degli istituti scolastici

Attività E.2.3. Cartellonistica informativa e stampa di materiale divulgativo

Attività E.2.4. Sviluppo di forme di partecipazione economica da parte dei cittadini e delle Amministrazioni locali alle spese di risanamento del lago

Attività E.2.5. Giornata regionale del "Verde Pulito" dedicata al lago

Attività E.2.6. Realizzazione di percorsi formativi e di incontri tematici per varie tipologie di soggetti

Macroazione F. Attività di sviluppo e valorizzazione territoriale delle sponde e della pista ciclabile

Azione F.1. Valorizzazione della zona sponale e della pista ciclabile

Attività F.1.1. Redazione di uno studio/progetto di inquadramento territoriale/paesaggistico finalizzato a promuovere la fruibilità del lago di Varese in special modo valorizzando la pista ciclabile circumlacuale

Attività F.1.2. Effettuazione interventi e lavori individuati nella fase progettuale

Macroazione A. Interventi di miglioramento del reticolo fognario del bacino del lago di Varese

AZIONE A.1.	
STUDI E RILIEVI DEL RETICOLO FOGNARIO	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività A.1.1. Raccolta e organizzazione delle segnalazioni circa il malfunzionamento del sistema fognario. - Attività A.1.2. Rilievo topografico del reticolo fognario nel bacino del lago di Varese - Attività A.1.3. Studio dei carichi sfiorati in tempo di pioggia dagli sfioratori fognari - Attività A.1.4. Censimento e valutazione degli scarichi esistenti nel bacino del lago - Attività A.1.5. Aggiornamento della modellazione idraulica redatta dalla Società Lago - Attività A.1.6. Monitoraggio delle portate relativo all'agglomerato del Lago di Varese
Risultati attesi	L'azione risponde all'obiettivo principale di completare il processo di risanamento delle acque del lago e di conseguenza risponde a tutti gli obiettivi specifici, attraverso un miglioramento degli aspetti conoscitivi relativi al reticolo fognario presente nel bacino.
Soggetto coordinatore	Ufficio d'Ambito di Varese

ATTIVITÀ A.1.1	
Raccolta e organizzazione delle segnalazioni circa il malfunzionamento del sistema fognario	
Descrizione Attività	Ricerca negli archivi ARPA di comunicazioni di qualsiasi tipo inerenti malfunzionamenti del sistema di collettamento e depurazione con possibile svuotamento di reflui fognari in ambiente nel bacino imbrifero del Lago di Varese, a partire dal 2000, per avere l'emissione di un report di riepilogazione degli eventi suddiviso per Comune con eventuale rappresentazione cartografica.
Soggetto Attuatore	ARPA Lombardia - U.O.C. APC Varese
Cronoprogramma attività	L'attività si è svolta ed è conclusa nei tempi previsti a fine ottobre 2019

Sintesi delle attività svolte

L'attività si è conclusa e le principali criticità riscontrate sono in corso di risoluzione: il relativo avanzamento è riportato nella descrizione dell'Attività A.2.2. "Progettazione e realizzazione degli interventi individuati dall'Azione 1 e 2".

ATTIVITÀ A.1.2	
Rilievo topografico del reticolo fognario nel bacino del lago di Varese	
Descrizione Attività	L'attività riguarda il rilievo topografico del reticolo fognario di tutti i comuni afferenti all'agglomerato AG01207201, afferente all'impianto di depurazione di Gavirate. Le informazioni che saranno censite sono relative alla rete e a tutti i manufatti ad essa collegati, tramite apposite schede di censimento. L'attività ha l'obiettivo di mappare il reticolo fognario comunale al fine di individuare gli interventi necessari per l'adeguamento del reticolo dal punto di vista funzionale, anche rispetto alla normativa regionale in materia.
Soggetto Attuatore	ALFA
L'attività avrà durata di 910 giorni naturali consecutivi (al netto del ribasso d'asta).	
<div> <div>Rilievo topografico del reticolo fognario</div> <div> </div> </div> <p>Attività A.1.2</p> <p>gen-19 feb-19 mar-19 mag-19 giu-19 lug-19 ago-19 ott-19 nov-19 dic-19 feb-20 mar-20 apr-20 giu-20 lug-20 ago-20 ott-20 nov-20 dic-20 gen-21 mar-21 apr-21 mag-21 lug-21 set-21 nov-21 dic-21 gen-22 mar-22 apr-22 mag-22 lug-22</p>	

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Con apposita procedura d'appalto è stato aggiudicato a Datek22 il rilievo di tutte le reti fognarie ricadenti nell'agglomerato afferente all'impianto di depurazione di Gavirate. Alla società aggiudicatrice è stato trasmesso tutto il materiale reperito dalla Società di Tutela del Lago di Varese e Comabbio S.p.a. e laddove mancante si è provveduto o si sta provvedendo a richiedere ai vari comuni tutti i dati sul reticolo fognario in loro possesso.

Al fine di velocizzare i rilievi e le restituzioni degli stessi, tra i requisiti dell'appalto è stata richiesta la messa a disposizione di un portale dal quale monitorare, in tempo reale, l'avanzamento lavori, attraverso il quale, con cadenza settimanale, vengono trasmessi ad Alfa i dati grezzi raccolti.

Mediante il sito condiviso, da remoto è possibile effettuare una prima verifica sulla conformità e congruenza dei dati rilevati con lo storico trasmesso dagli enti e, successivamente, mediante le verifiche in campo, è possibile risolvere eventuali problematiche in corso d'opera e quindi velocizzare successivamente la fase di collaudo del dato.

A causa dell'emergenza COVID, l'attività ha subito un rallentamento di diversi mesi e di conseguenza il cronoprogramma è stato aggiornato ed allegato al precedente aggiornamento della relazione.

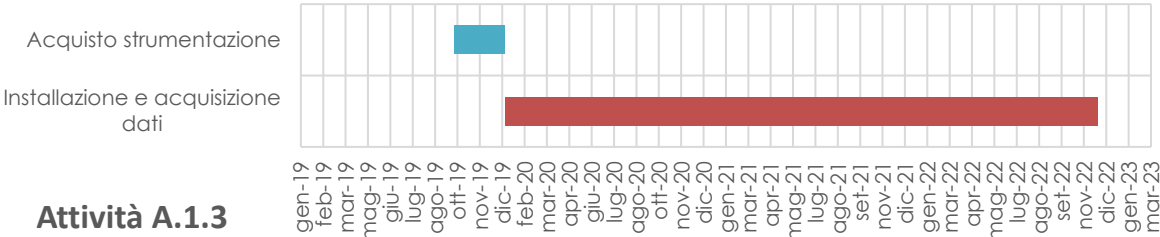
In base all'avanzamento delle attività, il cronoprogramma è stato riaggiornato e condiviso con il tavolo dell'AQST.

Si precisa che le tali tempistiche riguardavano le sole attività di campo che risultano concluse (ad eccezione del comune di Varese, ancora in corso), nei prossimi mesi seguiranno i collaudi e si prevede la chiusura delle attività nel primo semestre del 2022.

Nella tabella seguente si trasmettono le info relative ai comuni rilevati o in corso di rilievo:

N.	COMUNE	COMPLETO/PARZIALE	STATO DI AVANZAMENTO	VERIFICATO DA UFFICIO SIT	KM RILEVATI
1	Casale litta	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	23,95
2	Varese	Parziale	In corso	NO	310,00
3	Buguggiate	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	33,47
4	Brunello	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	10,96
5	Galliate Lombardo	Completo	Terminato – consegnato e collaudato	SI	17,56
6	Daverio	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	30,89
7	Bodio Lomnago	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	32,29
8	Cazzago Brabbia	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	14,85
9	Biandronno	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	34,40
10	Bardello	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	15,06
11	Inarzo	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	12,53
12	Azzate	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	43,57
13	Gavirate	Completo	Terminato – consegnato e da consegnare	SI	90,62
14	Barasso	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	22,53
15	Mercallo	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	16,66
16	Ternate	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	NO	36,258
17	Varano Borghi	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	31,50
18	Casciago	Completo	Terminato – non ancora consegnato	NO	39,588
19	Comabbio	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	14,10
20	Comerio	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	33,17
21	Luvinate	Completo	Terminato – consegnato e da collaudare	SI	17,69

Durante le attività di rilievo vengono raccolti dati riguardanti la lunghezza delle reti, la tipologia di materiale e di fognatura, il diametro, il numero di manufatti scolmatori, vasche di laminazione e di prima pioggia.

ATTIVITÀ A.1.3	
Studio dei carichi sfiorati in tempo di pioggia dagli sfioratori fognari	
Descrizione Attività	<p>L'attività riguarda il monitoraggio quali-quantitativo di alcuni sfioratori di piena delle reti fognarie, considerati rappresentativi, al fine di valutare il contributo degli sfioratori presenti nel bacino, in tempo di pioggia, al carico veicolato a lago.</p> <p>Tale attività è in stretto contatto con l'attività A.1.2 poiché necessita una valutazione e identificazione delle tipologie di manufatti, necessaria per identificare il disegno progettuale più adeguato.</p>
Soggetto Attuatore	ALFA
Cronoprogramma attività	 <p>The Gantt chart for Activity A.1.3 shows the following timeline:</p> <ul style="list-style-type: none"> Acquisto strumentazione: A blue bar indicating a task that starts in November 2019 and ends in December 2019. Installazione e acquisizione dati: A red bar indicating a task that starts in February 2020 and ends in November 2022. <p>The x-axis represents time in months, labeled from gen-19 to mar-23.</p>

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Come riferito nei precedenti report, dall'analisi della documentazione a disposizione sono stati, inizialmente, individuati quattro siti che per diverse ragioni risultavano significativi allo scopo della campagna di monitoraggio:

- Gavirate – a causa delle frequenti segnalazioni di ARPA in merito a scarichi in ambiente;
- Varese – poiché tra i circumlacuali risulta esser quello maggiormente esteso e con maggior numero di utenti e di conseguenza con più alta probabilità di apporti a lago;
- Casciago e Azzate – poiché tra i vari progetti trasmessi dalla Società Lago risultano essere, insieme a Varese, i comuni con maggior numero di sfioratori da adeguare.

Benché le attività abbiano subito dei rallentamenti a causa dell'emergenza COVID come da comunicazione prot. n. 0012294/2020 del 30/03/2020, tuttavia, ciò nonostante, le attività, allo stato attuale, risultano in linea con il cronoprogramma.

Relativamente alla gara volta all'identificazione del laboratorio per il servizio di ritiro e analisi dei campioni provenienti dai vari scolmatori, Il giorno 06/07/2020 è stata conclusa la procedura con l'affidamento del servizio previsto.

Per quanto concerne l'installazione degli strumenti di misura si riporta nel seguito una breve descrizione dei vari passaggi effettuati:

- comune di Gavirate, una volta richiesta la manomissione all'ente competente, è stato adeguato il manufatto scolmatore predisponendo un foro sulla soletta per garantire il passaggio dell'aspiratore del campionatore, contestualmente è stato predisposto un basamento per la collocazione dell'armadietto contenitore del campionatore. E' stato poi realizzato il manufatto contenitore ed infine la posa della strumentazione di misura, nonché i collegamenti al telecontrollo per la gestione degli eventi.

- comune di Casciago, dopo essersi accertati della proprietà comunale, è stata richiesta la manomissione del suolo pubblico e programmato l'intervento di adeguamento dell'area. Successivamente, come per Gavirate, dopo aver adeguato il manufatto scolmatore, è stato realizzato il manufatto contenitore e infine posata e collegata la strumentazione.
- comune di Azzate, essendo l'area privata, è stata richiesta una visura catastale al comune, con la quale è stato possibile prender contatti con la proprietà e stipulare una servitù a titolo gratuito per l'adeguamento del manufatto scolmatore e per la posa dell'armadietto contenitore del campionatore. Come per le altre postazioni, una volta superata la problematica amministrativa, si è proceduto con l'adeguamento del manufatto scolmatore, la realizzazione dell'armadietto contenitore e la posa della strumentazione di misura con i relativi collegamenti al telecontrollo.
- comune di Varese, essendo l'area privata, è stata richiesta una visura catastale al comune al fine di individuare l'utente con il quale interfacciarsi per il nulla osta dei lavori, che ha richiesto molto tempo, in quanto la particella aveva subito nel corso del tempo una serie di modifiche. Dopo il sopralluogo congiunto è stato richiesto dall'utente, ad ALFA Srl, la stipula di un contratto per una servitù a titolo oneroso, che, aggravando di molto il procedimento, ha portato quindi alla scelta di una diversa identificazione dello sfioratore da monitorare.

Dall'analisi della documentazione storica, nonché da segnalazioni di enti che siedono al tavolo dell'AQST e di attività di gestione dell'area conduzione di Alfa, si è deciso di identificare uno scolmatore del comune di Biandronno.

Scelto il manufatto, una volta accertati della proprietà comunale, come per le altre postazioni di monitoraggio si è adeguato il manufatto, realizzato un armadietto e collocato la strumentazione di misura.

Alla data odierna sono, quindi, installate le quattro postazioni di monitoraggio contenenti la strumentazione necessaria all'analisi quali-quantitativa (come da foto allegata), è stato attivato il sistema di telecontrollo con conseguente segnalazione mediante allarme telefonico in caso di scolmo ed è stato attivato il contratto d'analisi con il laboratorio vincitore della gara d'appalto.



Figura 1: Postazione di monitoraggio quali-quantitativa

L'analisi quali-quantitativa è stata avviata ad inizio novembre 2020.

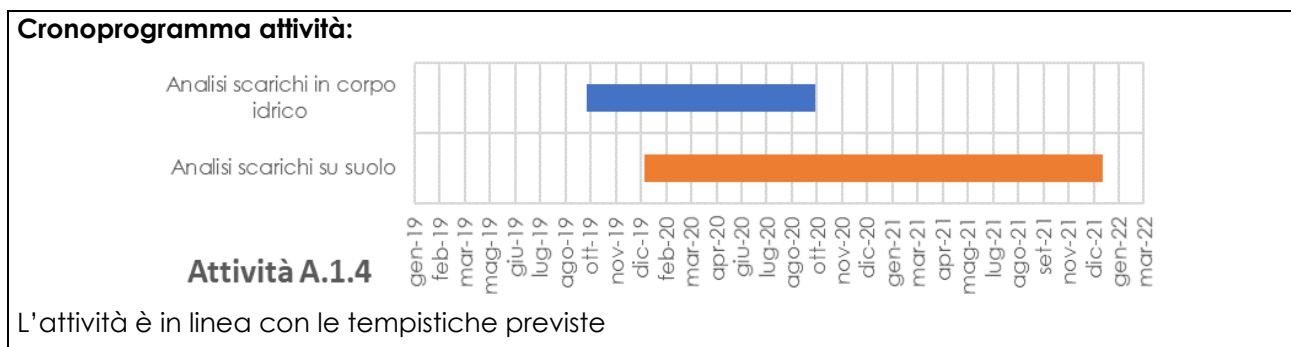
Di seguito si riporta una mera indicazione di massima delle informazioni qualitative oggetto delle analisi per la postazione di Gavirate (postazione più attiva e di maggior interesse ai fini dell'analisi).

RISULTATI DELLE PROVE						
Denominazione prova	Unità di misura	Valore	Incertezza	LOQ	Limiti	Metodo di prova
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD5) (O2)	mg/l	5	±1	5	250	APAT CNR IRSA 5120 A Man 29 2003+ APAT CNR IRSA 5120 B2 Man 29 2003
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	20	±2	10	500	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003
Solidi sospesi totali (105°C)	mg/l	2		1	200	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003
Azoto ammoniacale (come NH4)	mg/l	n.r.		0.5	30	APAT CNR IRSA 4030 A1 Man 29 2003
Azoto nitrico (NO3 espressi come N)	mg/l	3	±1	1	30	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Azoto nitroso (NO2 espressi come N)	mg/l	0,170		0.05	0,6	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Azoto totale (come N) - sommatoria lower bound dei singoli componenti	mg/l	4,1				APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003+ APAT CNR IRSA 5030 Man 29 2003
Fosforo totale (P)	mg/l	0,07		0.05	10	APAT CNR IRSA 4110-A2 Man 29 2003
Idrocarburi totali	mg/l	n.r.		0.5	10	APAT CNR IRSA 5160 A2 Man 29 2003
Oli e grassi animali e vegetali	mg/l	n.r.		0.5	40	APAT CNR IRSA 5160 A1 Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 5160 A2 Man 29 2003
Tensioattivi MBAS (anionici)	mg/l	n.r.		0.05		APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003
Tensioattivi non ionici	mg/l	0,06	±0,01	0.05		UNI 10511-1:1996 + A1:2000

Figura 2: esito analisi di laboratorio su scolmo a lago

È in corso il secondo anno di monitoraggio per le n. 4 stazioni descritte.

ATTIVITA' A.1.4.
Censimento e valutazione degli scarichi esistenti nel bacino del lago.
<p>Descrizione Attività</p> <p>Analisi degli scarichi in ambiente, ricadenti nel bacino imbrifero del lago con particolare riferimento a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scarichi in corpo idrico superficiale; - scarichi sul suolo nella "fascia di 300 m da lago"; <p>L'attività sugli scarichi su suolo, poiché richiede la mappatura di dettaglio del reticolo fognario, viene svolta di pari passo all'avanzamento dell'attività A.1.2. essendo ad essa strettamente correlata.</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Provincia di Varese</p>



Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

L'attività relativa all'analisi degli scarichi sul suolo procede in coordinamento con l'avanzamento dell'attività A.1.2. essendo ad essa strettamente correlata.

Si evidenzia inoltre che, in coordinamento con ALFA e Regione Lombardia, sono state analizzate una serie di segnalazioni puntuali pervenute agli uffici della Provincia relative a liquami recapitanti a lago tramite rogge e scarichi, in diversi casi visibili anche in tempo secco, al fine di risalire alle cause ed interrompere gli afflussi. Si fa presente che alcuni dei casi segnalati richiedono una tempestiva soluzione poiché generano un forte impatto "di immagine" presso zone spondali ad elevata frequentazione antropica (es. Biandronno, Gavirate). A fronte di prime indagini, in certe circostanze è possibile ipotizzare correlazioni causa effetto con il reticolo fognario. Per tale ragione si ritiene opportuno approfondire le verifiche rispetto ai manufatti potenzialmente coinvolti, i cui codici identificativi sono stati riportati nel geodatabase di lavoro condiviso. Altri contesti richiedono, invece, un'indagine a più ampio spettro per risalire all'origine degli sversamenti, che meritano successivi approfondimenti.

ATTIVITÀ A.1.5	
Aggiornamento della modellazione idraulica redatta della Società Lago	
Descrizione Attività	L'attività riguarda l'aggiornamento della modellazione idraulica a seguito dei rilievi e dello studio fognario generale dell'agglomerato afferente al Lago di Varese ai sensi del nuovo RR 6/2019.
Soggetto Attuatore	ALFA
Cronoprogramma attività	<ul style="list-style-type: none"> - FASE 1 – aggiornamento e costruzione del modello geometrico con programma Infoworks dei collettori circumlacuali, con l'aggiunta dello schema principale delle reti comunali rilevate, e taratura parziale del modello sulla base di n° 4 postazioni di monitoraggio ubicate intorno al lago. - FASE 2 – completamento del modello geometrico con taratura completa da effettuarsi dopo la campagna di monitoraggio delle portate e piogge. - FASE 3 – Redazione del Piano Fognario dei collettori intercomunali e schema principale delle reti comunali per la definizione degli interventi necessari a risolvere le criticità idrauliche e l'adeguamento alle vigenti normative in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Tra i vari elaborati trasmessi dalla Società di Tutela del Lago di Varese e del Lago di Comabbio S.p.A. vi erano dei modelli in infoworks sul funzionamento dei collettori circumlacuali Sud e Nord.

Tali studi si basavano su ipotesi forzate (rilievi dei soli collettori, assenza delle reti comunali e quindi ipotesi di ingresso localizzato delle portate miste, portate stimate etc...), nonché restituivano modelli non tarati.

Avendo ad oggi effettuato i rilievi delle reti comunali, partendo dal modello della Società Lago si è deciso di implementarlo e completarlo inserendo le reti comunali e tararlo in un secondo momento, in seguito all'ultimazione dell'attività A.1.6

È stato affidato l'incarico allo studio tecnico che l'aveva implementato ai tempi sulla base di preventivo ricevuto e ad oggi è stato restituito il modello della fase 1.

Quest'ultima ha confermato la necessità dei progetti redatti dalla Società Lago anche se vetusti e non conformi al nuovo R.R. 06/2019 (così come descritto nelle relazioni di cui all'attività A.2.1).

ATTIVITÀ A.1.6
Monitoraggio delle portate relativo all'agglomerato del Lago di Varese
Descrizione Attività L'attività riguarda il monitoraggio delle portate ai fini della successiva redazione del Piano di Riassetto dell'agglomerato afferente al Lago di Varese.
Soggetto Attuatore ALFA
Cronoprogramma attività <ul style="list-style-type: none">- FASE 1 – <i>Analisi dei dati messi a disposizione di Alfa e proposta progettuale da parte dell'appaltatore per la stima del numero e posizionamento degli strumenti.</i>- FASE 2 – <i>Sopralluoghi volti alla verifica dell'accessibilità dei pozzetti per l'installazione della strumentazione.</i>- FASE 3 – <i>Installazione strumentazione e monitoraggio per due anni.</i>

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

È stata installata e messa in funzione la strumentazione necessaria al monitoraggio delle portate indispensabile alla taratura del modello delle reti di cui al punto A.1.5

Tale attività è indispensabile anche all'adempimento delle attività previste dal nuovo R.R. 6/2019 relativamente alla redazione dei Piani di Riassetto.

L'importo massimo previsto per tale attività è pari a € 1.500.000

La strumentazione di cui sopra, si scinde in:

- misuratori di velocità e/o livello;
- pluviometri;
- sistemi di telecontrollo e visione del dato;
- sistemi di allarme.

È in corso il monitoraggio che durerà 2 anni.

AZIONE A.2.	
INTERVENTI INFRASTRUTTURALI SUL RETICOLO FOGNARIO	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività A.2.1. Valutazione e realizzazione degli studi progettuali esistenti - Attività A.2.2. Progettazione e realizzazione degli interventi individuati dall'Azione 1 e 2
Risultati attesi	L'azione risponde all'obiettivo principale di completare il processo di risanamento delle acque del lago e di conseguenza a tutti gli obiettivi specifici, attraverso la messa in opera di una serie di interventi infrastrutturali atti a migliorare le condizioni e la funzionalità del reticolo fognario presente nel bacino del lago e limitare gli eventuali sversamenti in tempo di pioggia.
Soggetto coordinatore	Ufficio d'Ambito di Varese

ATTIVITÀ A.2.1	
Valutazione degli studi progettuali esistenti	
Descrizione Attività	<p>L'attività riguarda l'analisi dei contenuti degli studi progettuali esistenti messi a disposizione di Alfa dalla Società per la tutela e la salvaguardia delle acque del lago di Varese e lago di Comabbio S.p.A. La consistenza della documentazione è così classificabile: due studi, quattro rilievi, tre progetti di fattibilità tecnica ed economica, due progetti definitivi, due progetti definitivi/esecutivi e tre progetti esecutivi.</p> <p>Per ognuno dei documenti analizzati è stata prodotta una scheda descrittiva in grado di evidenziare eventuali criticità.</p>
Soggetto Attuatore	ALFA
Cronoprogramma attività	L'attività si è conclusa a metà ottobre 2019.

Sintesi delle attività svolte

L'attività si è conclusa verso metà ottobre 2019 e i risultati sono stati presentati durante la riunione del Comitato di Coordinamento del 18 ottobre 2019. Non sono giunte particolari osservazioni o richieste di approfondimento da parte del CC.

ATTIVITÀ A.2.2	
Progettazione e realizzazione degli interventi individuati dall'Azione 1 e 2	
Descrizione Attività	L'attività riguarda la realizzazione di interventi infrastrutturali sui manufatti fognari nell'agglomerato AG01207201. L'attività potrà essere implementata in seguito ai risultati prodotti dall'attività A.1.2 e A.2.1
Soggetto Attuatore	ALFA
Cronoprogramma attività	

Il cronoprogramma delle altre attività è in via di definizione sulla base degli interventi previsti

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Nelle riunioni del Comitato di Coordinamento dell'AQST è stata espressa più volte la necessità di pianificare gli interventi infrastrutturali in base all'avanzamento dei rilievi (Attività A.1.2) e alle problematiche riscontrate in corso d'opera.

Allo stato attuale, visto l'avanzamento dei rilievi ed i risultati dell'attività A.2.1, che prevedevano l'aggiornamento dei diversi elaborati di progetto con l'adeguamento della soluzione progettuale proposta e la predisposizione dei progetti esecutivi laddove non presenti, i diversi interventi previsti nell'AQST sono stati pianificati, all'interno del Piano d'Ambito, nell'arco temporale 2021-2023.

Ad oggi Alfa sta svolgendo le seguenti attività:

- Realizzazione della vasca volano e risanamento tratto collettore circumlacuale sud nel comune di Galliate Lombardo – in esecuzione;
- Revamping della stazione di sollevamento nel comune di Comabbio e realizzazione di una fitodepurazione a valle del troppo pieno della stessa – in progettazione;
- Risanamento della rete fognaria nel comune di Barasso in via Oltrona, volta all'eliminazione delle acque parassite – in approvazione;
- Programmazione interventi previsti da Società Lago.

Per quanto concerne il primo punto, l'opera risulta in esecuzione, come da foto di seguito:



Per quanto riguarda il secondo punto è in corso di ultimazione il progetto definitivo, successivamente sarà inviato in autorizzazione e successivamente dopo il progetto esecutivo in esecuzione senza passare per una gara d'appalto in quanto risulta già affidato mediante l'uso di un accordo quadro già aggiudicato.

Per quanto concerne il terzo punto, è stato ultimato il progetto definitivo e inviato in approvazione presso i comuni di Barasso e Gavirate. Una volta ottenute le autorizzazioni, si passerà al progetto esecutivo ed in esecuzione senza passare per una gara d'appalto poiché il progetto risulta già affidato mediante l'uso di un accordo quadro già aggiudicato.

Infine, per quanto riguarda l'ultimo punto, avendo confermato gli interventi mediante la modellazione delle reti, di seguito si riporta la pianificazione basata su scala di priorità:

ATTIVITA' A.2.2			
COMMESSA	DESCRIZIONE	PRIORITA'	PIANIFICAZIONE
FG0220190003	LAGO VARESE - Interventi per le risoluzioni problematiche idrauliche in corrispondenza della proprietà Crespi Alberto in comune di Galliate Lombardo	P0	In esecuzione - ultimare cantiere entro il 31/12/2022
1176	LAGO VARESE - Interventi volti al risanamento del tratto di fognatura comunale acque nere in Via Oltrona	P0	Progetto in autorizzazione. Consegna lavori entro la fine del primo semestre 2022
DE02COMAFITO	LAGO VARESE - Dismissione della stazione di sollevamento SS9 e realizzazione di un impianto di fitodepurazione	P1	Progetto definitivo concluso. Necessità di una CdS di 4 mesi. Validazione entro 31/12/2022. Consegna lavori entro primo trimestre 2023
FG02LAGOSC1	LAGO VARESE - Ristrutturazione degli scolmatori nei comuni di Varese, Casciago e Gavirate. Gruppo 1 - Casciago, Gavirate	P2	Aggiornare progetto esecutivo vetusto. Validazione entro la fine del primo semestre 2022. Consegna lavori nel secondo semestre 2022
FG02LAGOSC2	LAGO VARESE - Ristrutturazione degli scolmatori nei comuni di Varese, Casciago e Gavirate - Gruppo 2 - Varese	P2	Aggiornare progetto esecutivo vetusto. Validazione entro la fine del primo semestre 2022. Consegna lavori nel secondo semestre 2022
FG02LAGOSC3A	LAGO VARESE - Ristrutturazione degli scolmatori nei comuni di Varese, Casciago e Gavirate - Gruppo 3a - Varese	P2	Aggiornare progetto esecutivo vetusto. Validazione entro la fine del primo semestre 2022. Consegna lavori nel secondo semestre 2022
FG02LAGOSC3B	LAGO VARESE - Ristrutturazione degli scolmatori nei comuni di Varese, Casciago e Gavirate. Gruppo 3B - Varese	P2	Aggiornare progetto esecutivo vetusto. Validazione entro la fine del primo semestre 2022. Consegna lavori nel secondo semestre 2022
PPSF_GAV_1	Piano di potenziamento fognatura nel comune di Varese	P2	Progettazione esecutiva entro 31/12/2022. Consegna lavori nel primo trimestre del 2023. Ultimazione opere idrauliche entro il 31/12/2023
PPSF_GAV_2	Piano di potenziamento fognatura nel comune di Azzate	P2	Progettazione esecutiva entro 31/12/2022. Consegna lavori nel primo trimestre del 2023. Ultimazione opere idrauliche entro il 31/12/2023

FG02CRESPI	LAGO VARESE - Interventi per le risoluzioni problematiche idrauliche in corrispondenza della proprietà Crespi Alberto in comune di Galliate Lombardo	P3	Progettazione definitiva, autorizzazioni e progettazione esecutiva entro il 31/12/2022. Consegna lavori nel primo semestre 2023
FG02LAGOBIA	LAGO VARESE - Vasca prima pioggia stazione di sollevamento SS8 di Biandronno	P3	Progettazione definitiva, autorizzazioni entro il 31/12/2022. Progettazione esecutiva e validazione entro il primo trimestre 2023. Consegna lavori entro il secondo trimestre 2023
FG02LAGOBIA1	LAGO VARESE - Vasca prima pioggia stazione di sollevamento SS8 di Biandronno Lotto 1	P3	Progettazione definitiva, autorizzazioni entro il 31/12/2022. Progettazione esecutiva e validazione entro il primo trimestre 2023. Consegna lavori entro il secondo trimestre 2023
FG02LAGOCAZZ	LAGO VARESE Rifacimento stazione di sollevamento SS7 e realizzazione vasca prima pioggia	P3	Progettazione definitiva, autorizzazioni entro il 31/12/2022. Progettazione esecutiva e validazione entro il primo trimestre 2023. Consegna lavori entro il secondo trimestre 2023
FG02LAGOCAZ1	LAGO VARESE - Adeguamento sfioratori sovracomunali Stazione di sollevamento SS7 di Cazzago Brabbia Lotto 1	P3	Progettazione definitiva, autorizzazioni entro il 31/12/2022. Progettazione esecutiva e validazione entro il primo trimestre 2023. Consegna lavori entro il secondo trimestre 2023
FG02LAGOBOBB	LAGO VARESE - Rifacimento Vasca di prima pioggia Bobbiate	P4	Progettazione definitiva, autorizzazioni e progettazione esecutiva entro il primo semestre 2023. Consegna lavori secondo semestre 2023
FG02LAGOCASB	LAGO VARESE - Rifacimento Vasca di prima pioggia Casbeno	P4	Progettazione definitiva, autorizzazioni e progettazione esecutiva entro il primo semestre 2023. Consegna lavori secondo semestre 2023
FG02LAGOMASN	LAGO VARESE - Rifacimento Vasca di prima pioggia Masnago	P4	Progettazione definitiva, autorizzazioni e progettazione esecutiva entro il primo semestre 2023. Consegna lavori secondo semestre 2023

ATTIVITÀ A.2.3
Manutenzione straordinaria rete fognaria comuni lacustri del Lago di Varese
Descrizione Attività L'attività riguarda la realizzazione di interventi infrastrutturali sui manufatti fognari nell'agglomerato AG01207201. L'attività viene implementata sui risultati prodotti dalle attività A.1.2, A.1.5 e A.1.6 ed è volta alla riduzione delle acque parassite.
Soggetto Attuatore ALFA
Cronoprogramma attività Il cronoprogramma potrà essere individuato a seguito dello svolgimento degli approfondimenti di cui al punto A.1.3

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Sulla base dell'esperienza e dei rilievi effettuati è stato stimato un importo per l'intervento di sostituzione, manutenzione e/o adeguamento delle reti fognarie afferenti all'impianto di Gavirate.

È in corso il progetto di manutenzione straordinaria nel comune di Barasso e in corso di analisi una serie di problematiche emerse durante un tavolo tecnico ed evidenziate dalla provincia, all'interno dell'attività A.1.4.

ATTIVITÀ A.2.4
Piano Potenziamento Servizio Fognatura finalizzato ad una maggiore copertura del sistema fognario nei comuni lacustri del Lago di Varese ad oggi non serviti
Descrizione Attività L'attività riguarda la realizzazione di interventi infrastrutturali sui manufatti fognari nell'agglomerato AG01207201. L'attività viene implementata sui risultati prodotti dalle attività A.1.2, A.1.5 e A.1.6 ed è volta ad una maggiore copertura del sistema fognario nei comuni lacustri del Lago di Varese ad oggi non serviti.
Soggetto Attuatore ALFA
Cronoprogramma attività Il cronoprogramma potrà essere individuato a seguito dello svolgimento degli approfondimenti di cui al punto A.1.3

Resoconto attività a cura di Giovanna Ruggiero (ALFA)

Sintesi delle attività svolte

Sulla base dell'esperienza e dei rilievi effettuati è stato stimato un importo per interventi di potenziamento del servizio di fognatura dell'agglomerato afferente all'impianto di Gavirate.

Sono stati individuati due interventi nei comuni di Azzate e Varese che insieme costituiscono l'importo previsto per detta attività.

Sono in corso le analisi e indagini necessarie per l'avvio della progettazione.

Macroazione B. Monitoraggio dello stato delle acque del lago e del suo emissario e loro evoluzione

AZIONE B.1	
MONITORAGGIO DELLO STATO DELLE ACQUE DEL LAGO E DEL SUO EMISSARIO	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività B.1.1. Installazione di boe, per il monitoraggio delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dello sviluppo di popolamenti di cianobatteri - Attività B.1.2. Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel lago di Varese <p>Attività B.1.3. Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel fiume Bardello e nel lago Maggiore</p>
Risultati attesi	<p>L'azione ricomprende attività di monitoraggio del lago e del suo affluente per valutare il rispetto o il raggiungimento degli obiettivi dell'accordo, soprattutto in riferimento agli obiettivi ambientali o a quelli specifici inerenti alle aree sensibili, la balneazione e la fauna ittica. In particolare, attraverso questa azione ci si attende di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - valutare le variazioni dello stato qualitativo dei corpi idrici interessati direttamente o indirettamente dagli interventi di risanamento sul lago di Varese. - valutare la presenza di sostanze prioritarie e altre sostanze nelle acque e/o nel biota del lago di Varese potenzialmente trasferibili nel fiume Bardello e nel Lago Maggiore. - avere una prima descrizione del microbioma e del resistoma del Lago di Varese e del fiume Bardello e della loro evoluzione in seguito al prelievo ipolimnico.
Soggetto coordinatore	ARPA Lombardia

ATTIVITÀ B.1.1
Boe limnologiche per il monitoraggio in continuo delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dello sviluppo di popolamenti di cianobatteri e telerilevamento tramite satellite
<p>L'attività consiste nell'utilizzo dei dati rilevati in continuo dalle boe limnologiche installate nel 2020 una sul lago di Varese e una sul Lago Maggiore nella baia di Ispra, dotate di sensori adeguati al monitoraggio delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dello sviluppo di popolamenti di cianobatteri, per integrare i risultati delle campagne di monitoraggio relative alle azioni B.1.2 e B.1.3</p> <p>In particolare, la boa sul lago di Varese è dotata di sensori per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'acquisizione di parametri meteorologici (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento, radiazione solare netta, radiazione solare a bassa lunghezza d'onda) funzionali all'utilizzo degli strumenti modellistici previsti dalle attività B.3.1 e B.3.2;

- la misurazione dei parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, potenziale redox) per il monitoraggio dello strato d'acqua, e di conseguenza la superficie del lago, interessato da anossia;
- la misura delle concentrazioni di clorofilla e ficocianine per il monitoraggio dello sviluppo dei cianobatteri.

La boa destinata alla baia di Ispra è dotata di analoghi sensori, ad eccezione della stazione meteorologica, con particolare attenzione alla valutazione di un eventuale impatto dell'emissione ipolimnica veicolata attraverso il fiume Bardello nel Lago Maggiore.

Entrambe le boe sono dotate di un sistema di trasmissione dei dati in continuo; tali dati saranno sottoposti ad un processo di validazione e successivamente elaborati.

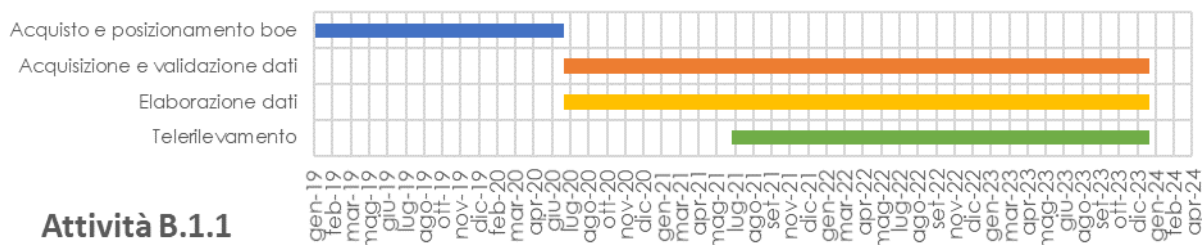
La validazione delle misure dei sensori dei pigmenti fitoplanctonici sarà effettuata mediante prelievo di campioni d'acqua e successiva misura (HPLC) della composizione dei carotenoidi algali specifici quali biomarker della composizione del fitoplancton. Come attività propedeutica alla validazione dei dati tramite analisi con HPLC, già nel corso del 2019 sono stati effettuati dei prelievi e analisi per la verifica dei risultati. L'attività si svolgerà con particolare intensità nel corso del 2022-2023 nel periodo aprile-novembre con cadenza quindicinale, i campioni saranno prelevati da ARPA in occasione dei sopralluoghi di manutenzione delle boe e analizzati presso il CNR. Si prevede, inoltre di effettuare una caratterizzazione del plancton litorale sempre utilizzando i carotenoidi specifici; in questo caso la raccolta dei campioni avverrà in collaborazione con il personale ATS.

Inoltre, dall'estate 2021 verrà avviata un'attività relativa al monitoraggio della vegetazione acquatica e delle fioriture di cianobatteri, tramite telerilevamento, con dati satellitari.

Soggetti Attuatori

Regione Lombardia, ARPA Lombardia, CNR

Cronoprogramma attività



Resoconto attività a cura di ARPA Lombardia

Sintesi delle attività svolte e attività in corso

Il monitoraggio ad alta frequenza tramite l'impiego di sensori *in situ* è un approccio innovativo nell'ambito delle attività di ricerca e monitoraggio dei corpi idrici superficiali, che negli ultimi anni sta andando incontro a un incremento a livello globale e per questo motivo si è ritenuto opportuno proporre l'introduzione tra le attività dell'AQST.

L'installazione delle due boe è stata avviata il 27 maggio 2020 e si è conclusa il 1° giugno 2020 in corrispondenza delle stazioni già monitorate da ARPA Lombardia nel 2019.

Sul lago di Varese la boa è collocata nel punto di massima profondità (circa 24 m), in corrispondenza della stazione di monitoraggio di ARPA Lombardia (WGS84 UTM 32N: NORD 5074567; EST 478626; Figura 3), mentre sul Lago Maggiore la boa è collocata a nord di Ispra, ad una profondità di circa 25 metri (WGS84 UTM 32N: NORD 5075192; EST 470474; Figura 4).

La dotazione strumentale della boa installata sul lago di Varese è costituita da:

- una stazione meteorologica composta da un sensore multiparametrico per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, temperatura dell'aria, umidità relativa, radiazione solare netta più un sensore per la radiazione solare a bassa lunghezza d'onda (radiometro PAR). La sensoristica è conforme alle prescrizioni del WMO (World Meteorological Organization) in ambito internazionale;
- due sonde multiparametriche a profondità fissa dotate di sensori per la misura dei seguenti parametri: pH/potenziale di ossidoriduzione (sensore combinato), temperatura/conducibilità (sensore combinato), clorofilla, ficocianina, ficoeritrina; la sonda è dotata di *wiper* centrale per la protezione dal *biofouling*;
- due sensori ottici per la misura dell'ossigeno disciolto, con cavi indipendenti per un posizionamento a profondità differenziate e dotati di un sistema per la protezione dal *biofouling*;
- una catena di termistori costituita da 15 sensori (uno ogni metro nei primi 5 metri e successivamente uno ogni 2 metri fino al fondo) per la misura della temperatura lungo la verticale.

La dotazione strumentale della boa installata sul Lago Maggiore è costituita da:

- due sonde multiparametriche a profondità fissa dotate di sensori per la misura dei seguenti parametri: pH/potenziale di ossidoriduzione (sensore combinato), temperatura/conducibilità (sensore combinato), ossigeno disciolto, clorofilla, ficocianina, ficoeritrina; la sonda è dotata di *wiper* centrale per la protezione dal *biofouling*.



Figura 3. Ubicazione e foto della boa limnologica installata sul lago di Varese.

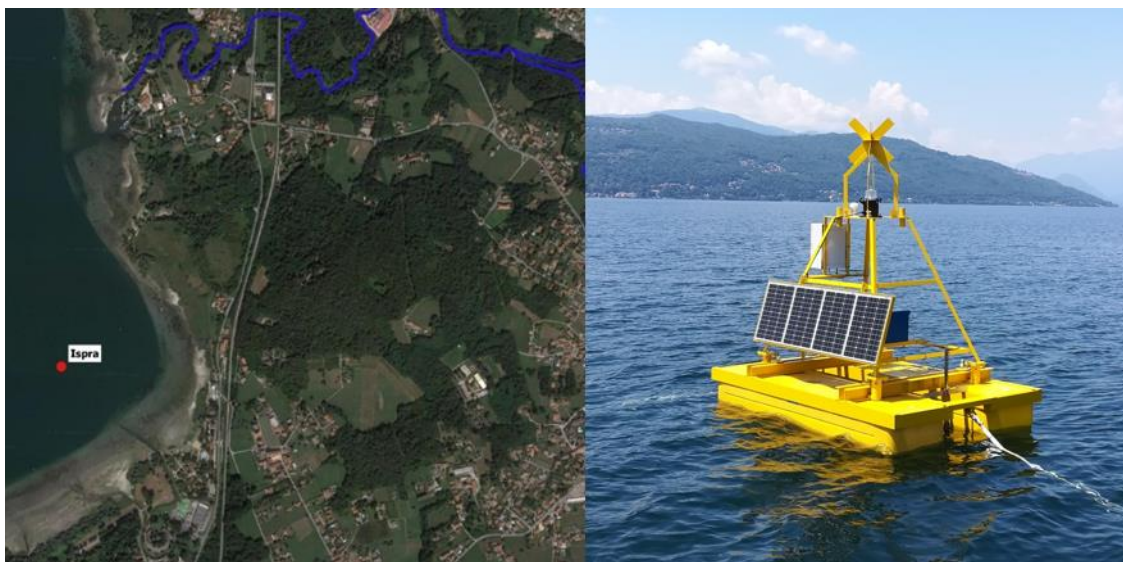


Figura 4. Ubicazione e foto della boa limnologica installata sul Lago Maggiore.

Tramite apposito software è possibile gestire da remoto la frequenza di acquisizione dati dei sensori e impostare dei valori soglia di allarme in corrispondenza dei quali, tramite SMS o e-mail, il personale tecnico può essere tempestivamente avvisato. Attualmente, per garantire una lettura più affidabile da parte dei sensori la frequenza di acquisizione è pari a 1 lettura/minuto.

Le attività legate al funzionamento delle boe svolte nel 2021 sono riconducibili a 3 tipologie.

- Gestione dei dati acquisiti. I dati raccolti dai sensori sono soggetti a un processo di verifica (controllo di qualità) e post elaborazione al fine di individuare eventuali valori anomali, mancanti, effetti di deriva e apportare le opportune correzioni, nonché permettere l'elaborazione grafica dei valori misurati.
- Manutenzione dei sensori. Pulizia e manutenzione dei sensori per garantire che i valori misurati, soprattutto per quanto riguarda i pigmenti fotosintetici, siano affidabili e contrastare per quanto possibile il fenomeno del *biofouling*, cioè dalla crescita di materiale biologico (microrganismi, alghe o piante) che si sviluppa sulle superfici immerse o altri fattori capaci di influenzare negativamente le misure dei sensori.
- Taratura dei sensori per l'analisi dei pigmenti fotosintetici. A inizio 2021, in collaborazione con il CNR IRSA di Verbania si sono svolte delle prove in laboratorio, in condizioni controllate, per verificare il corretto funzionamento dei sensori per l'analisi dei pigmenti fotosintetici. In base ai risultati ottenuti i sensori sono stati sottoposti ad una nuova taratura da parte della ditta fornitrice.

Sintesi dei risultati ottenuti

Monitoraggio delle fioriture algali

Fioritura di settembre 2021

Il mese di settembre è stato caratterizzato nelle prime due settimane da temperature elevate, con una media misurata dalla stazione meteorologica della boa di ben 22 °C e picchi di 30 °C. Il perdurare di condizioni estive ha favorito la proliferazione dei cianobatteri, avvantaggiati anche dalla stabilità della stratificazione termica, essendo questi organismi in grado di regolare la propria profondità di galleggiamento.

A inizio settembre si è osservata in campo la presenza di una massiccia fioritura algale del cianobatterio *Limnolaphis robusta* con striature e ammassi evidenti nelle zone di accumulo generate dalle correnti del lago (Figura 5).

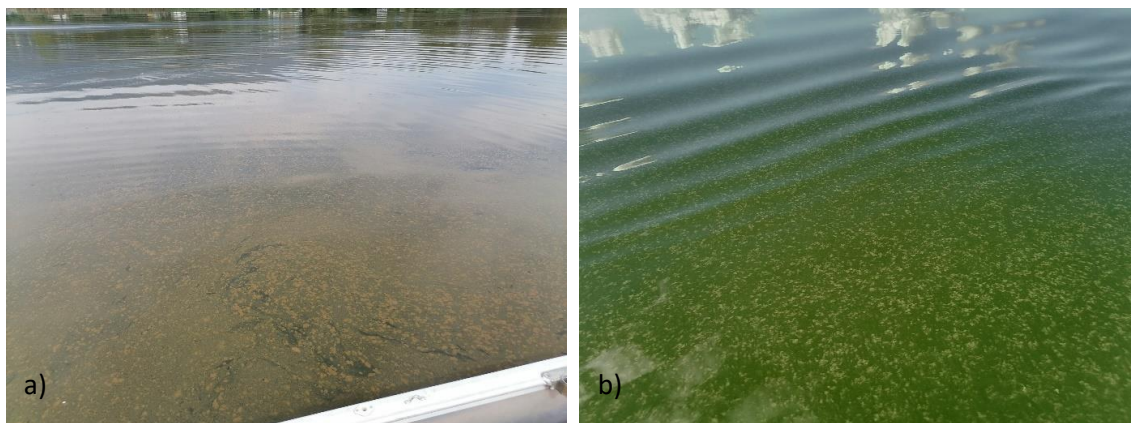


Figura 5. Accumuli superficiali di *Limnolaphis robusta* nell'area di fronte alla costa di Groppello a) in data 07 settembre b) in data 21 settembre.

I tracciati dei sensori installati sulle boe hanno indicato un incremento della produzione primaria durante il mese di agosto: il pH a inizio settembre ha raggiunto valori molto elevati (oltre 9,5), mentre la conducibilità, che ha un andamento contrapposto, è diminuita significativamente (al di sotto di 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Figura 6). I sensori dell'ossigeno, che in quel periodo erano collocati rispettivamente a 1 metro e a 3 metri di profondità, hanno rilevato percentuali di saturazione molto alte, superiori al 140%, che si sono mantenute tali fino a metà settembre.

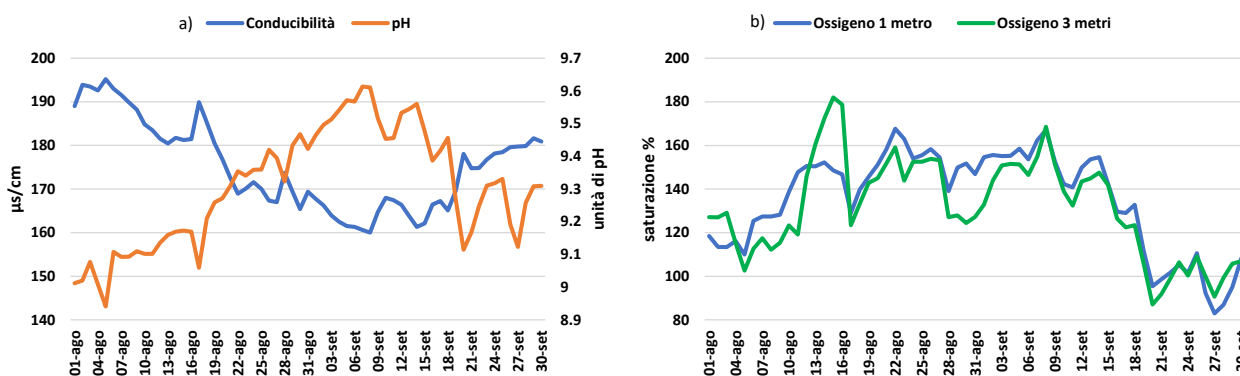


Figura 6. Andamento delle medie giornaliere nel periodo 01 agosto – 30 settembre 2021 misurate dalla boa limnologica dei seguenti sensori: a) conducibilità e pH a 1 metro; b) saturazione di ossigeno a 1 metro e a 3 metri.

L'andamento dei pigmenti fotosintetici rilevato dai sensori durante il mese di agosto è stato considerevolmente influenzato dal problema del *biofouling*. Per la ficocianina è stato possibile introdurre una correzione assumendo che il *drift* del sensore sia stato di tipo lineare, ottenendo l'andamento riportato in Figura 7. Esso evidenzia l'aumento dei cianobatteri nel corso del mese e il raggiungimento di valori più elevati a settembre, che sono perdurati nel tempo. Durante un sopralluogo condotto in data 21 settembre il *bloom* algale era ancora evidente (Figura 5b), nonostante le forti precipitazioni verificatesi nei giorni 18 e 19. Le concentrazioni di clorofilla a

misurate dal CNR-IRSA di Verbania sui campioni raccolti in superficie e a 1 metro di profondità hanno confermato che la fioritura di *L. robusta* era ancora in atto e che il fenomeno ha quindi interessato tutto il mese di settembre. Il sensore della ficocianina non ha mostrato variazioni marcate tra i valori pre e post pulizia del 21 settembre, pertanto, i valori di fluorescenza misurati dal 7 al 21 settembre si ritengono affidabili e non inficiati dal *biofouling*. A differenza degli altri sensori presi in esame, l'andamento della ficocianina è risultato meno influenzato dagli eventi meteorologici che, rimescolando le acque del lago e in aggiunta agli apporti dal bacino imbrifero, possono condizionare l'andamento dei parametri chimico-fisici.

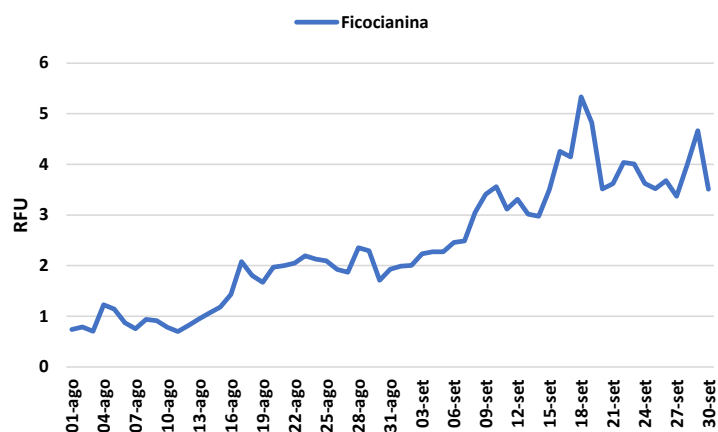


Figura 7. Fluorescenza della ficocianina nel periodo 01 agosto – 30 settembre 2021.

Complessivamente i sensori della boa limnologica hanno messo in evidenza il *bloom* algale seguendone l'andamento nel tempo. È importante incrociare le informazioni fornite da tutti i sensori in modo da compensare eventuali lacune o problematiche cui sono soggetti, quali il *biofouling* nel caso dei sensori dei pigmenti fotosintetici o gli effetti degli eventi meteorologici per gli altri sensori.

Fioritura di ottobre-dicembre 2021

Nei primi giorni di ottobre si è riscontrato un cambiamento nei rapporti di dominanza tra le varie specie di cianobatteri con un forte incremento di *Woronichinia naegeliana* rispetto a *Limnorphis robusta*.

Woronichinia naegeliana ha dato luogo ad un *bloom* algale molto esteso e persistente che ha interessato gran parte del lago da ottobre a dicembre, con un picco nel mese di novembre. Durante le attività di campionamento, sia in corrispondenza della boa che nella zona di Gropello si sono osservate striature e ammassi molto evidenti (Figura 8).

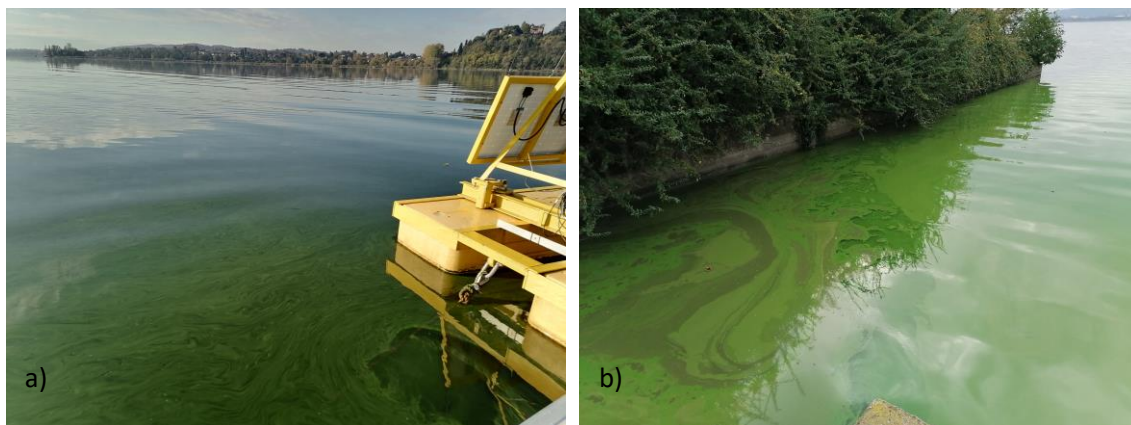


Figura 8. Accumuli superficiali di *Woronichinia naegeliana*: a) il 9 novembre a centro lago in prossimità della boa limnologica; b) il 10 novembre sulla riva di Groppello in fondo a via al lago.

Durante questo periodo gli effetti dell'attività fotosintetica su pH e ossigeno in superficie sono stati "nascosti" dal processo di progressivo rimescolamento delle acque che ne ha modificato sensibilmente le caratteristiche chimico-fisiche. Di conseguenza non è stato possibile utilizzare questi due parametri per seguire la fioritura algale.

Il sensore della ficocianina ha indicato un'elevata presenza di cianobatteri fino al 12 ottobre, data in cui le sonde sono state rimosse dalla boa per la periodica manutenzione. Una volta riposizionate, in data 9 novembre, si è osservato come il sensore della ficocianina registrasse valori di fluorescenza decisamente inferiori rispetto al periodo precedente, motivo per cui è stata richiesta una nuova taratura, rimuovendolo nei primi giorni di dicembre (Figura 9).

Complessivamente non è stato possibile seguire compiutamente l'evoluzione del *bloom* algale a causa delle condizioni ambientali che hanno ridotto il numero dei sensori utilizzabili e di un funzionamento non ottimale del sensore della ficocianina. È possibile che una parte del problema sia legato alla conformazione delle colonie di *W. naegeliana*, costituite da un numero molto elevato di cellule compatte che rende più difficoltosa la penetrazione della radiazione emessa dal sensore al loro interno con conseguente sottostima della fluorescenza letta.

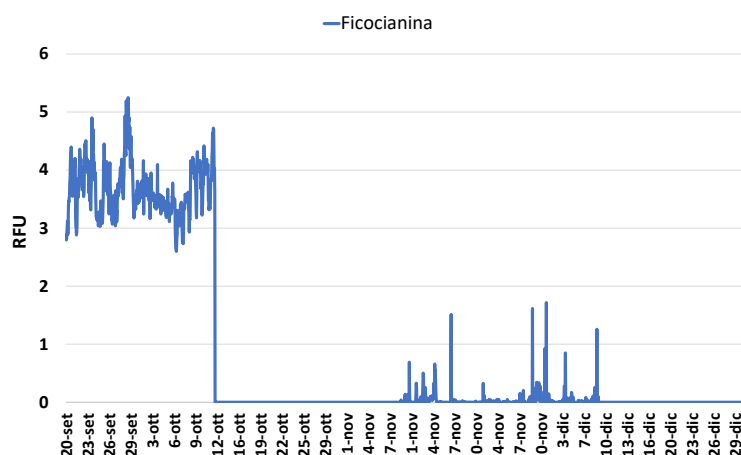


Figura 9. Fluorescenza della ficocianina nel periodo 20 settembre – 30 dicembre 2021.

Valutazione del fitoplancton mediante pigmenti fotosintetici

Nella Figura 10 sono messi a confronto i dati ottenuti per la clorofilla con la misura spettrofotometrica e con HPLC i valori della lettura allo spettrofotometro confermano la tendenza a sovrastimare il valore della clorofilla *a* per effetto dell'interferenza dovuta alla presenza di altri composti che assorbono a quelle lunghezze d'onda in entrambi i due laghi e la differente composizione in specie del fitoplancton. Tuttavia, aumentando il numero di osservazioni in entrambi i laghi la relazione è altamente significativa anche se rimane differente il comportamento fra il Lago Maggiore e il lago di Varese. Nel Lago Maggiore i valori osservati non solo sono inferiori al Varese, ma hanno anche uno scostamento maggiore rispetto alla retta 1:1 ed una maggiore dispersione ad indicare che nel caso del Lago Maggiore la relazione fra clorofilla e biomassa algale è più variabile in conseguenza di una maggiore variabilità del popolamento algale nel corso del periodo osservato. Al contrario, nel Lago di Varese dove la composizione algale è più costante la relazione risulta avere una dispersione minore. Da notare che la relazione rimane significativa anche all'interno dell'ampio intervallo di concentrazioni osservate nel lago di Varese confermando che questo parametro è un buon indicatore della biomassa algale.

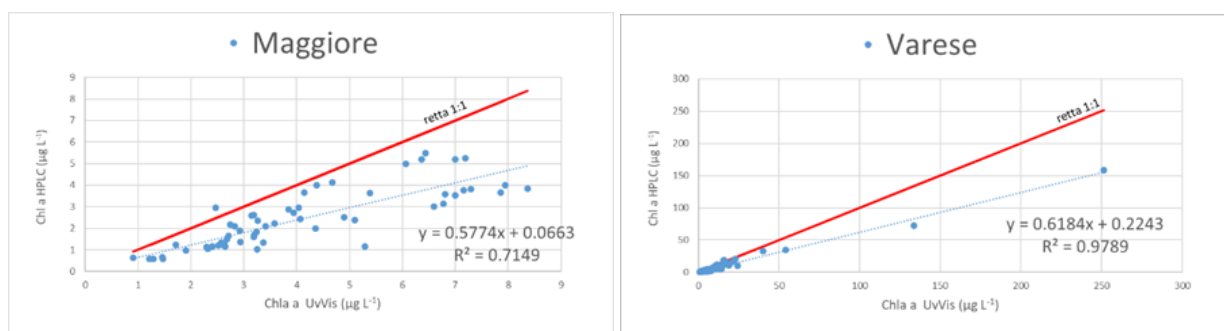


Figura 10. Confronto fra le concentrazioni di clorofilla misurate con lo spettrofotometro e con HPLC nei due laghi: Maggiore e Varese.

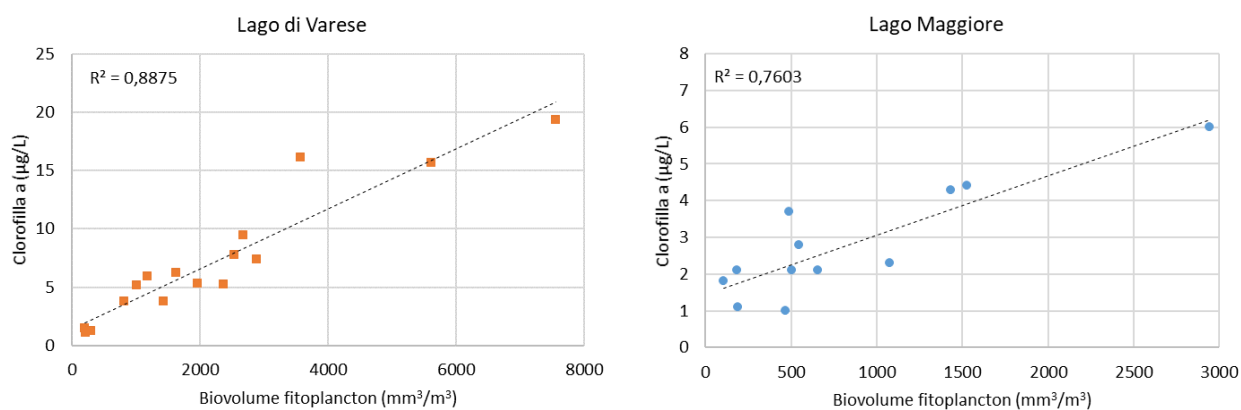


Figura 11. Relazione fra biovolume del fitoplancton e concentrazione di clorofilla *a* misurata allo spettrofotometro.

A titolo di esempio (Figura 11), si riporta il confronto fra il volume di biomassa totale e la clorofilla *a* per il campione Integrato del lago di Varese dove si vede come la clorofilla *a* descriva in modo sufficientemente accurato la distribuzione della biomassa algale. Nella Figura 12 è riportato l'andamento per il periodo osservato per il 2019 e il 2020 nel lago di Varese.

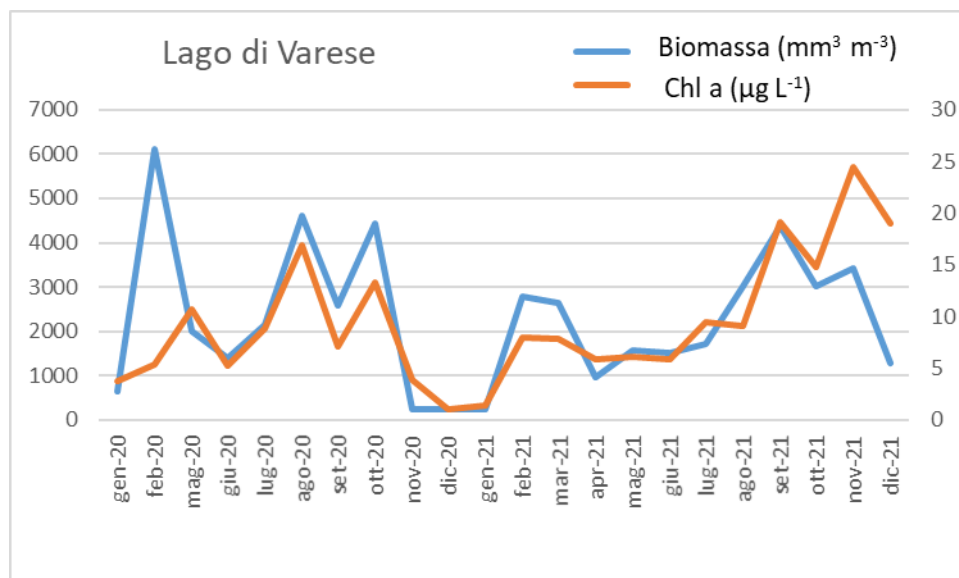


Figura 12. Lago di Varese Confronto fra l'andamento della biomassa algale (ARPA) e la clorofilla totale misurata da ARPA e CNR; anni 2019-2020.

Anche nel confronto sulle diverse profondità si osserva la buona corrispondenza fra i valori di clorofilla e biomassa algale; si riporta in Figura 13 l'andamento a 1 metro di profondità per il lago di Varese della biomassa delle cianofitiche stimata sia attraverso il conteggio al microscopio che dall'analisi dei carotenoidi specifici.

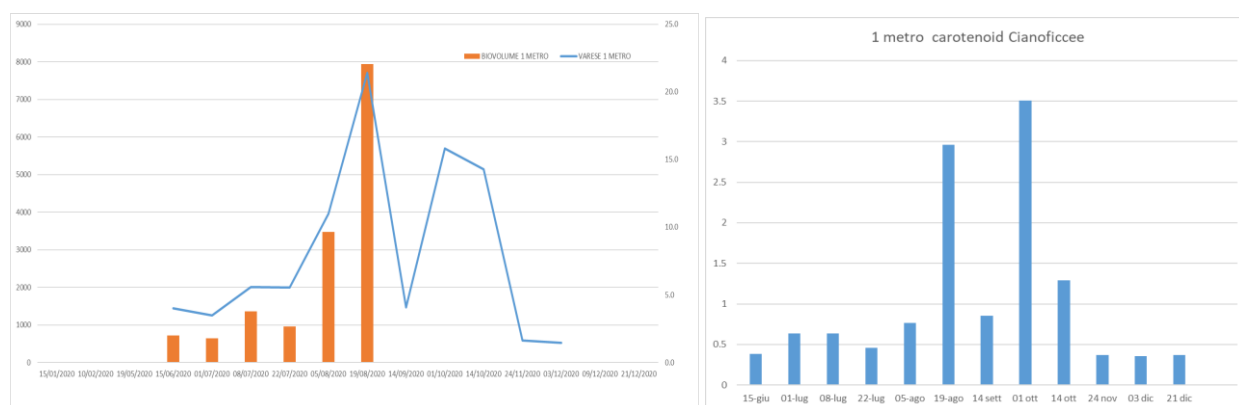


Figura 13. Lago di Varese: confronto fra gli andamenti della biomassa totale e della clorofilla misurati a -1 m di profondità

Nel corso del 2020 e 2021 al fine di avere una indicazione sulla presenza di una stratificazione nello sviluppo algale con particolare attenzione al lago di Varese, sono stati prelevati, oltre al campione integrato dello strato fotico, anche campioni a differenti profondità nella colonna d'acqua.

Nella Figura 14 si presenta il risultato delle analisi relative all'andamento della clorofilla misurata in tre differenti profondità della colonna d'acqua messa a confronto con le concentrazioni misurate nel campione integrato dello strato fotico. Questo confronto ci dà un'importante indicazione operativa in quanto il campione integrato dello strato fotico rappresenta bene l'andamento complessivo della clorofilla nello strato fotico ad eccezione del periodo estivo (agosto-settembre) in cui si mette in

evidenza una certa stratificazione del popolamento planctonico, con i valori osservati nello strato a -2 m inferiori rispetto a tutti gli altri. Il confronto sulla colonna d'acqua mette bene in evidenza la forte stratificazione superficiale del popolamento algale in occasione dell'intensa fioritura dovuta alla cianoficea *Woronichinia naegeliana* nel L. di Varese.

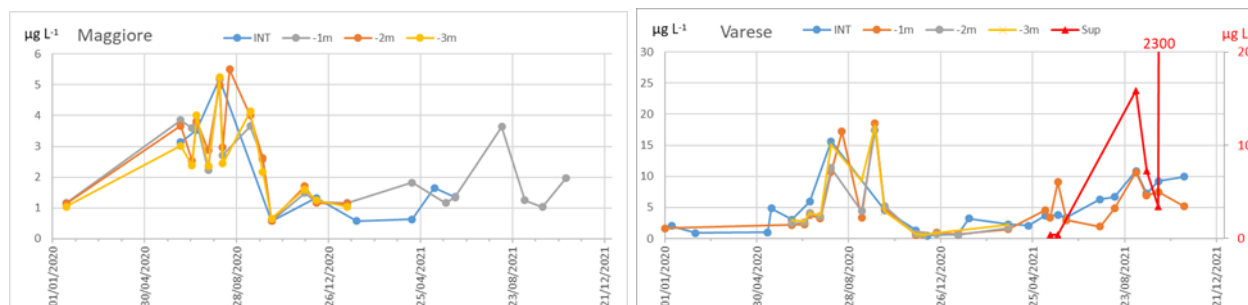


Figura 14. Andamento della clorofilla misurata a tre differenti profondità sulla colonna d'acqua nei due laghi: Maggiore e Varese.

In Figura 15 si presentano i dati relativi al 2020 e al 2021 dei carotenoidi specifici identificati nei due laghi (Varese e Maggiore). Per dare un riepilogo visivo rapido della variabilità dei valori osservati si è utilizzato la presentazione tramite box-plot. Questi mostrano la mediana, i quartili superiore e inferiore, i valori minimo e massimo dei dati presenti nel data-set. I valori dei carotenoidi sono espressi come rapporto rispetto alla clorofilla e quindi evidenziano il contributo relativo dei diversi gruppi algali presenti. Si vede molto bene come nei due anni considerati nel lago di Varese i carotenoidi "tipici" delle cianoficee sono più rappresentati sia come numero che come abbondanza relativa.

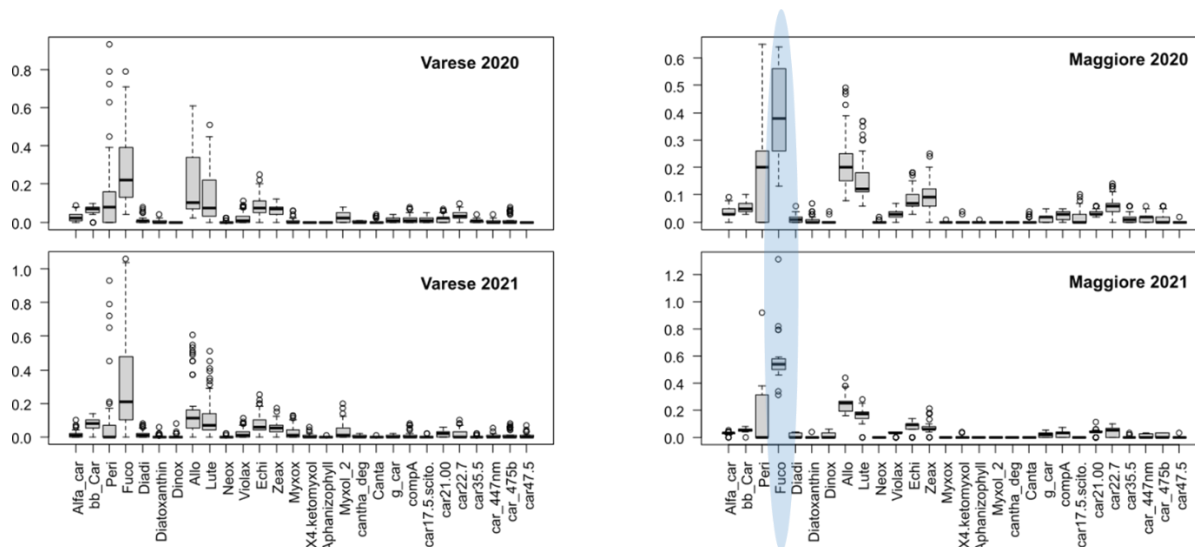
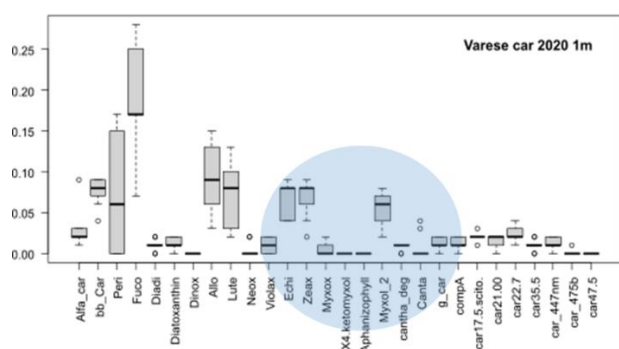


Figura 15. Box-plot della abbondanza relativa rispetto alla clorofilla a dei carotenoidi specifici identificati nei laghi Varese e Maggiore tramite analisi HPLC. Evidenziata differenza tra il 2020 e il 2021 della fucoxantina carotenoide specifico delle diatomee. Nel Lago di Varese sono più abbondanti sia come numero che, come quantità, i carotenoidi delle cianoficee.

Inoltre, le analisi sulla composizione del fitoplancton sia tramite i carotenoidi algali che con il conteggio al microscopio hanno permesso di seguire l'evoluzione della fioritura algale osservata nell'autunno del 2021 (Figura 16).

a)



b)

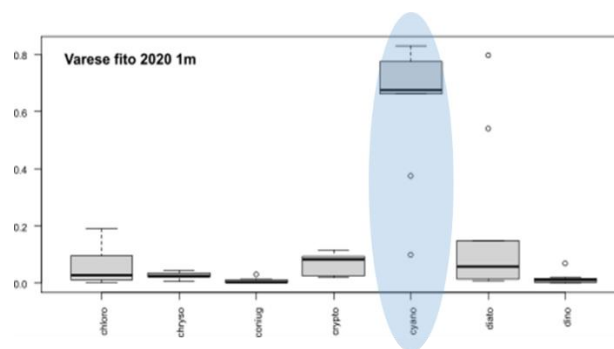


Figura 16. Box-plot della abbondanza relativa rispetto alla clorofilla (a) e della biomassa delle cianofeece (B) nei campioni superficiali (-1m) prelevati nel L. di Varese nel 2020. L'area colorata evidenzia il contributo delle cianofeece.

Sulla base della identificazione di carotenoidi specifici tramite HPLC ed utilizzando questi come indicatori dei principali gruppi algali come riportato nello schema qui sotto (Tabella 1), si sono ricostruiti gli andamenti della composizione dei principali gruppi algali nel corso del periodo esaminato nel campione integrato (Figura 17).

Tabella 1: Carotenoidi specifici utilizzati come bio-marker dei diversi gruppi algali.

	Carotenoide														
	peridinina	Fuco	Diadi	Diatoxanthin	Alloxantir	Luteina	Neoxantir	Violax	Echi	Zeax	4-ketomyx	Aphanizo	Oscillax	Myxo	Canta
gruppo algale															
Peridinne	X														
Diatomee		X	X	X											
Ciano									X	X	X	X	X	X	X
Cloro						X	X	X							
Cripto					X										

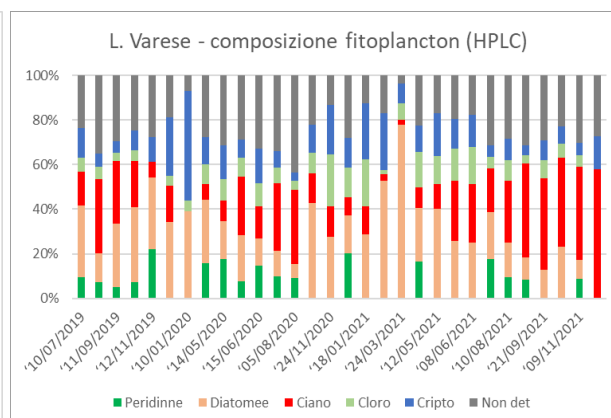
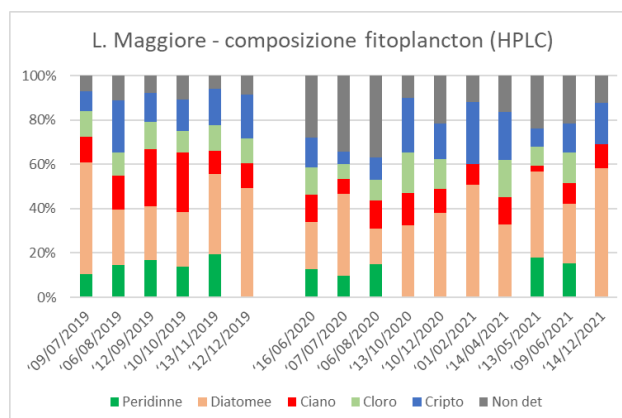


Figura 17: composizione dei principali gruppi algali ottenuta dall'analisi dei carotenoidi specifici (HPLC) nei due laghi nel periodo 2019-2021 nel campione integrato.

In Figura 18 è riportato un esempio delle elaborazioni in corso per migliorare la capacità descrittiva dei biomarker (carotenoidi) rispetto al conteggio algale. L'analisi delle corrispondenze (RDA) è stata utilizzata per identificare l'associazione fra i carotenoidi specifici (HPLC) e i conteggi algali (ARPA). Alcuni carotenoidi specifici si associano in modo significativo alla presenza di *Woronichinia naegeli* presente in modo massiccio alla fine del 2021.

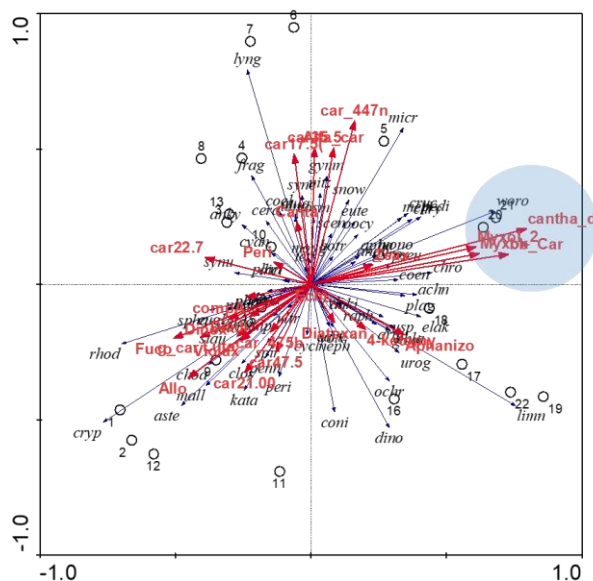
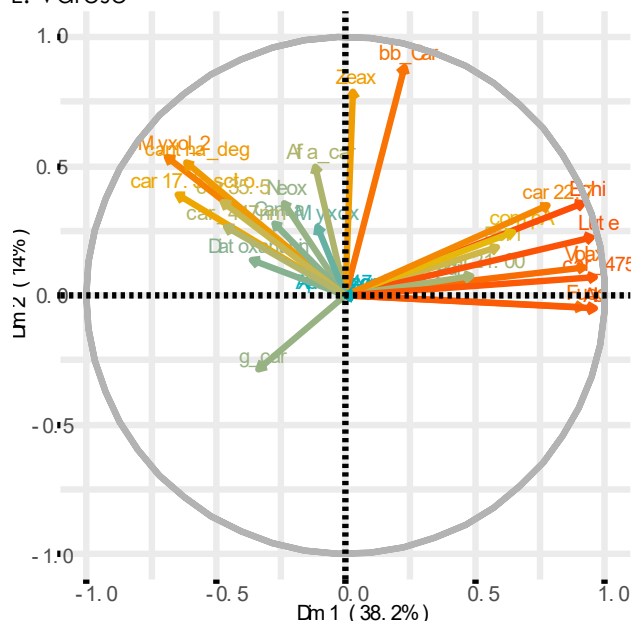


Figura 18: Analisi delle corrispondenze (RDA) per identificare l'associazione fra i carotenoidi specifici (HPLC) e i conteggi algali (ARPA). L'area colorata evidenzia i carotenoidi specifici che sono particolarmente abbondanti in occasione della fioritura di *Woronichinia naegelianae*.

Si è effettuata infine un'analisi delle componenti principali (PCA) per valutare quanto i carotenoidi fossero in grado di catturare la variabilità dei campioni prelevati nel 2020-2021. Nella Figura 19 sono messi a confronto i due laghi nei due anni per evidenziare la differente presenza di carotenoidi specifici. Si nota come per il lago di Varese il primo asse è associato a alloxantina, echinenone, fucoxantina, violaxantina e luteina e rappresenta il 38,2% della variabilità totale, il secondo asse è associato a clorofilla c, beta-carotene e rappresenta il 14% della variabilità complessiva. Nel caso del Lago Maggiore il primo asse è associato a beta carotene, alloxantina, luteina ed echinenone e rappresenta il 25,8% della variabilità complessiva, mentre il secondo asse, associato a clorofilla c, fucoxantina e beta carotene rappresenta il 19,5% della variabilità.

L. Varese



L. Maggiore

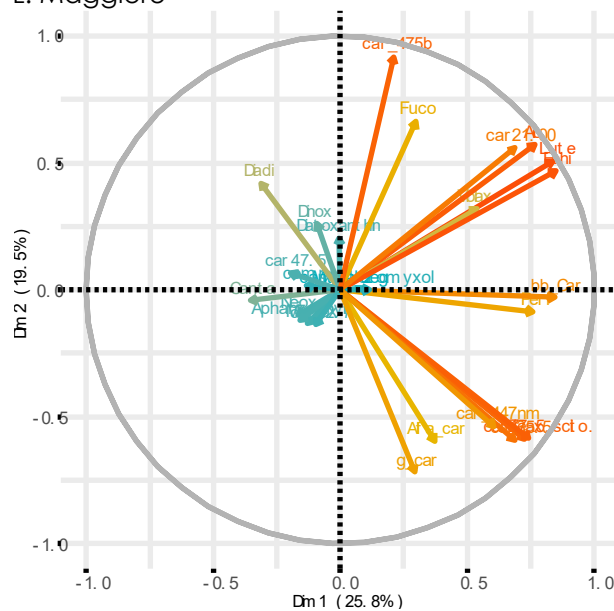


Figura 19: L'analisi delle componenti principali (PCA) nei laghi Varese e Maggiore mette bene in evidenza il differente peso dei carotenoidi specifici.

Sempre utilizzando la PCA è possibile rappresentare la sequenza stagionale dei campioni analizzati nei due laghi (Figura 20). Nel caso del lago di Varese si mette anche bene in evidenza la situazione peculiare dell'autunno-inverno 2021 dove i campioni hanno una composizione che li avvicina a quelli tardo estivi.

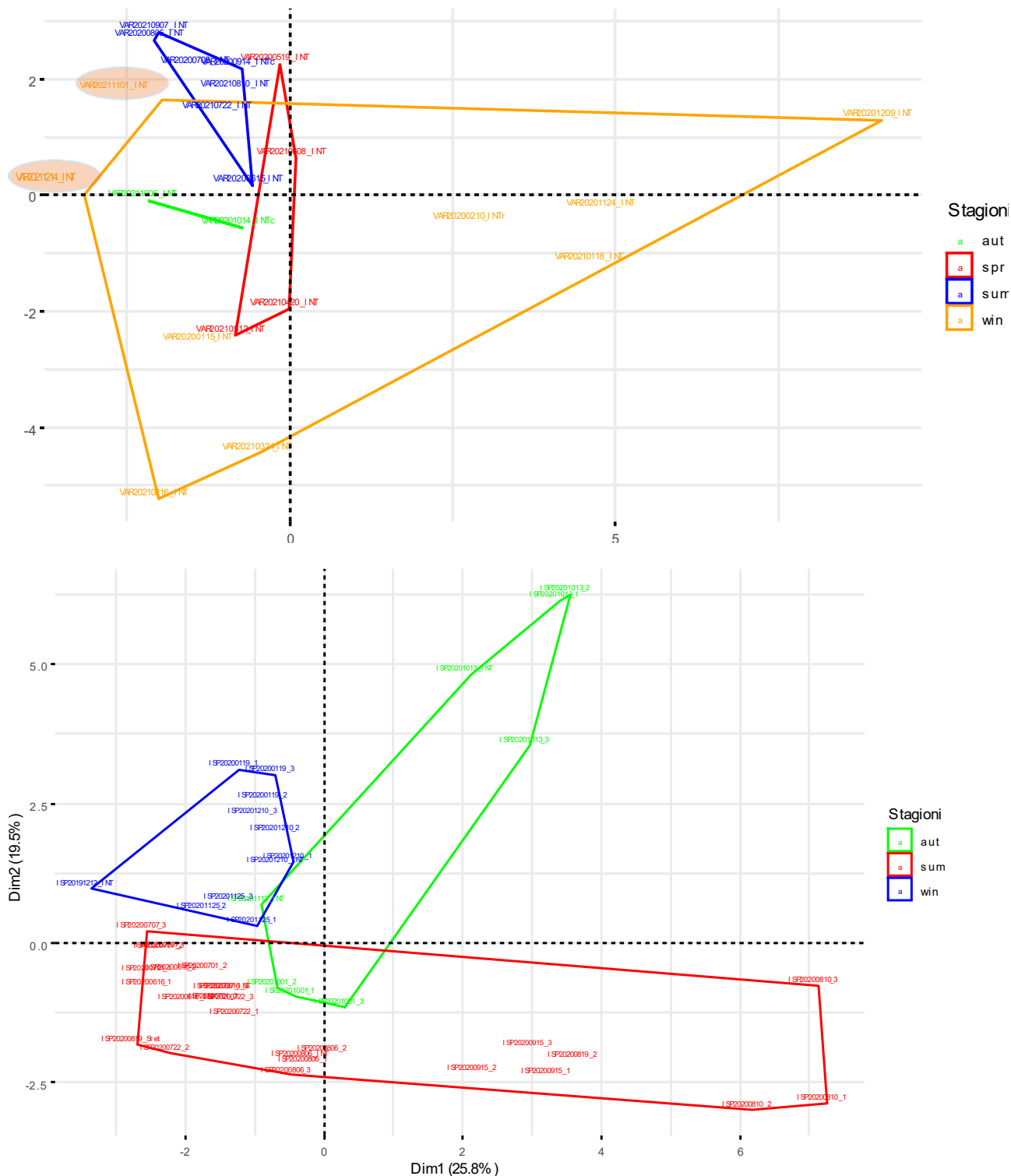


Figura 20: Rappresentazione dei campioni misurati nel lago di Varese (in alto) e nel Lago Maggiore (in basso) nel corso dell'intero periodo di osservazione (2019-2020) sui primi due assi ottenuti con la PCA. Nel lago di Varese sono evidenziati i campioni autunno-inverno 2021.

Telerilevamento tramite satellite

Il 18 ottobre 2021 è stato realizzato un campionamento congiunto fra CNR IRSA ed il CNR IREA finalizzato ad effettuare una prima valutazione delle proprietà ottiche delle acque del Lago di Varese. Si è scelto quel particolare giorno che corrispondeva al passaggio del satellite Sentinel-2 e a due giorni di distanza dall'acquisizione del sensore iperspettrale PRISMA. I dati *in situ* sono stati utilizzati per la validazione delle procedure di processamento delle immagini satellitari, sia a livello di correzione atmosferica delle immagini satellitari sia a livello di applicazione degli algoritmi per la stima dei parametri bio-geofisici delle acque.

In Figura 21 sono rappresentati i punti in cui sono stati effettuati campionamenti sia in relazione alla caratterizzazione ottica delle acque, sia per le misure specifiche dei pigmenti fotosintetici fitoplanctonici sia per le misure spettrali di caratterizzazione della vegetazione acquatica.



Figura 21. Localizzazione delle differenti stazioni di misure spettroradiometriche e limnologiche effettuate in data 18 Ottobre 2021.

Le misure spettroradiometriche sono state effettuate con due differenti spettroradiometri del CNR IREA; il WISP-3 configurato per le misure di Riflettanza dell'acqua e lo spettroradiometro ROX per le misure della vegetazione acquatica (Figura 22).



Figura 22. A sinistra acquisizione di firme spettrali delle acque con lo spettroradiometro WISP-3, a destra misure di radianza con lo strumento ROX sulla chioma di *Phragmites australis*.

L'analisi delle firme spettrali acquisite sulle stazioni di acqua (Figura 23a) ha evidenziato l'elevato contributo dell'interazione della componente fitoplanctonica con la radiazione elettromagnetica incidente. E' ben evidente la presenza di tre massimi di riflettanza nelle lunghezze d'onda prossime ai 550, 650 e 700 nm e dei valori minimi di riflettanza attorno ai 625 e 675 nm. Questi massimi e minimi di riflettanza sono legati alla

componente di assorbimento e back-scattering del fitoplancton presente nello strato superficiale della colonna d'acqua nel Lago di Varese.

In particolare tra il fitoplancton, i cianobatteri sono caratterizzati dalla presenza, oltre alla clorofilla *a*, di differenti pigmenti fotosintetici accessori, contenuti nei tilacoidi come le ficobiline (alloficocianina, ficocianina e ficoeritrina) e carotenoidi. Le ficobiline hanno la capacità di utilizzare in modo efficace la radiazione elettromagnetica solare a lunghezze d'onda raramente utilizzate da altre specie di fitoplancton (500-650 nm), dando ai cianobatteri un vantaggio competitivo e una maggiore capacità di colonizzare ambienti diversi. Alcune famiglie di cianobatteri sono ricche, in prevalenza, di ficoeritrine e altre di ficocianine, mentre altre sono in grado di variare il rapporto tra ficocianina (PC) e ficoeritrina (PE) nei ficobilisomi, in modo da sintetizzare i pigmenti più adatti all'assorbimento della luce presente nell'ambiente in cui si trovano. Pigmenti come la PC e la PE hanno picchi di assorbimento/riflessione della radiazione elettromagnetica emergente dalla colonna d'acqua molto specifici che possono essere rilevati dai sensori satellitari. I cianobatteri con prevalenza di ficocianina hanno un picco di riflettanza tipico attorno ai 650 nm e presentano un minimo di riflettanza compreso tra 627 e i 635 nm.

Le fioriture dei cianobatteri comportano una notevole alterazione delle caratteristiche fisico-chimiche e visive delle acque. In assenza di vento e quindi di circolazione delle acque, i cianobatteri tendono ad aggregarsi in superficie determinando il fenomeno definito come *scum*. In presenza di *scum* le caratteristiche cromatiche e chimico-fisiche delle acque subiscono elevate modificazioni: si formano composti colloidali secondari (schiume) nei quali si può concentrare un'elevata quantità di tossine. La firma spettrale in presenza di *scum* subisce un notevole aumento della riflettanza nel vicino infrarosso come riportato nella firma in verde della figura 23a.

Per quanto riguarda la risposta spettrale delle stazioni di vegetazione acquatica, i.e. macrofite flottanti ed emergenti, sono state acquisite le firme spettrali a livello di canopy per alcune delle specie più rappresentative presenti: fior di loto (*Nelumbo nucifera*: NN1_m e NN2_m in Figura 3b), porracchia a sei petali (*Ludwigia hexapetala*: LH1_m in Figura 3b), e cannuccia di palude (*Phragmites australis*: PA1_m in Figura 3b). Vista la data di campionamento autunnale, la risposta spettrale misurata rappresenta una fase di senescenza più o meno marcata, e può differire anche sensibilmente da quella tipica del periodo di picco vegetativo (Luglio-Agosto) per le tre specie. Dalle curve di riflettanza della Figura 23b è evidente come le tre specie, nelle condizioni caratteristiche dello stato fenologico tipico di metà Ottobre, si differenziano principalmente per la magnitudine della riflettanza nelle lunghezze d'onda del vicino Infrarosso (NIR, i.e. lunghezze d'onda oltre 700-750 nm), collegato principalmente alla densità della canopy.

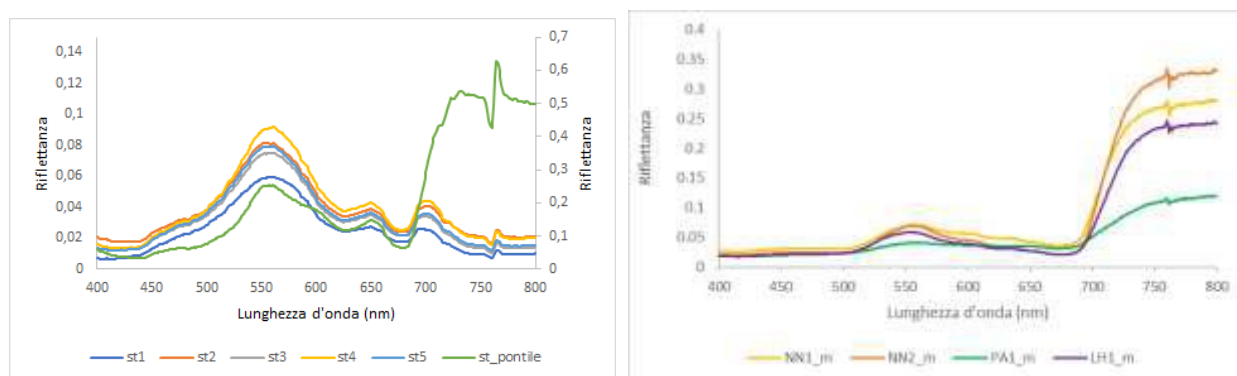


Figura 23. Firme spettrali acquisite il 18 Ottobre 2021: a) campioni superficiali di acqua; b) campioni di vegetazione acquatica emergente

I valori spettrali registrati con lo spettroradiometro sono stati confermati dalle analisi degli spettri di assorbimento effettuati su campioni d'acqua prelevati *in situ*. L'elevato assorbimento presente a 625 nm e a 675 nm è visibile in figura 24.

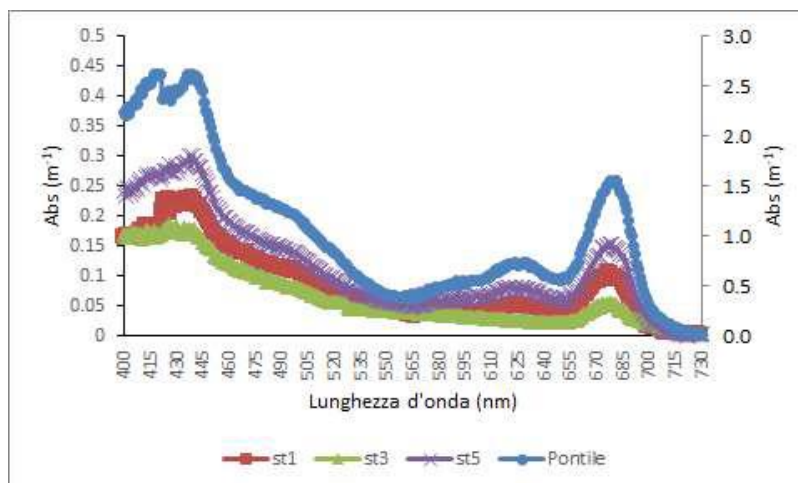


Figura 24. Assorbimenti spettrali dei campioni d'acqua prelevati in situ.

Nel corso del campionamento oltre alle proprietà ottiche sono stati prelevati 5 campioni di acqua sui quali sono state effettuate misure del contenuto di clorofilla e di carotenoidi algali sia tramite misure spettrofotometriche che con tecniche cromatografiche.

In figura 25 sono riportate le concentrazioni di clorofilla e carotenoidi totali da cui emerge una elevata variabilità tra le diverse stazioni legata all'eterogeneità spaziale nella distribuzione delle alghe dovuta al trasporto e accumulo delle alghe da parte delle brezze e alla difficoltà di prelevare un campione omogeneo in quanto le alghe presentano una forte stratificazione con una densità elevata alla superficie dell'acqua.

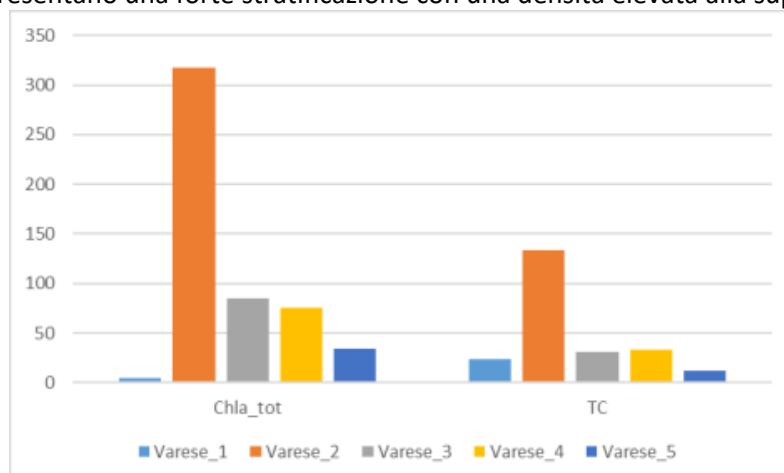


Figura 25. Andamento della concentrazione della clorofilla (Chla_tot) e dei carotenoidi totali (TC) misurati allo spettrofotometro in cinque diverse stazioni del lago di Varese in occasione del campionamento del 18 ottobre 2021.

In figura 26 sono messe a confronto la composizione delle alghe sulla base delle misure effettuate con Fluoroprobe, uno strumento che sfruttando le specifiche caratteristiche di fluorescenza è in grado di discriminare i principali gruppi algali. Dai grafici si evince l'assoluta dominanza delle cianofite in tutti i campioni misurati.

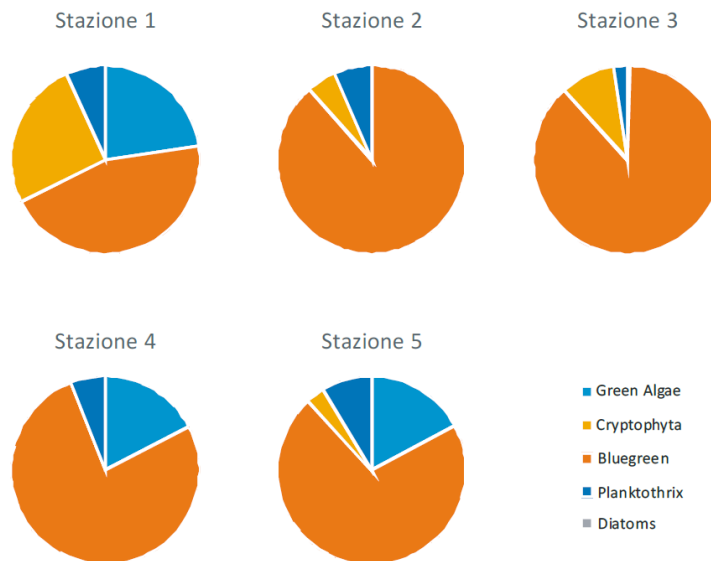


Figura 26. Distribuzione dei principali gruppi algali sulla base delle misure effettuate con Fluoroprobe in occasione del campionato del 18 ottobre 2021 sul Lago di Varese.

Nella figura 27 sono riassunti i dati sulla composizione algale basate su carotenoidi specifici identificati tramite cromatografia ad alta pressione (HPLC). Anche in questo caso è evidente l'assoluta dominanza delle cianoficee in occasione della fioritura algale osservata il giorno del campionamento.

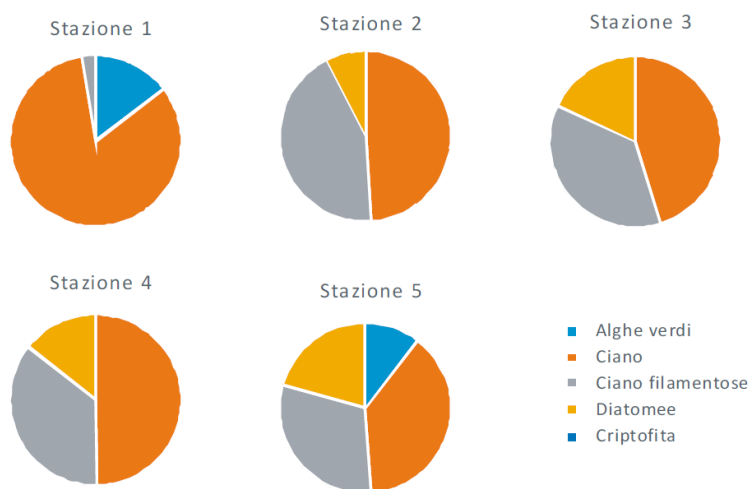


Figura 27. Distribuzione dei principali gruppi algali presenti nelle stazioni di campionamento, identificati sulla base dei carotenoidi specifici misurati tramite HPLC, in occasione del campionato del 18 ottobre 2021 sul Lago di Varese.

Monitoraggio delle fioriture di cianobatteri con dati satellitari

I dati acquisiti *in situ* hanno permesso di adattare gli algoritmi da applicare alle immagini satellitari per la stima della clorofilla-a e della presenza di cianobatteri e di effettuare una prima operazione di validazione dei prodotti ottenuti con le immagini satellitari. La figura 28 mostra l'accuratezza ottenuta dall'elaborazione dell'immagine satellitare acquisita sincrona alle misure *in situ* effettuate.

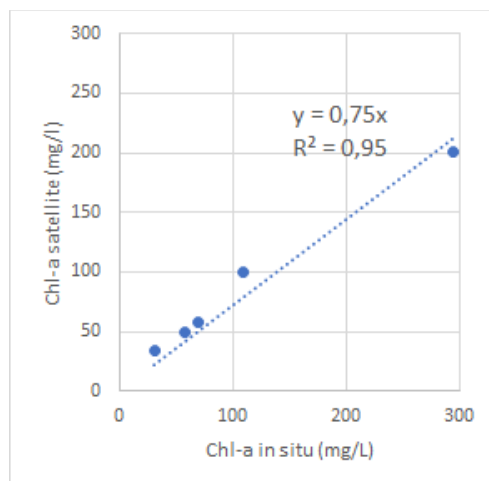


Figura 28. Correlazione tra i dati di Clorofilla ottenuti da satellite e quelli misurati in situ.

I prodotti ottenuti dall'elaborazione delle immagini in prossimità della data di campionamento *in situ* sono mostrati nella figura 29. Entrambe le mappe evidenziano la presenza di elevate concentrazioni di Chl-a.

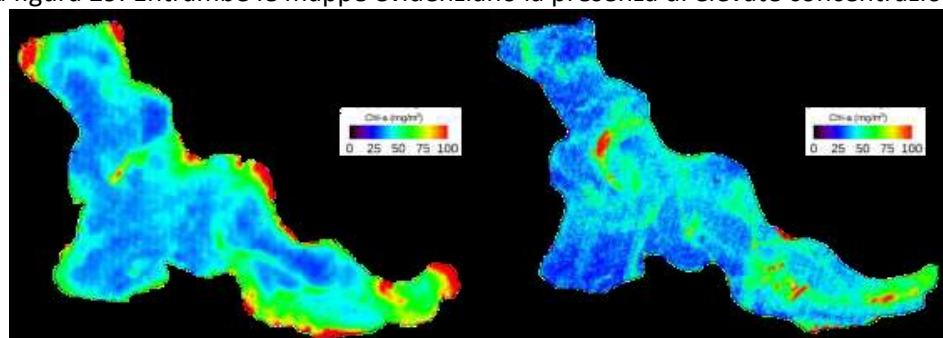


Figura 29. A sinistra mappa delle concentrazioni di Chl-a ottenuta dall'elaborazione dell'immagine iperspettrale PRISMA del 16 Ottobre 2021, con risoluzione spaziale di 30 metri; a destra la mappa di Chl-a ottenuta dall'immagine Sentinel-2, con risoluzione spaziale di 10 metri, del 18 Ottobre 2021.

Durante questa fase di progetto oltre alla campagna di misura descritta e alle prime operazioni di calibrazione e validazione delle immagini satellitari, sono state acquisite e processate le immagini prive di copertura nuvolosa per il periodo estivo-autunnale 2021.

Sono state utilizzate le immagini Sentinel-2 MSI, le immagini Sentinel-3 OLCI e le immagini PRISMA con rispettivamente la risoluzione spaziale di 10 metri, 300 metri e 30 metri. Tutte le immagini sono state corrette atmosfericamente e sono stati applicati gli algoritmi semi-empirici calibrati per le proprietà ottiche delle acque del lago di Varese, ad oggi è stata stimata la concentrazione di Chl-a e la presenza di *scum* superficiali. L'analisi delle firme spettrali ottenute dalle immagini satellitari (Figura 30) conferma l'influenza della componente fitoplanctonica sulle riflettanze delle acque di Varese, in particolare è ben evidente la capacità di discriminare la presenza di *scum*.

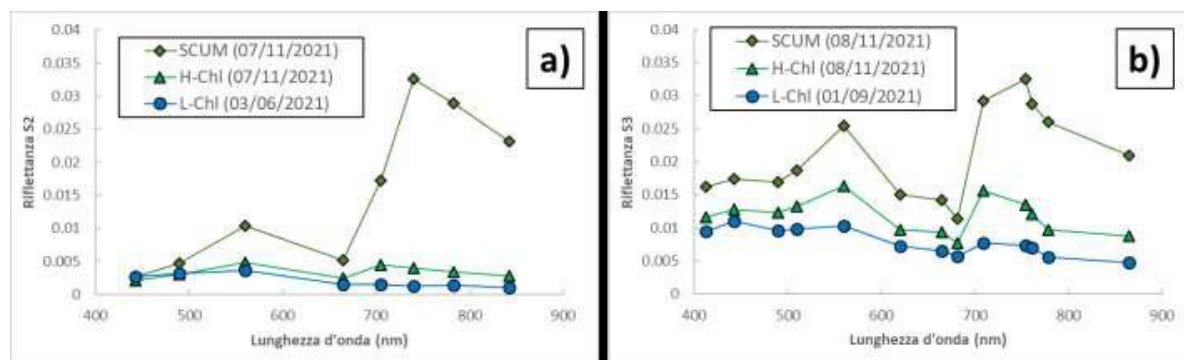


Figura 30. Firme spettrali ottenute dalle immagini Sentinel-2 e Sentinel-3 in differenti condizioni di presenza di fitoplancton (HChl e L-Chl: elevata e bassa concentrazione di clorofilla, rispettivamente).

In figura 31 si riportano tutte le mappe di concentrazioni di clorofilla (Chl-a) ottenute dall'elaborazione delle immagini satellitari, in cui è evidente il vantaggio di avere una visione sinottica del lago e la possibilità di effettuare un'analisi di tipo multi-temporale. I valori medi/massimi e la loro deviazione standard sono stati estratti da tutti i prodotti ottenuti e hanno permesso di ottenere i dati dell'andamento stagionale mostrato in figura 32.

In aggiunta ai prodotti di Chl-a, dalle immagini satellitari elaborate sono state quantificate le estensioni di *scum* per il periodo di tempo considerato nell'analisi (Figura 33).

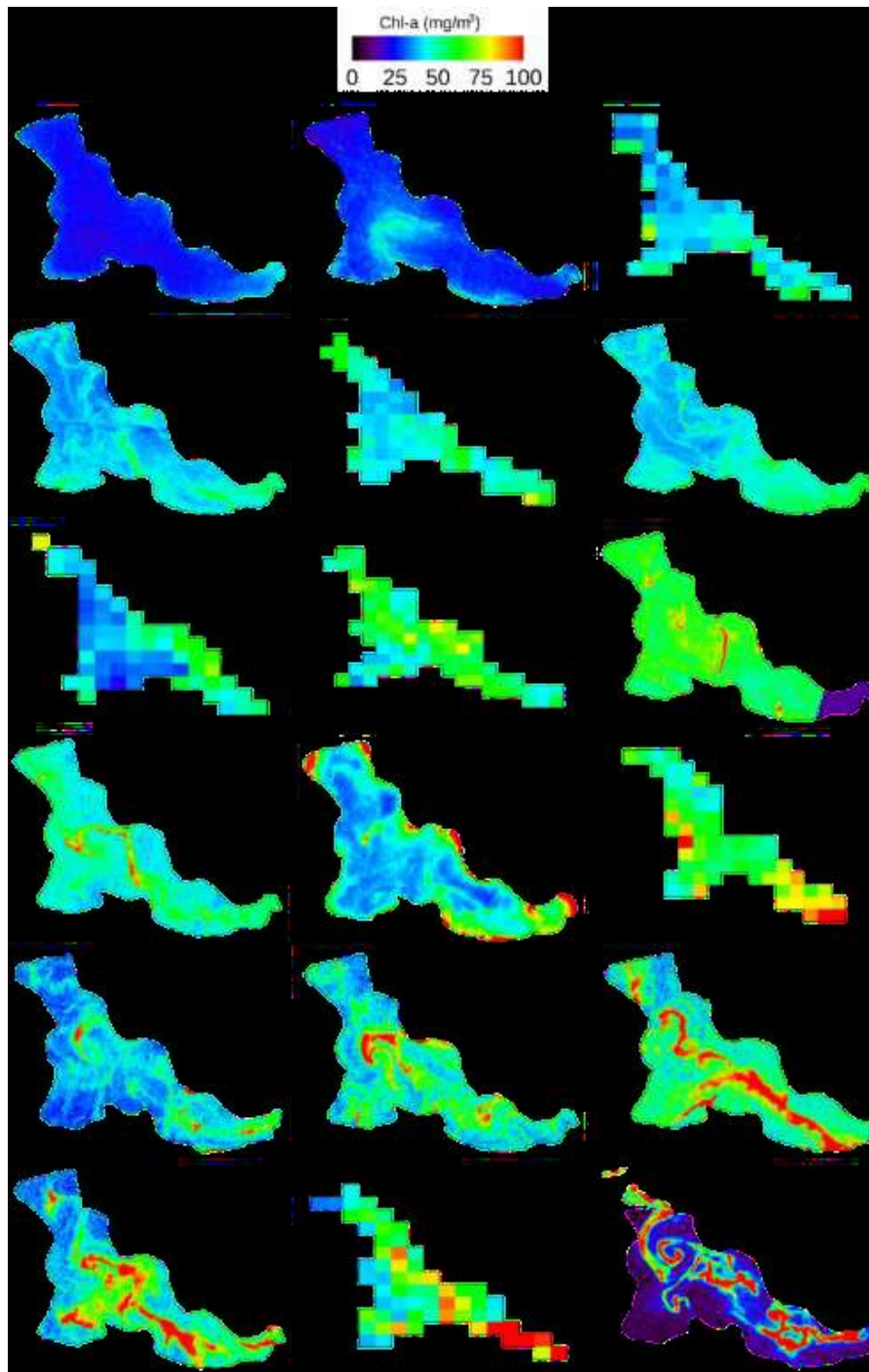


Figura 31. Mappe di concentrazione di clorofilla-a da immagini satellitari indicate nel range di concentrazione compreso tra 0 e 100 mg/m³. I valori maggiori di 100 mg/m³ sono riportati in rosso.

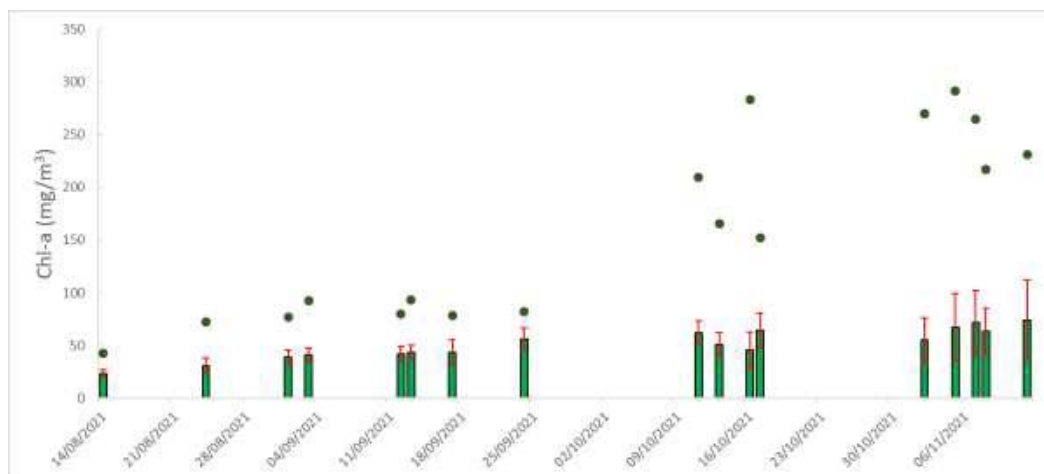


Figura 32. Andamento delle concentrazioni medie con relativa deviazione standard, e massimi (punti neri) per il periodo compreso tra il 14 Ottobre e il 12 Novembre 2021.

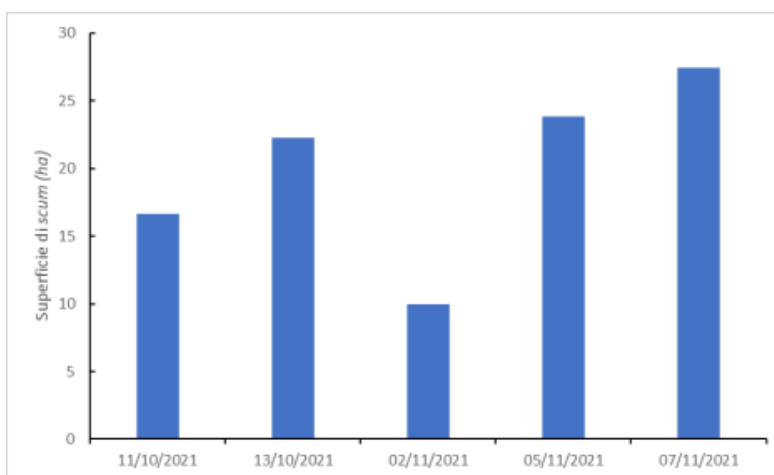


Figura 33. Estensione degli scum presenti tra l' 11 Ottobre e il 7 Novembre 2021 nelle acque del lago di Varese.

Monitoraggio della vegetazione acquatica con dati satellitari

In questa prima fase di progetto, tramite l'elaborazione di dati satellitari Sentinel-2 sono state prodotte mappe di WAVI, un indice spettrale che rappresenta un indicatore (proxy) della densità della canopy per la vegetazione acquatica emergente e flottante (inclusa quella sub-affiorante), per due momenti focali della stagione vegetativa: metà Giugno, corrispondente al momento di picco nell'estensione delle specie sub-affioranti (*Myriophyllum spicatum*, *Elodea* spp.) e alla fase vegetativa di maggiore velocità di espansione delle specie flottanti ed emergenti; e metà Agosto, corrispondente al momento di picco della stagione vegetativa, e alla massima estensione areale delle specie flottanti ed emergenti.

Le mappe satellitari, che hanno una risoluzione spaziale di 10 m (lato del pixel al suolo), sono state realizzate per le ultime due stagioni, 2020 e 2021, oltre che per il 2017, utile per un confronto retrospettivo preliminare (Figura 34).

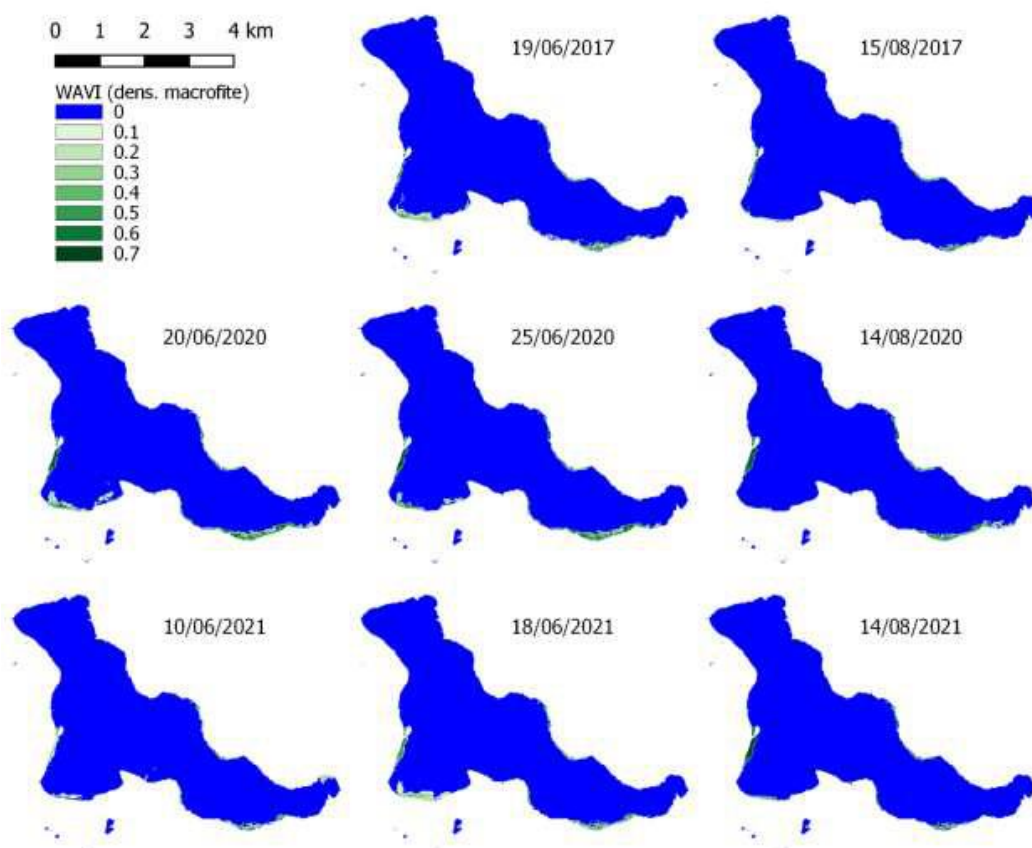


Figura 34. Mappe di densità delle macrofite flottanti ed emergenti (incluse quelle sub-affioranti) del Lago di Varese, rappresentate con l'indice spettrale WAVI derivato da dati Sentinel-2, per alcune date chiave delle stagioni 2017, 2020 e 2021.

In Figura 35 sono mostrati gli areali totali delle comunità di macrofite mappate sul Lago di Varese a partire dai dati satellitari Sentinel-2 dalle mappe satellitari per le date focali sopracitate (metà Giugno e metà Agosto) nelle stagioni 2017, 2020 e 2021. Le superfici sono suddivise su tre classi di densità della canopy: sparsa (AVsparse), che include eventuali specie sub-affioranti presenti soprattutto nelle mappe di metà Giugno; media (AVmid), che include gran parte delle specie flottanti e ripariali; e densa (AVdense), che include soprattutto le rizofite emergenti invasive (*N. nucifera* e *L. hexapetala*). Da un confronto preliminare, emerge che a metà Giugno l'area coperta è maggiore per le comunità a bassa densità della canopy, che oscillano tra 31.7 e 36.1 ha (su un totale che varia tra 56.3 e 65.7 ha) e che includono le aree interessate dalla proliferazione di *Elodea* spp. nel 2020 (e in minor misura nel 2021), mentre la copertura di questa classe cala sensibilmente andando avanti nella stagione, lasciando spazio a specie che raggiungono una densità elevata (aliene invasive), che arrivano a toccare i 14.1 ha nel 2020, anno in si raggiunge un picco probabilmente per via dell'assenza di interventi di controllo (sfalci) a causa della pandemia da COVID 19.

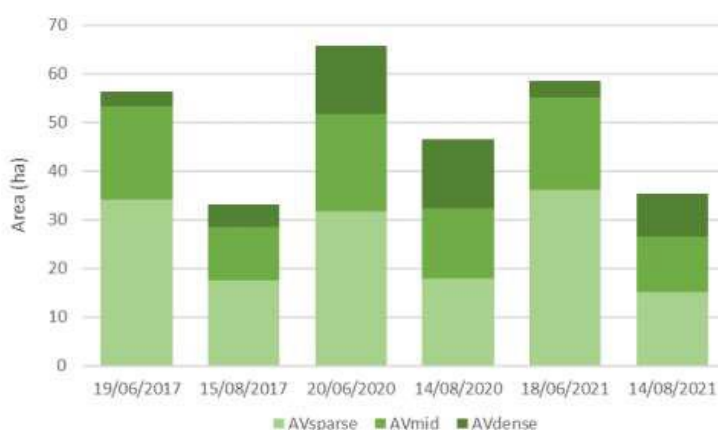
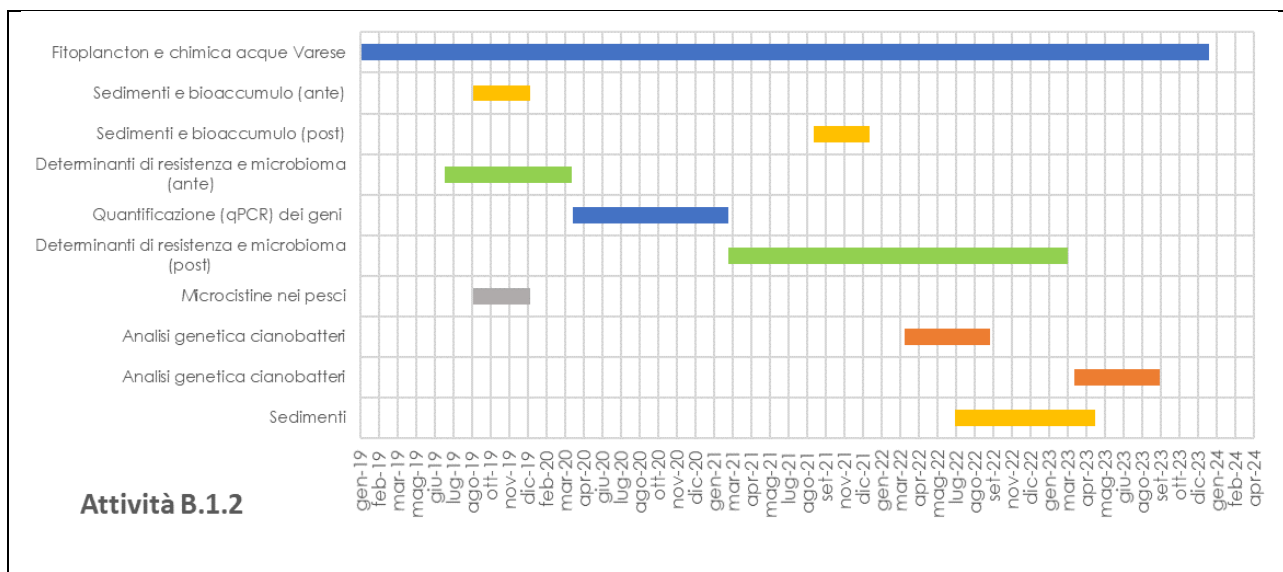


Figura 35. Estensione areale delle macrofite flottanti ed emergenti nel Lago di Varese ricavata dalle mappe satellitari per date chiave (metà Giugno e metà Agosto) delle stagioni 2017, 2020 e 2021, suddivise in tre classi di densità della canopy (sparsa, media, densa).

ATTIVITÀ B.1.2
Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel lago di Varese
<p>Descrizione Attività</p> <p>L'attività riguarda il <u>monitoraggio degli elementi biologici</u> (fitoplancton), degli <u>elementi fisico-chimici di base e di altri elementi chimici</u> nelle acque del lago di Varese, allo scopo di verificarne l'evoluzione in rapporto ai previsti interventi di risanamento. Saranno <u>ricercati anche alcuni inquinanti specifici</u> (PFAS, DDT, PCB) <u>nei sedimenti e nella fauna ittica</u>.</p> <p>L'attività comprende anche la <u>ricerca nelle acque e/o nel biota di alcune sostanze prioritarie e altre sostanze e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza</u>, allo scopo di valutarne il rischio di trasferimento dal lago di Varese ai corpi idrici connessi (fiume Bardello e Lago Maggiore) a seguito dell'attivazione del prelievo ipolimnico. Al tempo stesso attraverso le analisi metagenomiche per la ricerca di geni di resistenza si otterrà la prima descrizione tassonomica della comunità batterica del Lago di Varese, e verrà identificata la presenza di ceppi potenzialmente patogeni nell'ipolimnio del lago stesso.</p> <p>Al fine di completare gli elementi conoscitivi riguardo le fioriture ricorrenti di cianobatteri nel lago di Varese, sarà <u>indagata la presenza di tossine algali (microcistine) nella fauna ittica del lago</u>.</p> <p>Nel 2019 saranno effettuati campionamenti mensili delle acque per l'analisi del fitoplancton, dei parametri fisico-chimici e chimici.</p> <p>Nel primo anno di indagine si prevede, inoltre, la ricerca di PFAS, DDT e PCB su sedimenti (3 punti) e pesci (4 campagne considerando 2 specie ittiche). L'indagine sarà ripetuta dopo un congruo periodo dall'attivazione del prelievo ipolimnico al fine di evidenziare l'eventuale incremento dei livelli di contaminazione nelle matrici considerate.</p> <p>Relativamente al monitoraggio dei determinanti di resistenza e del microbioma del lago, nel primo anno di indagine saranno effettuati campionamenti mensili delle acque ipolimniche in quattro mesi freddi (invernali) ed in quattro mesi caldi (estivi); si effettueranno analisi metagenomiche dei campioni e descrizione della comunità batterica residente (microbioma) e dei geni di resistenza (resistoma). Saranno selezionati i 10-15 geni che presentano particolare criticità (in accordo con i dati ottenuti dall'attività B.1.3). Nel secondo anno si prevedono la quantificazione (qPCR) dei geni selezionati e il monitoraggio bimestrale degli stessi. Nel terzo anno sarà effettuata la valutazione mensile (per almeno tre mesi invernali e tre estivi) dei cambiamenti avvenuti nel microbioma e nel resistoma dell'ipolimnio del lago in seguito alle operazioni di prelievo attraverso tecniche metagenomiche).</p> <p>Tra il 2019 e il 2020 si prevede anche l'attività di ricerca delle microcistine nei pesci (indicativamente 4 campioni).</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Regione Lombardia, ARPA Lombardia, CNR-IRSA Verbania, Università dell'Insubria</p>
<p>Cronoprogramma attività</p>



Resoconto attività a cura di ARPA Lombardia, CNR IRSA di Verbania e Università degli Studi dell'Insubria

Sintesi delle attività svolte

Come previsto nel Piano di monitoraggio, a partire dal mese di gennaio 2019, sono stati effettuati campionamenti e misure mensili nella stazione di massima profondità del lago (Figura 36) con le modalità indicate in Tabella 2.

Durante il periodo di stratificazione termica, da maggio a novembre 2019, sono stati monitorati anche alcuni punti aggiuntivi allo scopo di verificare l'omogeneità spaziale delle caratteristiche chimico-fisiche del lago e cercare di stimare con maggiore precisione l'entità del carico interno. Nelle stazioni aggiuntive, tramite sonda multiparametrica, si sono registrati dalla superficie al fondo i profili di temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto, pH e radiazione luminosa. Sono stati raccolti e destinati all'analisi di fosforo totale e ortofosfato un campione a circa un metro dal fondo e un campione integrato rappresentativo dell'ipolimnio.

Nel 2020 e nel 2021 i campionamenti e le misure sono proseguiti con frequenza mensile a partire da gennaio nella sola stazione di massima profondità del lago a Biandronno con le modalità riportate in

Tabella 2.

Per tutti i parametri la frequenza di campionamento è stata mensile ad eccezione dei composti perfluoroalchilici (PFAS) campionati 4 volte nel 2020 e 6 volte nel 2021.

Tabella 2. Modalità di campionamento dei parametri analizzati nel lago di Varese durante il triennio 2019-2021.

Parametro	Profondità discrete	Integrato (5 metri)	Integrato (5-23 metri)	Integrato (0-23 metri)	Integrato (zona eufotica)	Misure in continuo tramite sonda
Parametri chimico-fisici	-	-	-	-	-	2019 2020 2021
Fitoplancton	-	-	-	-	2019 2020 2021	-
Clorofilla <i>a</i>	-	-	-	-	2019 2020 2021	-
Parametri chimici di base	2019 2020 2021	-	-	-	-	-
Metalli	2019 2020	-	-	2021	-	-
Composti organici volatili (VOC)	-	2019	2019		-	-
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	-	2019 2020	2019 2020	2021	-	-
Composti perfluorati (PFAS)	-	2019 2020 (trimestrale)	2019 2020 (trimestrale)	2021 (bimestrale)	-	-
Pesticidi	-	2019 2020 2021	2019 2020 2021	2021	-	-
Sostanze farmaceutiche	-	2019	2019	-	-	-
Altri parametri	-	2019	2019	-	-	-
DOC	-	2019 2020	2019 2020	2021	-	-

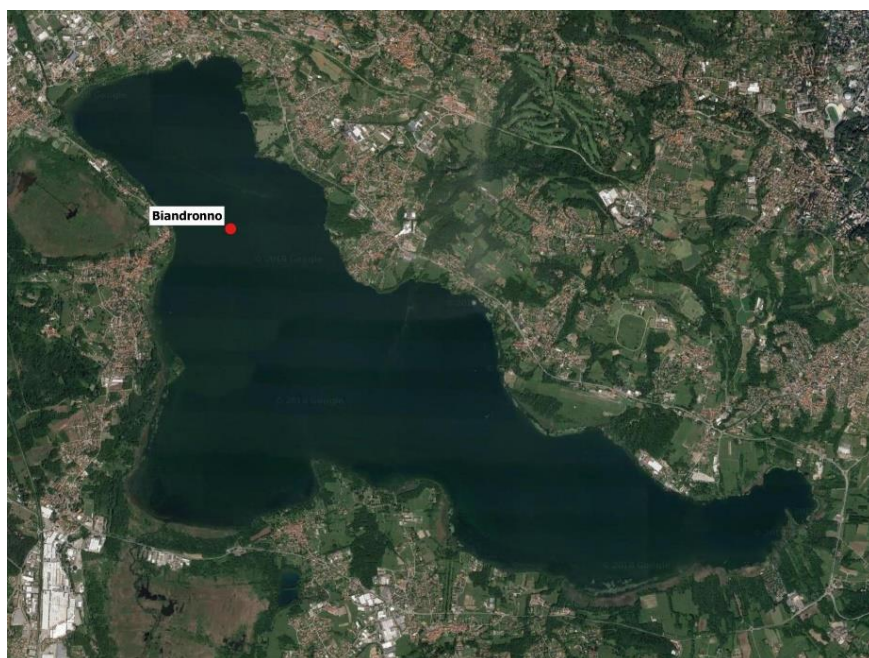


Figura 36. Lago di Varese: punto di monitoraggio del fitoplancton e dei parametri fisico-chimici e chimici.

L'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da COVID-19 ha impedito lo svolgimento delle campagne nei mesi di marzo e aprile del 2020. Le attività sono riprese nel mese di maggio, ma le misure per il contenimento dei contagi hanno rallentato le attività di analisi dei campioni raccolti.

Nel biennio 2020-2021 è aumentato il numero delle profondità campionate nell'ipolimnio durante la fase di stratificazione termica allo scopo di migliorare la conoscenza della distribuzione dei nutrienti nelle acque profonde e la stima del carico interno rilasciato dai sedimenti. Sono state pertanto selezionate 3 ulteriori profondità collocate a 17, 20 e 23 metri in corrispondenza delle quali, a partire dal mese di maggio, sono stati raccolti campioni per l'analisi di fosforo e azoto.

Dal 2019 ARPA ha fornito supporto per lo svolgimento delle altre attività ricomprese nell'Azione B.1, in particolare riguardo il campionamento di matrici ambientali destinate ad analisi da parte degli altri soggetti attuatori dell'AQST, come specificato nel seguito.

A partire da luglio 2019 sono prelevati mensilmente (eccetto l'interruzione di marzo e aprile 2020 a causa dell'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da COVID-19) campioni di acqua ipolimnica destinati all'analisi dei **determinanti di antibiotico e metallo resistenza**, alla descrizione della comunità batterica e per verificare la presenza di potenziali patogeni, attività in carico al CNR IRSA di Verbania.

Le Attività B.1.2 e B.1.3 riguardo l'analisi dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza sono descritte insieme in un paragrafo successivo a cura del CNR IRSA di Verbania.

A metà luglio 2019 sono stati prelevati i **sedimenti** dal lago in tre punti a diversa profondità per la successiva analisi di PFAS, DDT e PCB, attività in carico all'Università dell'Insubria.

In tre occasioni (18/07/2019, 06/10/2019 e 03/02/2020) sono stati eseguiti prelievi di fauna ittica (pesce persico e gardon) nei pressi di Gavirate per le analisi di **bioaccumulo** di PFAS, DDT, PCB e microcistine, attività in carico all'Università dell'Insubria e al CNR-IRSA Verbania. Purtroppo, non si è proceduto nel 2020 ad un ulteriore campionamento dei pesci per problemi connessi alla pandemia da COVID-19 e alla chiusura degli spazi di stoccaggio in Università.

Si riportano di seguito il numero di campioni raccolti suddivisi per ciascun mese (Tabella 3), il numero di sostanze analizzate nel 2021 e il numero totale di analisi svolte da ARPA (

Tabella 4). I risultati delle analisi condotte nel 2019 hanno permesso di verificare l'assenza di gran parte delle sostanze inquinanti ricercate, pertanto, dal 2020 è diminuito significativamente il numero di composti analizzati. In Allegato è riportato l'elenco completo delle sostanze ricercate.

Tabella 3. Numero di campioni prelevati da ARPA sul lago di Varese nel triennio 2019-2021. A marzo e aprile 2020 i campionamenti non sono stati eseguiti a causa della pandemia da COVID-19 ().*

Anno	Matrice	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2019	Acque ¹	6	6	6	8	12	12	13	13	13	12	10	8
	Acque ²	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
	Fitoplancton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sedimenti	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
	Pesci ³	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-
2020	Acque ¹	6	6	*	*	11	11	11	11	11	11	11	11
	Acque ²	1	1	*	*	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fitoplancton	1	*	*	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Pesci ³	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	Acque ¹	8	9	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Acque ²	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fitoplancton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

¹Analisi chimico-fisiche; ²Antibiotico e metallo resistenza; ³Bioaccumulo

Tabella 4. Numero di sostanze chimiche ricercate e numero di analisi effettuate da ARPA sulle acque del lago di Varese nel triennio 2019-2021.

Gruppo	2019		2020		2021	
	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi
Parametri di base	25	1187	25	1267	25	1388
Composti organici volatili (VOC)	39	738	-	-	-	-
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	18	360	13	234	13	156
Metalli	12	581	5	205	5	65
Composti perfluorati (PFAS)	13	100	13	104	13	78
Pesticidi	103	2454	2	36	2	40
Sostanze farmaceutiche	1	24	-	-	-	-
Altri parametri	4	99	1	46	1	49

Sintesi delle attività in corso

Le attività di monitoraggio sono riprese nel 2022 come da cronoprogramma.

Sintesi dei risultati ottenuti

Monitoraggio fisico-chimico: temperatura delle acque

La fase di piena circolazione, iniziata a fine dicembre 2020, è stata caratterizzata da valori medi di temperatura sulla colonna di circa 7 °C a inizio gennaio, con una successiva diminuzione fino a un minimo di 5,1 °C il 2 febbraio.

Il grafico di Figura 37 mostra l'andamento della temperatura media, calcolata utilizzando le misure in continuo fornite dai termistori della boa limnologica, nell'intervallo 0-5 metri considerato rappresentativo dell'epilimnio e nell'intervallo 11-23 metri, rappresentativo dell'ipolimnio del lago.

I valori del 2021 sono stati confrontati con quelli dell'anno precedente, presenti dal mese di luglio in seguito all'installazione della boa e hanno mostrato come nel 2020 si siano raggiunte temperature più elevate ad agosto in seguito all'ondata di calore che ha interessato il nostro territorio da fine luglio. Nell'ipolimnio si è osservata nel 2021 una temperatura media più elevata nel periodo luglio-settembre, con un incremento superiore a oltre 1 °C rispetto ai corrispondenti mesi del 2020.

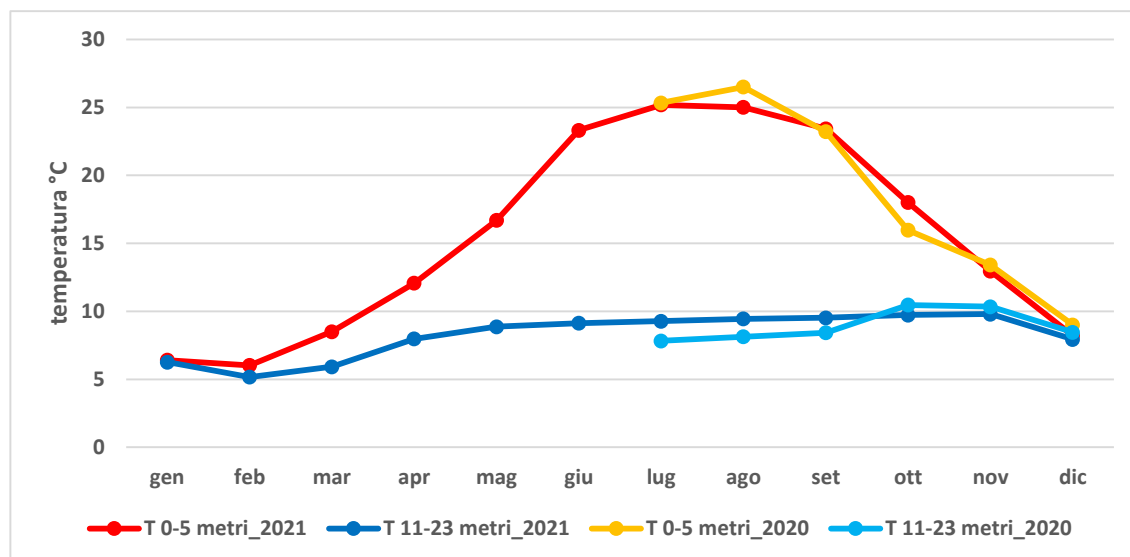


Figura 37. Temperature medie mensili nell'intervallo 0-5 metri e 11-23 metri negli anni 2020 e 2021.

In Figura 38 viene rappresentato l'andamento degli strati in cui si suddivide la colonna d'acqua durante il periodo di stratificazione termica, mostrando come variano nel tempo il limite inferiore dell'epilimnio e il limite superiore dell'ipolimnio, stimati tramite il software R con il pacchetto "rLakeAnalyzer" a partire dalle misure di temperatura raccolte dalla boa limnologica nel biennio 2020-2021.

Con l'aumentare delle temperature e il progressivo riscaldamento delle acque superficiali l'estensione dell'epilimnio è aumentata passando dai 2 metri di inizio giugno ai quasi 6 metri di metà agosto. La differenza più significativa rispetto al 2020 si è osservata a inizio ottobre: l'anno precedente una forte perturbazione aveva determinato un improvviso rimescolamento fino a 15 metri di profondità con una forte erosione del termoclinio.

Nonostante l'assenza di un fenomeno analogo, nel 2021 la piena circolazione delle acque è stata raggiunta il 3 dicembre con una temperatura omogenea sul profilo verticale di circa 10 °C. Il rimescolamento completo si è verificato con circa 20 giorni di anticipo rispetto all'anno precedente.

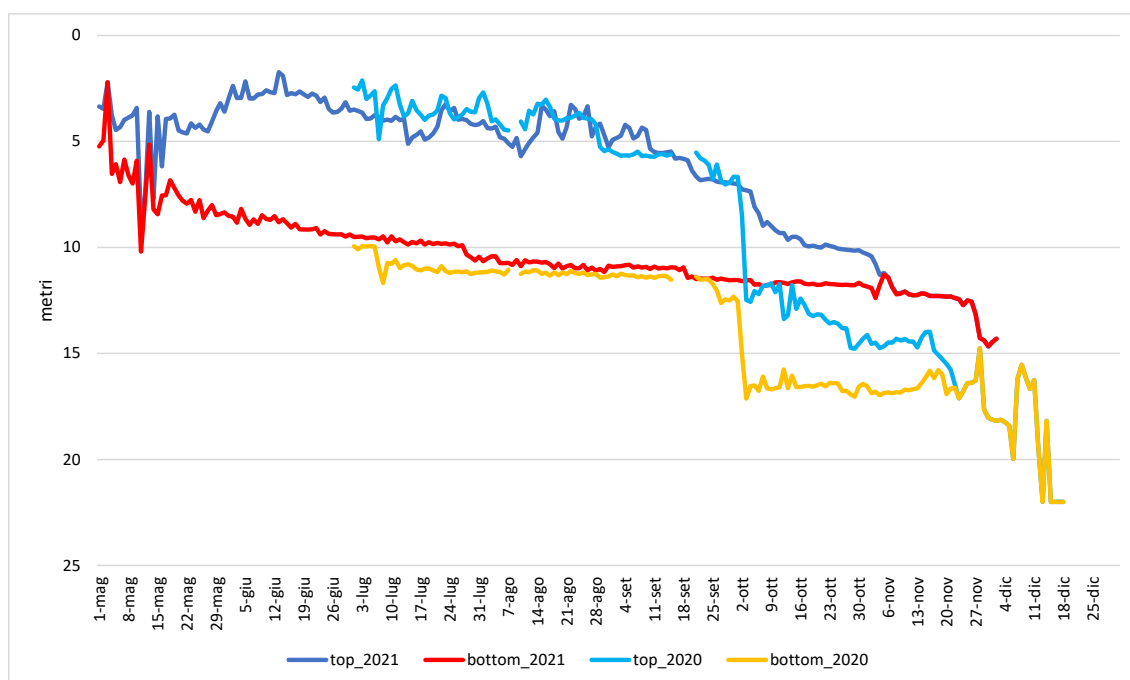


Figura 38. Andamento del limite inferiore dell'epilimnio (top) e del limite superiore dell'ipolimnio (bottom) nel corso del biennio 2020-2021.

Monitoraggio fisico-chimico: ossigeno disciolto

Il monitoraggio in continuo del parametro a 1 metro e 22 metri eseguito dalla boa limnologica (Figura 39) ha messo in evidenza come l'anossia sul fondo del lago sia stata raggiunta per la prima volta il 5 aprile. Il forte vento di favonio che ha interessato la provincia di Varese in data 6 aprile ha permesso un rimescolamento delle acque profonde innalzando il tenore di ossigeno sul fondale che da zero è passato a oltre 7 mg/L. La condizione di anossia è stata nuovamente raggiunta ai primi di maggio e, a partire dal giorno 9, si è mantenuta stabilmente per tutta la durata della stratificazione termica. Rispetto al maggio dell'anno precedente (Figura 40a), si è riscontrata una condizione meno severa e più simile a quella del 2019.

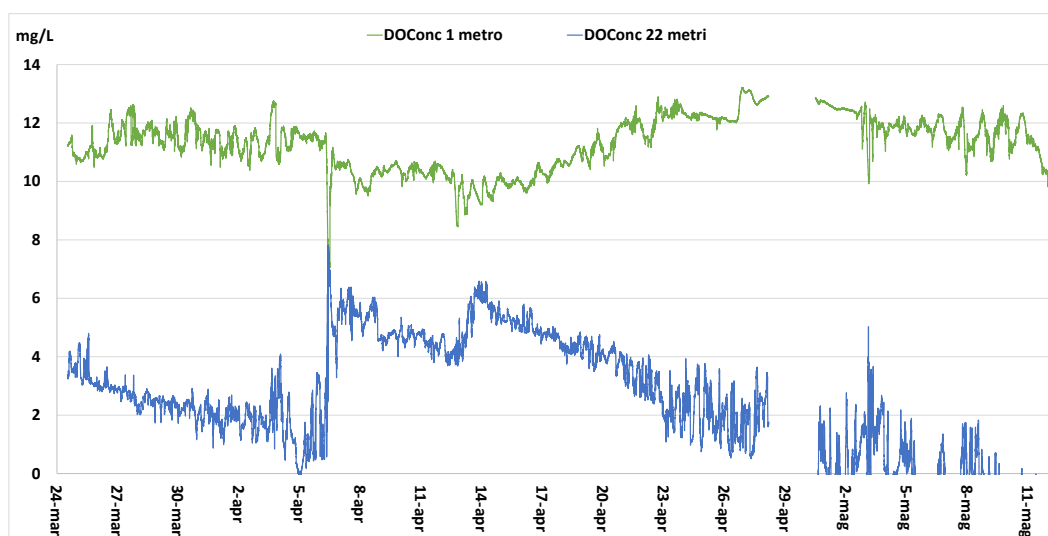


Figura 39. Concentrazione dell'ossigeno disciolto a 1 metro e 22 metri nel periodo 24 marzo – 12 maggio 2021.

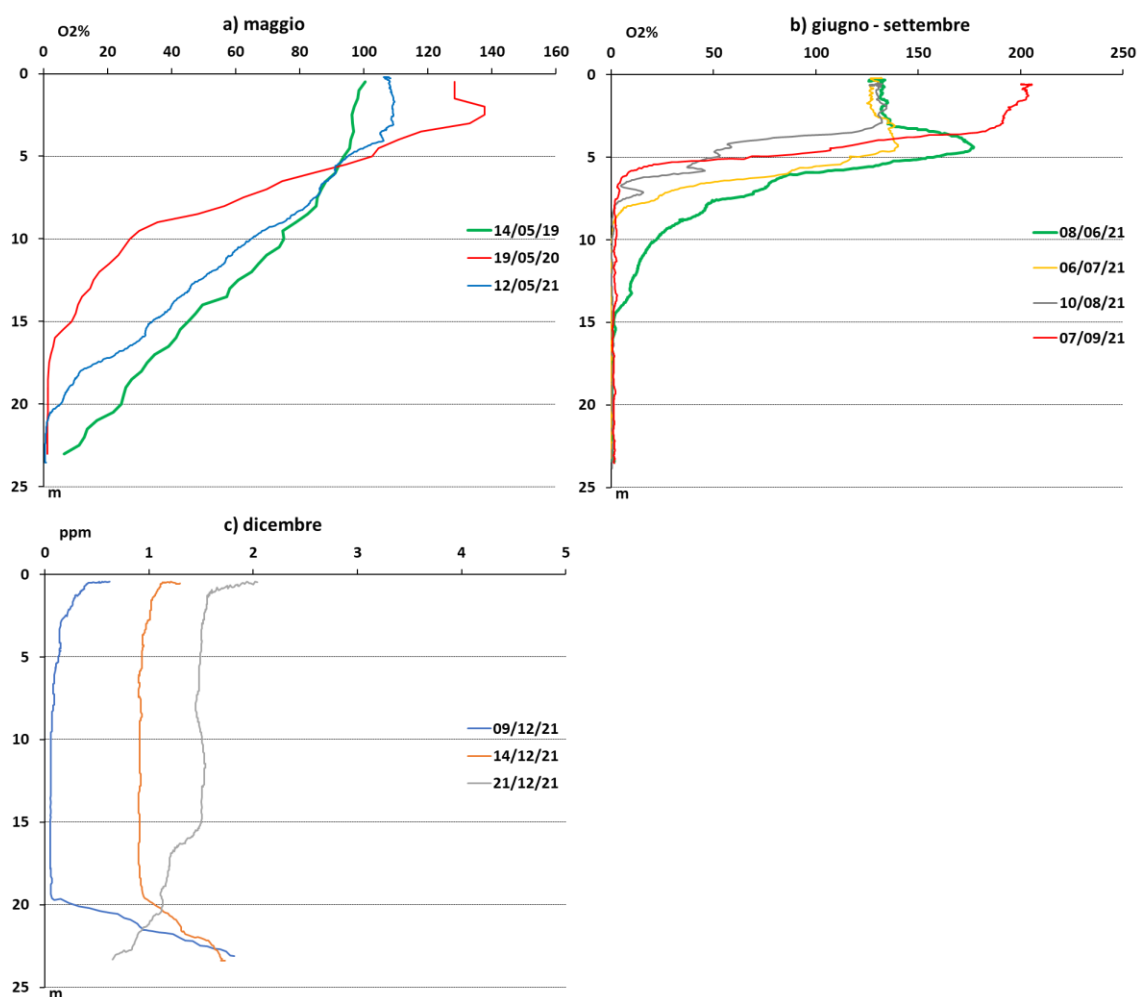


Figura 40. Profili della concentrazione di ossigeno disciolto nella stazione di Biandronno. a) confronto tra i mesi di maggio 2019-2021 (% saturazione); b) periodo giugno-settembre 2021 (% saturazione); c) dicembre 2021 (ppm).

In termini di ossigenazione l'aspetto più rilevante che ha caratterizzato il 2021 è stato il raggiungimento della completa anossia sull'intero profilo verticale a dicembre. In Figura 41 è mostrato l'andamento del parametro a 1 metro e 22 metri, misurato in continuo dalla boa limnologica; in Figura 40c i profili misurati in campo tramite sonda multiparametrica in diverse date di dicembre.

Nell'ultima parte di novembre si è verificato un brusco calo del tenore di ossigeno in superficie con il raggiungimento, nei giorni immediatamente successivi al 3 dicembre, di concentrazioni pari a zero. L'ossigeno si è mantenuto molto basso nel periodo successivo, superando 1 mg/L a 1 metro a partire dal giorno 19. Sul fondo del lago si sono verificate delle oscillazioni, con incrementi improvvisi in corrispondenza delle giornate di forte vento.

Nonostante le condizioni critiche verificatesi in questo periodo, non sono stati segnalati episodi di morie di pesci, probabilmente in quanto le specie presenti nel lago hanno trovato rifugio nelle zone litorali in cui era presente una minima quantità di ossigeno in grado di garantirne la sopravvivenza e in quanto nel tempo l'ambiente ha selezionato specie capaci di resistere a condizioni transitorie di severa ipossia.

Tutti gli anni dicembre è caratterizzato da una forte diminuzione del tenore di ossigeno quando s'interrompe l'isolamento delle acque profonde anossiche e ricche di composti ridotti. Si ritiene che la notevole fioritura algale di *Woronichinia naegeliana* che ha interessato la maggior parte della

superficie del lago nei mesi di ottobre e novembre abbia influito negativamente sul bilancio dell'ossigeno costituendo un notevole surplus di materia organica da decomporre.

È possibile che il 2021 non rappresenti un'eccezione assoluta, ma che in anni particolari tale condizione possa essersi verificata anche nel passato recente.

Il monitoraggio ad alta frequenza garantito dalla boa limnologica ha consentito di identificare tempestivamente il fenomeno e seguirne in maniera dettagliata l'evoluzione.

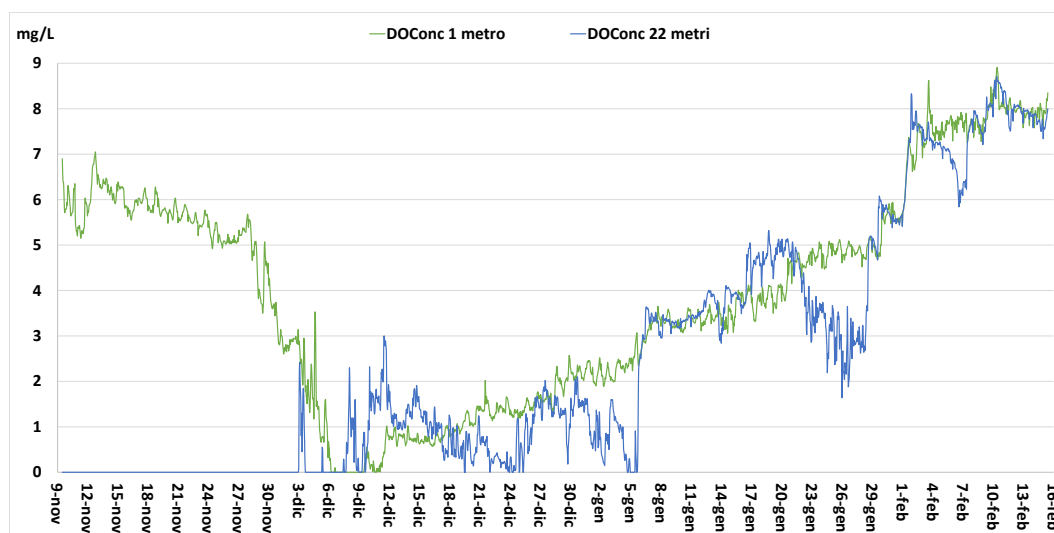


Figura 41. Concentrazione dell'ossigeno disciolto a 1 metro e 22 metri nel periodo 9 novembre 2021 – 16 febbraio 2022.

Macronutrienti: azoto e fosforo

Nel 2021 sono proseguiti i campionamenti alle profondità supplementari di 17, 20 e 23 metri per rilevare con maggiore dettaglio l'andamento delle concentrazioni dei nutrienti nell'ipolimnio.

Come nel 2020, per l'analisi dell'azoto nitrico si è mantenuta una maggiore sensibilità del metodo analitico abbassando il limite di quantificazione a 0,1 mg/L N.

In Figura 42 e in Figura 43 è mostrato l'andamento dell'azoto nitrico e ammoniacale in superficie e sul fondo del lago. Nell'ipolimnio si verifica una riduzione della forma nitrica e un progressivo incremento di quella ammoniacale. L'azoto nitrico in prossimità del fondo è sceso al di sotto del limite di quantificazione a partire dal mese di giugno, mentre l'azoto ammoniacale è aumentato continuamente da aprile a novembre, con un massimo di 3,5 mg/L N a 23 metri.

In Figura 44 si riportano le medie ponderate sui volumi del fosforo totale per il periodo 2009-2022 a febbraio, mese considerato rappresentativo della condizione di piena circolazione e utilizzato da ARPA per la classificazione dello stato ecologico del lago. I valori del 2011 e del 2015 sono stati esclusi in quanto ritenuti anomali. Per il 2021 si è scelto di utilizzare il dato relativo al mese di gennaio.

Nell'ultimo biennio è chiaramente visibile una diminuzione delle concentrazioni di fosforo alla piena circolazione delle acque, con 64 µg/L P a gennaio 2021 e 53 µg/L P a febbraio 2022.

Il funzionamento dell'impianto di prelievo ipolimnico, con una rimozione stimata pari a 2 tonnellate di fosforo totale per il 2020 e 4 tonnellate per il 2021, ne ha influenzato positivamente le dinamiche.

A marzo 2021 inoltre si è osservata una concentrazione particolarmente ridotta, con una media ponderata sui volumi di soli 32 µg/L P.

In Figura 45 viene mostrata la concentrazione media del fosforo totale nello strato ipolimnico 15 metri-fondo per il triennio 2019-2021. Si può osservare una decisa diminuzione delle concentrazioni rispetto ai valori del 2019, quando l'impianto di prelievo ipolimnico non era attivo.

L'influenza dell'impianto sulle concentrazioni delle forme di azoto al momento sembra più limitata, come mostrato in Figura 46 per l'azoto ammoniacale.

A dicembre 2021 si è osservato un crollo delle concentrazioni rispetto al mese precedente determinato dal completo rimescolamento delle acque con conseguente redistribuzione dei nutrienti sull'intera colonna d'acqua. Vi è una netta differenza rispetto all'anno scorso in quanto nel 2020, al momento del campionamento, le acque più profonde erano ancora isolate.

In Tabella 5 si riportano le medie annue, ponderate sui volumi, dei macronutrienti relativi al triennio 2019-2021. Anche in questo caso si può osservare una sensibile diminuzione della concentrazione del fosforo, mentre non è visibile una tendenza analoga nei confronti dell'azoto.

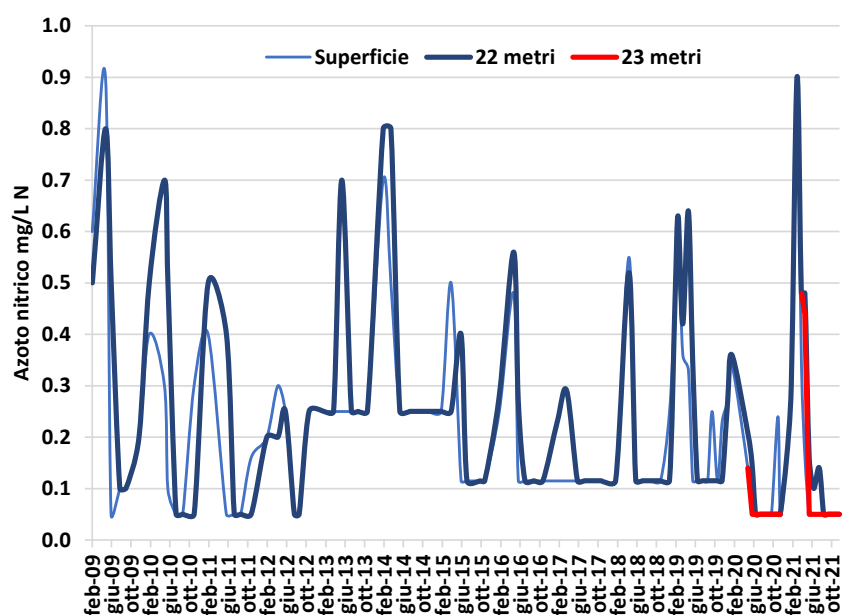


Figura 42. Lago di Varese: concentrazioni di azoto nitrico in superficie e in prossimità del fondo nel triennio 2019-2021.

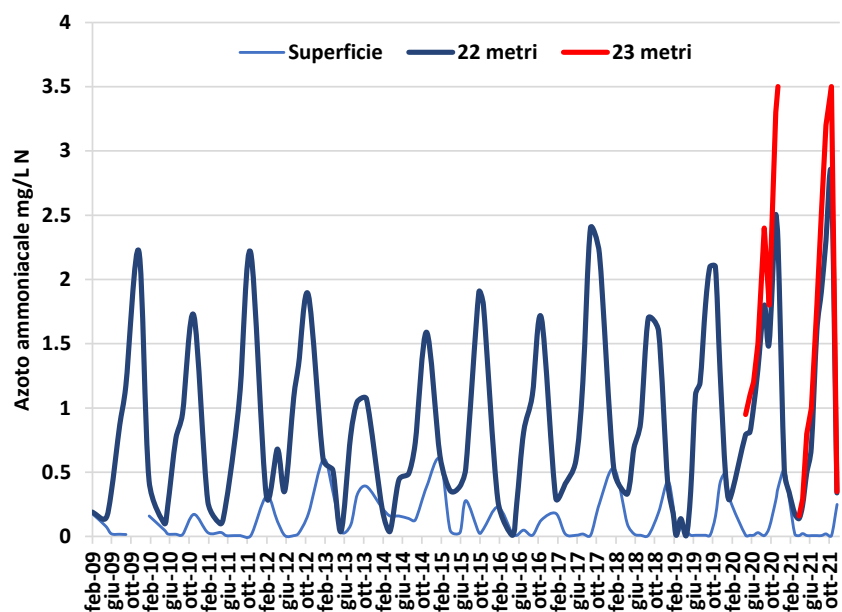


Figura 43. Lago di Varese: concentrazioni di azoto ammoniacale in superficie e in prossimità del fondo nel triennio 2019-2021.

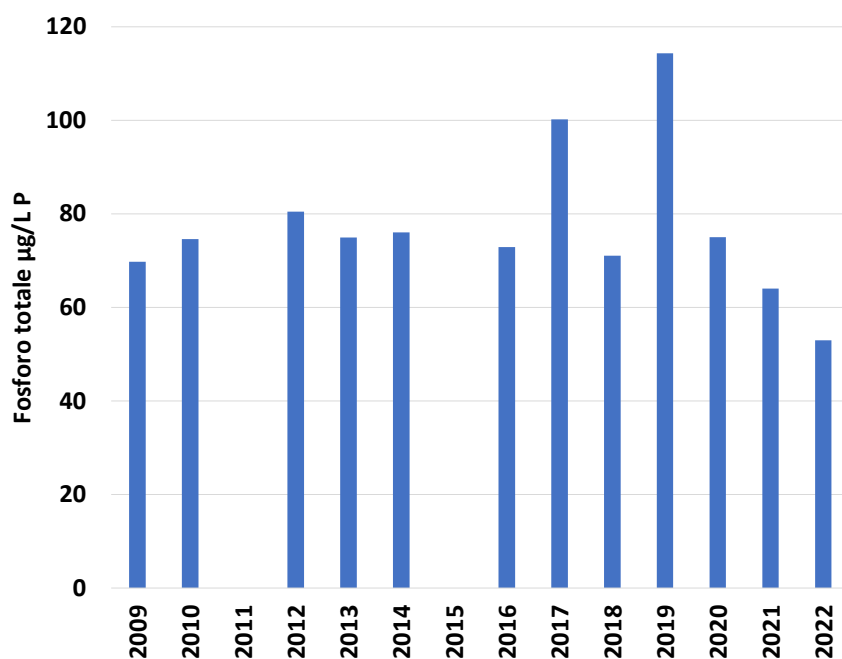


Figura 44. Lago di Varese: concentrazione del fosforo totale alla circolazione (media ponderata sui volumi) nei campionamenti dal 2009 al 2021 (non si dispongono dati validi per il 2011 e per il 2015; per il 2021 usato il dato di gennaio).

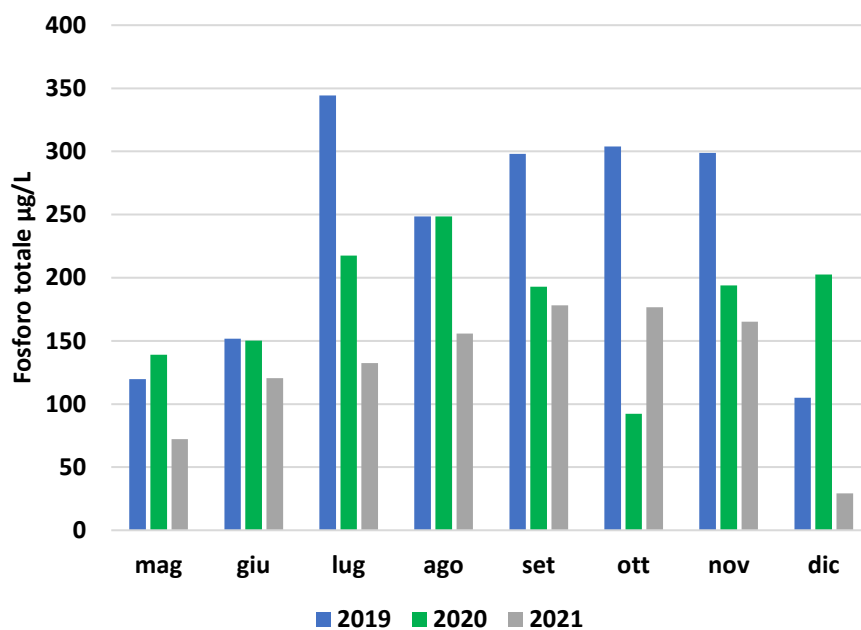


Figura 45. Fosforo totale medio nello strato 15 metri – fondo nel triennio 2019-2021.

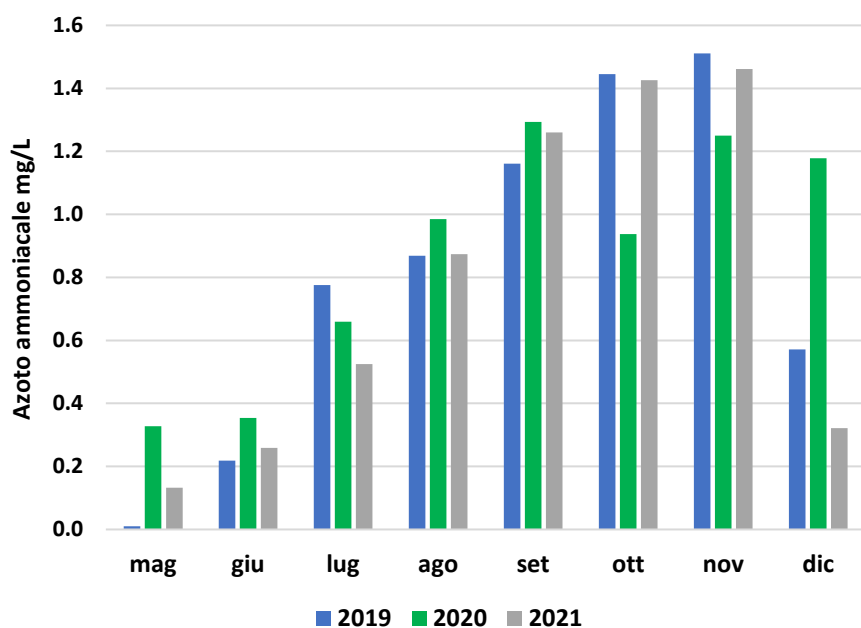


Figura 46. Azoto ammoniacale medio nello strato 15 metri – fondo nel triennio 2019-2021.

Tabella 5. Lago di Varese: concentrazioni medie annue ponderate sui volumi di azoto e fosforo. Le medie del 2020 sono state calcolate su un numero minore di campagne (10) in quanto le misure sanitarie legate alla pandemia da COVID-19 non hanno reso possibile i campionamenti nei mesi di marzo e aprile 2020.

Parametro	2019	2020	2021
Fosforo totale ($\mu\text{g/l P}$)	77	68	40
Ortofosfato ($\mu\text{g/l P}$)	62	47	33
Azoto Totale (mg/l N)	1393	1227	1316
Azoto nitrico (mg/L N)	0,256	0,172	0,217
Azoto ammoniacale (mg/l N)	0,223	0,288	0,219

Trasparenza

La trasparenza media nel 2021 è inferiore rispetto a quella del biennio precedente e pari a 3,6 metri. Per calcolarla sono stati utilizzati anche i dati raccolti in corrispondenza delle campagne di prelievo per la manutenzione dei sensori della boa, per un totale di 18 misurazioni. Il confronto con la serie storica può essere effettuato solo utilizzando i mesi comuni tra i vari anni, considerando cioè solo gli stessi mesi che sono stati campionati nel periodo 2009-2018 in cui la frequenza di monitoraggio è stata minore (Figura 47). La media 2021 è risultata inferiore a quella del biennio precedente e in linea con quella del periodo 2016-2018.

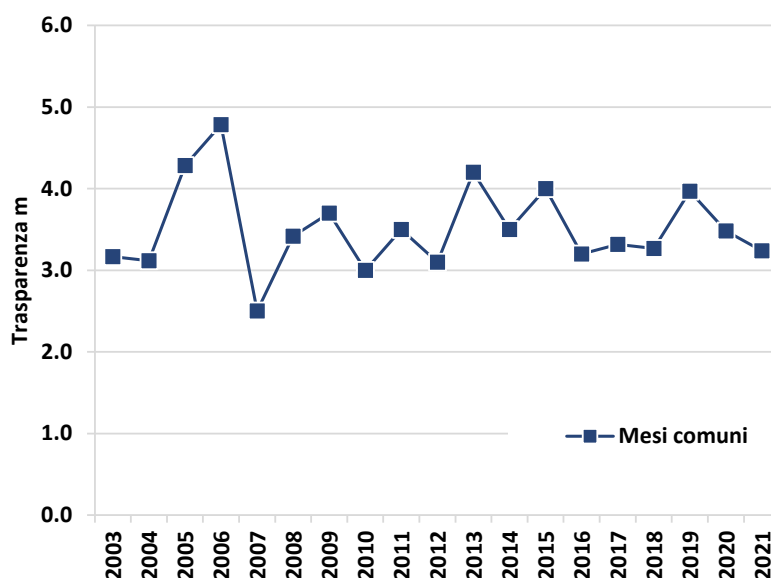


Figura 47. Lago di Varese: andamento della trasparenza media annua nella stazione di Biandronno nel periodo 2003-2021. Sono confrontati i valori calcolati considerando solo i mesi comuni tra i vari anni.

Fitoplancton

La Figura 48 riporta l'andamento del biovolume complessivo relativo alla zona eufotica e delle due classi algali principali nel triennio 2019-2021.

Nel 2021 il massimo sviluppo in termini di biovolume si è verificato durante la stagione estiva, con i cianobatteri che a settembre hanno dato luogo ad una massiccia fioritura algale su gran parte del lago con la specie *Limnolophus robusta*, fenomeno perdurato fino alla fine del mese.

A inizio ottobre la popolazione di *L. robusta* si è ridotta considerevolmente, mentre un altro cianobatterio, *Woronichinia naegeliana*, è divenuto la specie più abbondante. Nel periodo successivo *W. naegeliana* ha dato luogo all'episodio di fioritura algale più significativo dell'anno, molto esteso e duraturo che ha interessato il lago nei mesi di ottobre e novembre, con zone di accumulo molto evidenti. I campioni di novembre e dicembre indicano una proliferazione algale decisamente superiore rispetto alla media del periodo.

Nonostante quello che ci si potrebbe aspettare in base alle caratteristiche trofiche del lago e a quanto osservato in campo, il biovolume medio annuo del 2021 si è attestato sui 2.200 mm³/m³, valore non particolarmente elevato e in linea con quanto riscontrato nel biennio precedente.

Si fa comunque presente come in entrambe le fioriture algali le specie coinvolte abbiano dato luogo ad accumuli molto superficiali, che hanno interessato i primi centimetri della colonna d'acqua. Per questo motivo i campioni integrati raccolti, rappresentativi dei primi 4-5 metri circa, hanno fornito una sottostima del biovolume del fitoplancton osservato in superficie, così come le corrispondenti concentrazioni di clorofilla sono risultate sicuramente inferiori a quelle superficiali (Tabella 6).

*Tabella 6. Lago di Varese: concentrazioni di clorofilla *a* misurate in HPLC a diverse profondità in occasione degli episodi di fioritura algale più significativi riscontrati nel 2021 (dati forniti dal CNR-IRSA di Verbania).*

Data	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)		
	Superficie	1 metro	Integrato
07/09/2021	159	11	11
09/11/2021	9492	5	10

Nella zona eufotica del lago l'ortofosfato e le diverse forme di azoto inorganico sono stati spesso inferiori al limite di quantificazione, limitando lo sviluppo algale. La concentrazione di azoto inorganico è stata inferiore ai 100-150 µg/L N, soglia al di sotto della quale questo elemento diviene limitante indipendentemente dal suo rapporto con l'ortofosfato (Reynolds, 1997), in modo continuativo a partire dal mese di giugno fino alla piena circolazione di dicembre. Come già riscontrato negli anni precedenti, oltre al fosforo quindi anche l'azoto sembra giocare un ruolo nel limitare lo sviluppo del fitoplancton nel lago di Varese a vantaggio di cianobatteri in grado di fissare l'azoto atmosferico come *L. robusta*.

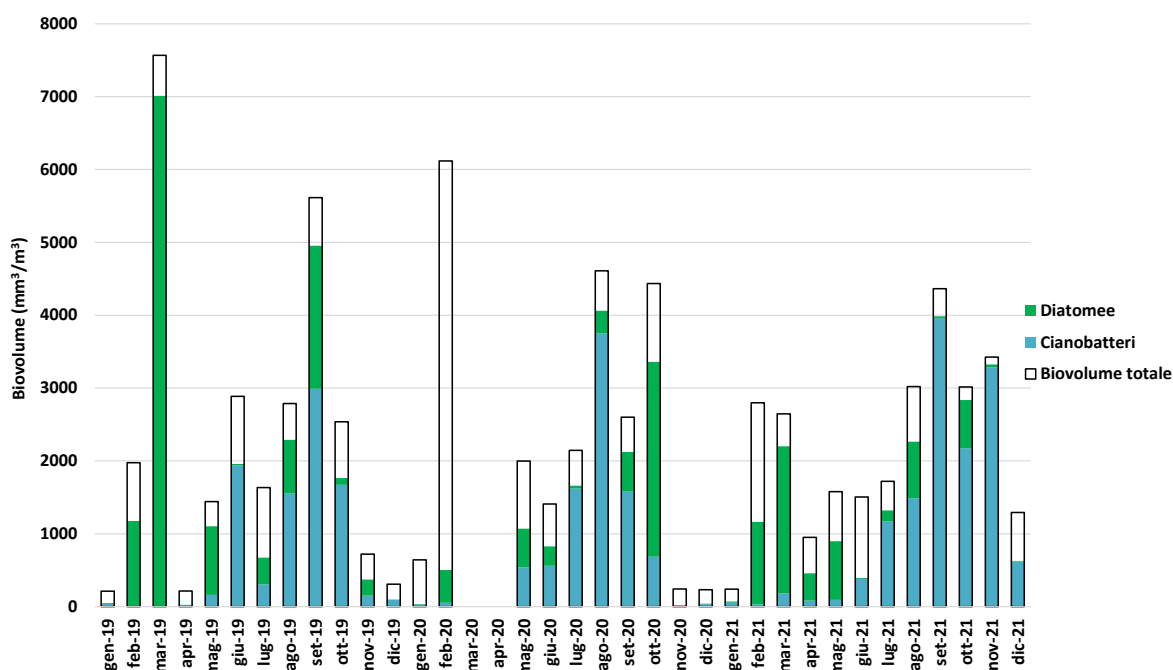


Figura 48. Andamento del biovolume complessivo della comunità fitoplanctonica e delle due principali classi algali che la compongono nella stazione di Biandronno nel triennio 2019-2021.

L'indice IPAM è basato sui valori medi annui di clorofilla *a*, sul biovolume medio della comunità fitoplanctonica e sulla sua composizione in specie. L'IPAM viene calcolato per ciascun anno di monitoraggio, ma il corpo idrico viene classificato alla fine di ciascun triennio utilizzando la media dei risultati annuali.

In Tabella 7 si riportano i valori dell'IPAM e delle singole metriche che lo compongono, espresse come concentrazione e RQE (rapporto di qualità ecologica), per il periodo 2009-2021. In Tabella 8 sono riportati i valori medi di IPAM e la relativa classificazione di stato nei 4 trienni di monitoraggio disponibili. L'applicazione dell'IPAM restituisce un giudizio sufficiente anche nel 2021, cui contribuisce soprattutto la metrica relativa alla composizione della comunità fitoplanctonica.

Tabella 7. Fitoplancton: valori delle metriche, espresse sia come concentrazioni che come RQE normalizzato, e valori di IPAM dal 2009 al 2020 nella stazione di campionamento del lago di Varese (*: limite stato buono/sufficiente).

Corpo idrico	Anno	Clorofilla <i>a</i>		Biovolume medio		PTIot		IPAM	Stato
		µg/L (7,30*)	RQEn	mm³/L (2,30*)	RQEn	3,01*	RQEn		
Lago di Varese	2009	9,4	0,50	2,88	0,54	2,81	0,49	0,50	SUFFICIENTE
	2010	14,1	0,37	4,62	0,44	2,77	0,46	0,43	SUFFICIENTE
	2011	9,0	0,52	5,23	0,42	3,17	0,68	0,58	SUFFICIENTE
	2012	10,0	0,48	3,65	0,48	2,62	0,38	0,43	SUFFICIENTE
	2013	7,8	0,57	4,09	0,46	3,02	0,60	0,56	SUFFICIENTE
	2014	13,4	0,39	3,79	0,47	2,16	0,19	0,31	SCARSO
	2015	6,72	0,62	1,37	0,70	2,93	0,55	0,61	BUONO
	2016	5,72	0,67	1,73	0,65	2,82	0,49	0,58	SUFFICIENTE
	2017	11,38	0,44	3,30	0,50	2,41	0,26	0,36	SCARSO
	2018	5,52	0,68	2,10	0,62	2,39	0,25	0,45	SUFFICIENTE
	2019	5,48	0,68	2,32	0,60	2,60	0,37	0,50	SUFFICIENTE
	2020	7,63	0,58	2,44	0,58	2,56	0,34	0,46	SUFFICIENTE
	2021	9,37	0,50	2,21	0,61	2,47	0,29	0,42	SUFFICIENTE

Tabella 8. Valori medi di IPAM e relativa classificazione di stato del fitoplancton nei trienni di monitoraggio del lago di Varese.

Corpo idrico	Triennio	IPAM	Giudizio
Lago di Varese	2009-2011	0,50	SUFFICIENTE
	2012-2014	0,43	SUFFICIENTE
	2014-2016	0,50	SUFFICIENTE
	2017-2019	0,44	SUFFICIENTE

Sostanze inquinanti nelle acque

Nel 2021 sono state ricercate le stesse sostanze inquinanti selezionate nel 2020 appartenenti alle classi: idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti perfluorati (PFAS) e metalli. Tra i pesticidi si sono ricercati glifosate e AMPA.

Tra gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** il naftalene è la sostanza che ha superato con frequenza maggiore il LOQ, mentre antracene e fluorantene sono stati rinvenuti una sola volta. Complessivamente gli idrocarburi analizzati hanno rispettato gli standard di qualità ambientale (SQA) stabiliti dal D.Lgs.172/2015.

Tra i **metalli** analizzati non si sono osservati superamenti del LOQ.

Tra i **pesticidi**, il glifosate ha mantenuto concentrazioni quasi sempre inferiori al LOQ, superandolo solo in tre occasioni; l'AMPA invece ha dato luogo a numerosi riscontri. Complessivamente i pesticidi analizzati hanno rispettato gli standard di qualità ambientale (SQA) stabiliti dal D.Lgs.172/2015.

Per quanto riguarda i **PFAS**, il numero di campagne previsto è aumentato rispetto al 2020 passando a una frequenza bimestrale. È stato rinvenuto in tutti i campioni solo l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) con un massimo di 0,0019 µg/L a ottobre. Analogamente agli anni precedenti i **PFOS** superano l'SQA-MA (pari a 0,00065 µg/L), nonostante le singole concentrazioni siano invece decisamente inferiori allo SQA-CMA (pari a 36 µg/L).

Sostanze inquinanti nei sedimenti

La prima campagna di campionamento si è svolta nel 2019 avendo campionato i sedimenti in tre punti del lago (in corrispondenza con le stazioni di Arpa Lombardia).

Per quanto riguarda la concentrazione di microinquinanti organici nella Tabella 9 sono riportati i risultati relativi all'analisi dei DDT e dei PCB e della sostanza organica (valutata come Loss on Ignition % - LOI) che sono stati analizzati in tre campioni di sedimento: uno (A) prelevato in prossimità dell'impianto di emunzione ipolimnica, un secondo (AQST2) e un terzo (AQST1) in corrispondenza delle stazioni di campionamento aggiuntive individuate da ARPA.

Tabella 9. Concentrazioni (ng/g p.s.) di congeneri e isomeri di PCB e DDT nei sedimenti prelevati in prossimità dell'impianto di emunzione ipolimnica (A) e nei punti ASQT1 e ASQT2 e relativo contenuto percentuale di sostanza organica ottenuto come LOI % (Loss on Ignition).

Stazione	A	AQST2	AQST1	Stazione	A	AQST2	AQST1
LOI %	10,1	9,8	10,5	LOI %	10,1	9,8	10,5
PCB 18	2,50	1,36	1,98	o,p' DDD	1,4	1,01	1,39
PCB 28+31	0,80	0,32	0,26	p,p' DDD	0,08	0,55	1,33
PCB 52	0,23	0,45	0,36	o,p' DDE	1,9	0,61	1,12
PCB 44	0,87	0,21	0,39	p,p' DDE	3,8	2,6	2,21
PCB 101	0,23	0,48	0,50	o,p' DDT	0,75	1,05	1,01
PCB 149	1,10	0,90	0,82	p,p' DDT	0,56	0,27	0,85
PCB 118	0,45	0,18	0,16	DDT Totale	8,49	6,09	7,91
PCB 153	2,66	1,01	0,88				
PCB 138	5,78	4,18	5,35				
PCB 180	3,50	2,52	2,34				
PCB 170	0,08	0,28	0,14				
PCB 194	1,10	0,61	0,55				
PCB 209	0,90	0,65	0,55				
PCB Totale	21,52	15,15	16,28				

I dati evidenziano un contenuto particolarmente elevato di sostanza organica in tutte le stazioni campionate, e una lieve maggiore contaminazione del sito A sia per i PCB sia per i DDT. Tra i PCB si sottolinea la concentrazione maggiore in tutti e tre i campioni dei PCB 138, 180 e 153; tra i DDT il pp' DDE è il prodotto di degradazione maggiormente rilevato. Si evidenzia inoltre la bassa concentrazione del composto parentale pp' DDT.

Bioaccumulo nei pesci

La prima campagna di campionamento si è svolta nel 2019 analizzando due specie di pesci pescate dai pescatori di professione del Lago di Varese.

A causa della pandemia purtroppo le indagini sui pesci sono state riprese nel 2021 quando si sono potuti nuovamente pescare i pesci delle due specie e caratterizzarli per DDT, PCB e PFAS.

Sono stati campionati il pesce persico (di interesse anche edibile da parte della popolazione) e il gardon. Il campionamento è stato svolto da pescatori di professione, in tre momenti stagionali e analizzati in pool (6 esemplari per specie a marzo 2021, 3 esemplari per specie a luglio 2021 e 3 esemplari per specie a novembre 2021).

Questa campagna di campionamento è avvenuta dopo un congruo periodo dall'attivazione del prelievo ipolimnico per evidenziare eventuali cambiamenti dei livelli di contaminazione nelle matrici considerate, anche a seguito di risospensione fisica dei sedimenti accumulati nella zona più profonda del lago.

I pesci analizzati sono stati scelti in base alle dimensioni e età paragonabili.

Tutti i pesci sono stati sfilettati e analizzati presso l'università degli Studi dell'Insubria.

Ad ogni campionamento una parte del campione di muscolo è stato mantenuto congelato a -20°C per le analisi dei PFAS mentre l'altra parte è stata liofilizzata. Di questa una porzione è stata utilizzata per le analisi qui riportate e l'altra porzione consegnata come da accordi al CNR IRSA di Verbania Pallanza. I composti prioritari analizzati sono stati: il p,p'-DDT e i due metaboliti p,p'-DDE e p,p'-DDD

e i rispettivi isomeri o,p'- e 14 congeneri di policlorodifenili (PCB). Per tutti i composti il limite di rilevabilità analitica è pari a 0,1 ng g⁻¹ di peso secco. I campioni, dopo liofilizzazione, sono stati pesati per la determinazione del peso secco e sottoposti ad estrazione mediante estrattore Soxhlet utilizzando una miscela di acetone-n-esano (1:1 v/v) in un ditale di microfibra di vetro (19x9x90 mm, Whatman, England). L'estratto concentrato di ciascun campione è stato purificato ed analizzato in GC con ECD utilizzando per la quantificazione uno standard esterno preparato a partire dai singoli composti in isooctano. La misura della frazione lipidica è stata effettuata mediante determinazione gravimetrica sul campione estratto, essiccato sotto flusso di azoto e portato a peso costante. Le percentuali lipidiche dei pesci sono riportate in tabella. Le analisi sono state effettuate in GC con ECD con il metodo dello standard esterno.

Per quanto riguarda i 12 PFAS: Acidi Perfluoro Carbossilici (PFBA Acido perfluoro-butanoico, PFPeA Acido perfluoropentanoico, PFHxA Acido undecafluoro-esanoico, PFHpA Acido perfluoroheptanoico, PFOA Acido perfluoro-ottanoico; PFNA Acido perfluoro-nonanoico; PFDA Acido perfluoro-decanoico; PFUnA Acido perfluoro-undecanoico; PFDaA Acido perfluoro-dodecanoico) - Acidi Perfluoro Solfonici (PFBS Acido perfluoro butan-solfonico; PFHxS Acido perfluoro esan-solfonico; PFOS Acido perfluoro ottan-solfonico)

Per la determinazione del PFAS nei filetti dei pesci, pochi grammi di campioni sono stati omogeneizzati, pesati in una provetta da centrifuga in polipropilene (PP) da 50 mL e addizionati con 100 µL di soluzione di standard interni marcati con isotopi stabili, SIL (40 µg/L) prima dell'estrazione. L'estrazione è avvenuta per sonicazione con acqua acidificata e soluzione di acetonitrile e successiva purificazione con MgSO₄/NaCl. Per rimuovere i fosfolipidi, gli estratti evaporati ridotti (1 mL) sono stati filtrati attraverso cartucce HybridSPE®Phospholipid Ultra. PFAS nell'estratto è stato determinato mediante cromatografia liquida spettrometria di massa tandem (UHPLC-MS/MS) accoppiata a una cromatografia a flusso turbolento (TFC) per la purificazione in linea degli estratti. Per ogni lotto di estrazione è stato eseguito un bianco procedurale. I LOQ variano da 0,01 a 0,1 ng/g p.f. per i diversi congeneri. L'estrazione del sedimento liofilizzato (2-10 g), dopo omogeneizzazione e additivazione con SIL, è stata eseguita mediante sonicazione con miscela ACN/H₂O potenziata mediante salatura e acidificazione. Gli estratti sono stati evaporati a 1 mL e filtrati prima dell'iniezione. Gli analiti sono stati determinati mediante cromatografia liquida spettrometria di massa tandem (HPLC-MS/MS) accoppiata a una cromatografia a flusso turbolento (TFC) in linea per la purificazione in linea degli estratti. I LOQ variano da 0,001 a 0,020 ng/g p.s. a seconda del composto.

In Tabella 10 sono riportati i principali risultati ottenuti dalle analisi 2021 nei diversi periodi di campionamento; le concentrazioni dei contaminanti sono il totale dei singoli congeneri/isomeri ed espressi in ng/g p.s. per DDT e PCB, e n/g p.f. per PFAS; sono riportati anche i dati precedenti per eventuali confronti.

Purtroppo, non si è proceduto nel 2020 ad un ulteriore campionamento dei pesci per problemi connessi alla pandemia da Covid e alla chiusura degli spazi di stoccaggio in università.

Per il 2021 le analisi di entrambe le specie di pesci hanno evidenziato che la contaminazione più elevata è determinata dai PCB, soprattutto in *Rutilus rutilus*. Si sottolinea una discreta contaminazione da DDT (dovuta alla presenza particolarmente elevata del prodotto di degradazione pp'DDE), ma da questi dati non si è ancora in grado di parlare di stagionalità della contaminazione.

Tabella 10. Concentrazioni (ng/g p.s.) di PFAS totali, PCB totali e DDT totali nelle due specie di pesci analizzate nel periodo 2019-2021.

Specie	data	% grassi	PFAS tot ng/g p.f.	DDT tot ng/g p.s	PCB tot ng/g p.s
<i>Perca fluviatilis</i>	18/07/2019	4,7	19,6	6,5	70,9
	06/10/2019	2,7	2,9	10,6	48,5
	03/02/2020	2,5	5,2	7,6	59,7
	21/03/2021	2,9	14,7	7,3	55,4
	05/07/2021	5,2	20,5	9,1	69,8
	18/10/2021	3,0	2,7	6,7	44,2
<i>Rutilus rutilus</i>	18/07/2019	4,7	10,8	9,76	129,75
	06/10/2019	4,1	3,6	7,28	114,11
	03/02/2020	3,3	6,4	8,02	121,93
	21/03/2021	3,1	13,5	7,0	81,4
	05/07/2021	3,9	10,8	10,8	133,0
	18/10/2021	4,3	3,8	9,12	49,7

Microcistine nei pesci

Per quanto riguarda la determinazione delle **microcistine nella fauna ittica** benché non fossero state osservate concentrazioni misurabili si era deciso di proseguire con le analisi anche per il 2021. Tuttavia, a causa della situazione COVID i campioni sono stati prelevati in ritardo e le analisi sono ancor in corso si prevede di completare le analisi nel giro di 3 mesi.

Analisi microbiologiche e metagenomiche

Nell'ottica del continuum ecologico tra il lago di Varese, il fiume Bardello e il Lago Maggiore, i dati e i risultati relativi a queste analisi sono presentati e discussi per omogeneità insieme agli stessi dati presentati per il fiume Bardello e il Lago Maggiore (Azione B.1.3)

Attività previste

Le **attività B.1.2 e B.1.3** prevedevano la definizione del microbioma totale del Lago di Varese, del Fiume Bardello, e della zona di immissione del Bardello nel Lago Maggiore presso Ispra, da effettuarsi con tecniche citometriche, di microscopia, e di analisi molecolare di ultima generazione. Accanto alla composizione della comunità microbica prima e dopo l'attivazione del prelievo ipolimnico si è previsto il concomitante studio della presenza nel microbioma e del rischio associato ad essa dei geni di resistenza agli antibiotici e ai metalli pesanti (resistoma). Al tempo stesso ci si è focalizzati sulla presenza di potenziali batteri patogeni, anche non considerati dalle normative (il cosiddetto patobioma), ed il rischio che questi siano associati allo sviluppo di resistenze negli ambienti descritti, con particolare attenzione all'impatto potenziale delle attività di prelievo ipolimnico. Tutte le attività di campo di sono concluse nel rispetto degli obiettivi previsti, così come le attività di wet-lab. Le analisi statistiche dei dati sono a buon punto (manca ancora la definizione del rischio legato alla metallo resistenza) e saranno completate entro l'estate 2023.

Attività svolte e risultati

La quantificazione del numero di batteri presenti nei diversi campioni è stata effettuata mensilmente per tutte le stazioni previste (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) ed ha dimostrato come n el periodo post prelievo ipolimnico (PI) il numero di cellule batteriche al fondo del Lago di Varese sia sensibilmente diminuito, mentre sia aumentato sia in superfici nel Lago, che lungo l'asta del Bardello, principalmente in corrispondenza dello scarico del PI, senza peraltro avere un impatto significativo sul numero di batteri presenti nel Lago Maggiore.

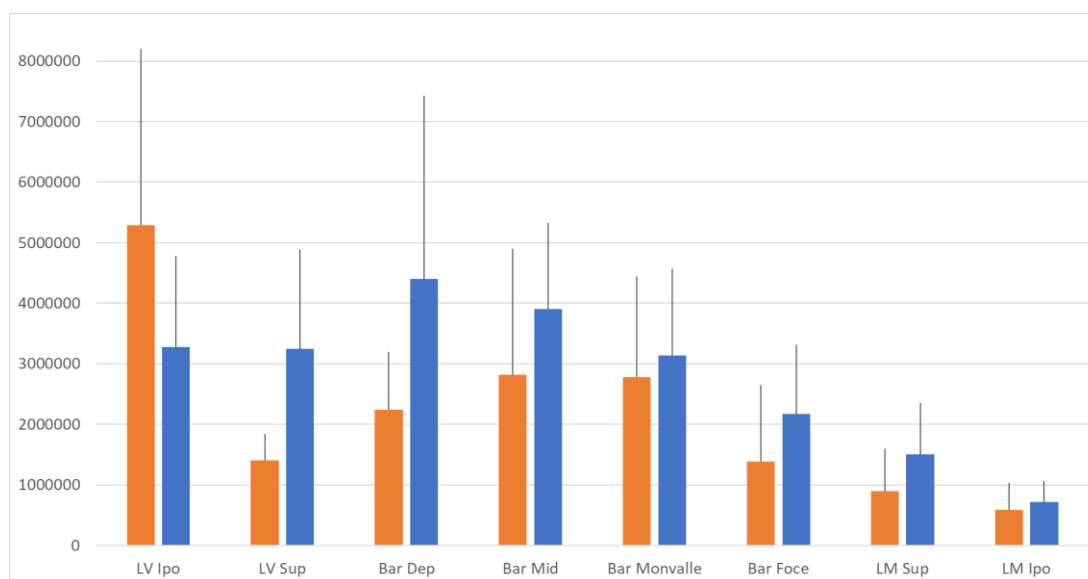


Figura 49. Valori medi di abbondanza batterica nel periodo 2019-2021 nelle diverse stazioni campionate, in azzurro il periodo pre PI, in arancione il periodo post PI.

Questo trend è confermato dall'aumento di batteri filamentosi nella stazione post scarico del PI (Bar Dep), probabilmente anossici, che comunque vanno poi a ridursi e praticamente a scomparire già nelle ultime stazioni sul fiume stesso. Questi batteri di fatto non sembrano aver causato un impatto sulle comunità microbiche del Fiume Bardello, né tantomeno su quelle del Lago Maggiore.

La composizione delle comunità batteriche (Figura 50) è, su grandi linee definita per gruppi di interesse. Si può vedere che il PI non ha avuto un grande effetto su di esse, andando ad impattare il Fiume Bardello, di per se già enormemente disturbato da varie attività di origine antropico (inclusi gli scarichi di vari impianti di trattamento di medie e piccole dimensioni) che, di fatto, ne determinano la composizione microbica. E' interessante notare come la presenza di un abbondante e variegato gruppo di cianobatteri nel Lago Maggiore sia correlato all'assenza di bloom degli stessi, mentre nel più produttivo Lago di Varese le stesse fioriture incontrollate sono più probabili proprio in assenza di competitori naturali.

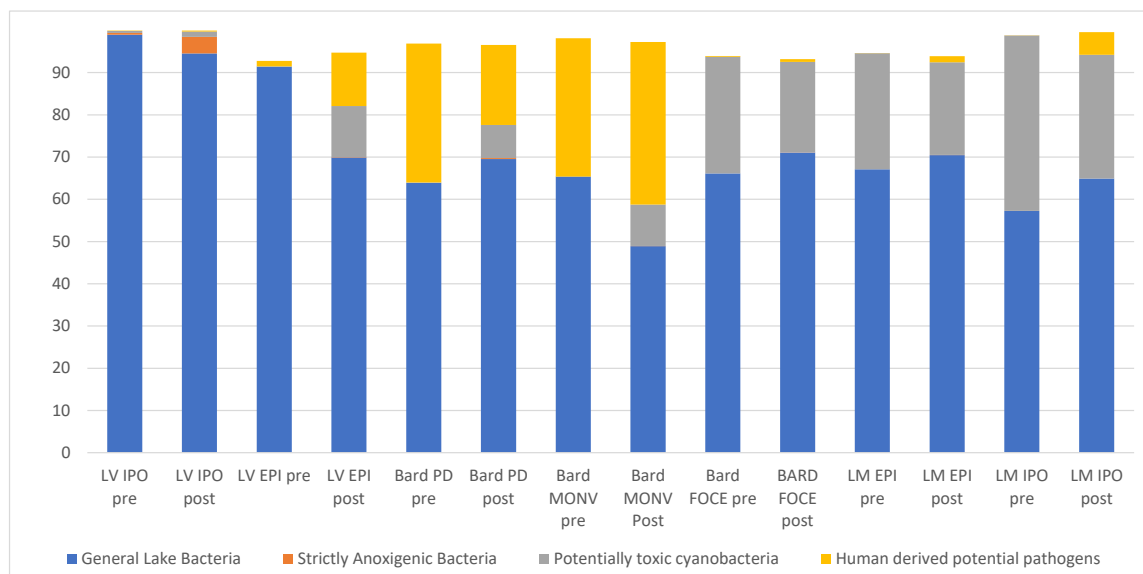


Figura 50. Composizione delle comunità batteriche nel periodo 2019-2021 nelle diverse stazioni campionate.

Nel dettaglio possiamo comunque valutare il limitato effetto del PI sui principali gruppi batterici tipici dei laghi subalpini (Figura 51).

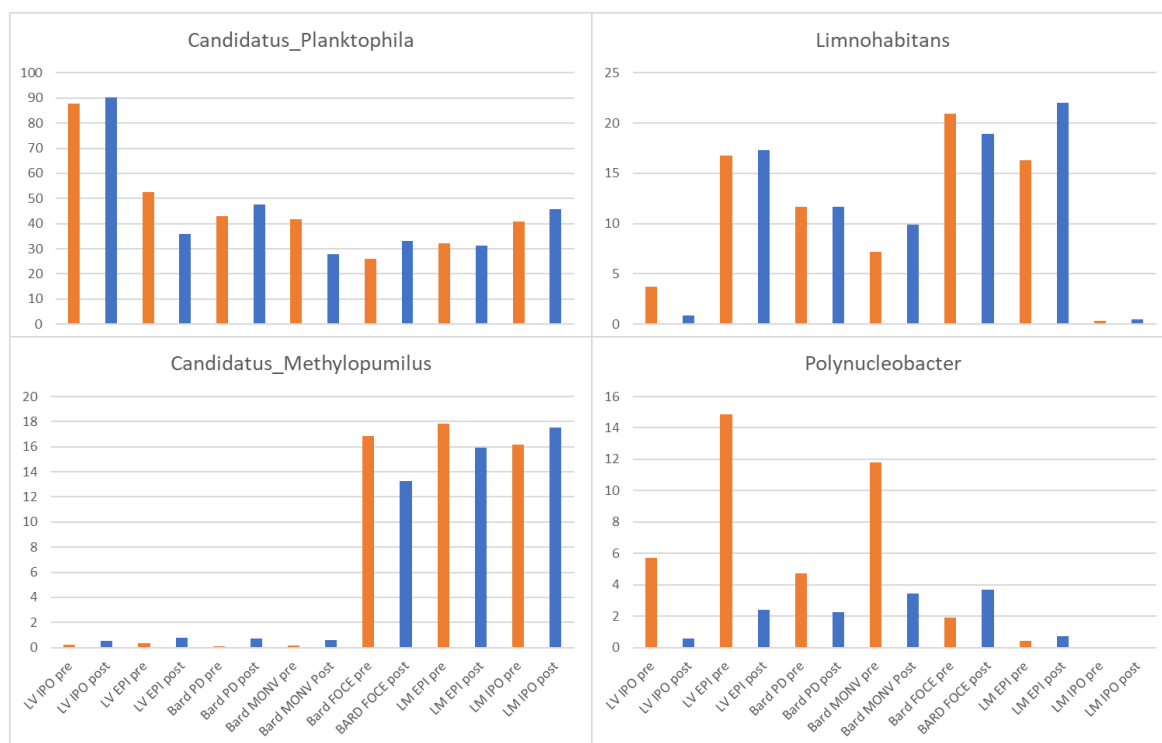


Figura 51. Presenza di particolari gruppi batterici tipici dei laghi subalpini, nel periodo 2019-2021 nelle diverse stazioni campionate.

Su valori più bassi si vede un impatto modulare del PI sui gruppi batterici che comprendono potenziali patogeni umani (Figura 52). Mentre alcuni sono diminuiti nel periodo post PI, altri hanno visto trend inversi. Questo non è dovuto ad un loro inserimento diretto dagli strati profondi del Lago di Varese. Alcuni gruppi (Escherichi, Bacteroides) hanno semplicemente sofferto la diluizione dello scarico dell'impianto di Gavirate imposta dal concomitante scarico del PI. Altri invece, come Pseudomonas o Acinetobacter, hanno tratto giovamento dall'ulteriore disturbo causato dallo scarico del PI ed, essendo gruppi batterici opportunisti, hanno ottimizzato il disturbo delle condizioni pregresse. Questo si è visto, forse per altre ragioni, anche in superficie nel Lago di Varese, un ambiente ancora oggi lontano da una sua stabilità ecologica.

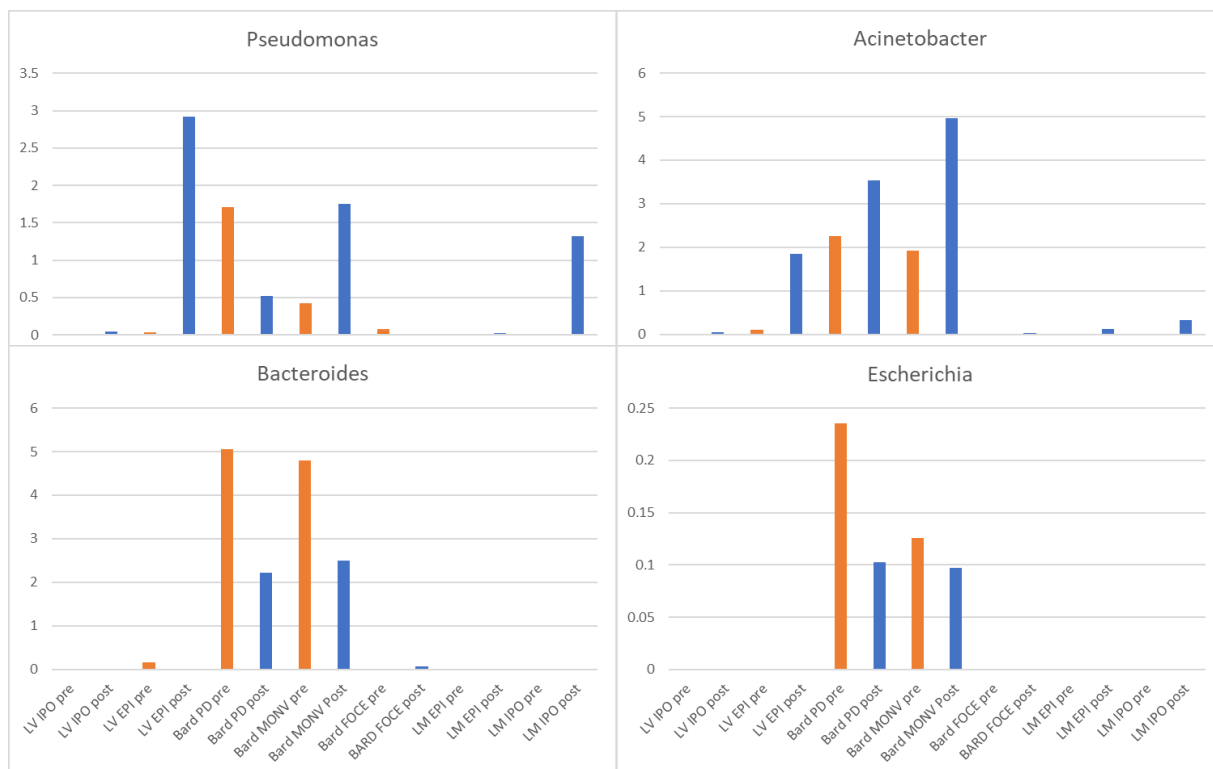


Figura 52. Presenza di gruppi batterici che comprendono potenziali patogeni umani, nel periodo 2019-2021 nelle diverse stazioni campionate.

Dal punto di vista dell'antibiotico resistenza il PI non ha portato a sconvolgimenti nei tre ambienti considerati. Nel Lago di Varese la situazione è rimasta comparabile sia in termini di antibiotico resistenza generale (Figura 53, sinistra), che di geni di particolare rischio per la salute umana (Figura 53, destra). L'evento estremo dell'autunno 2020 ha portato una forte immissione di acque "contaminate" dal bacino che ha causato una rapida impennata di resistenze, poi rapidamente rientrata con il naturale recupero del sistema naturale.

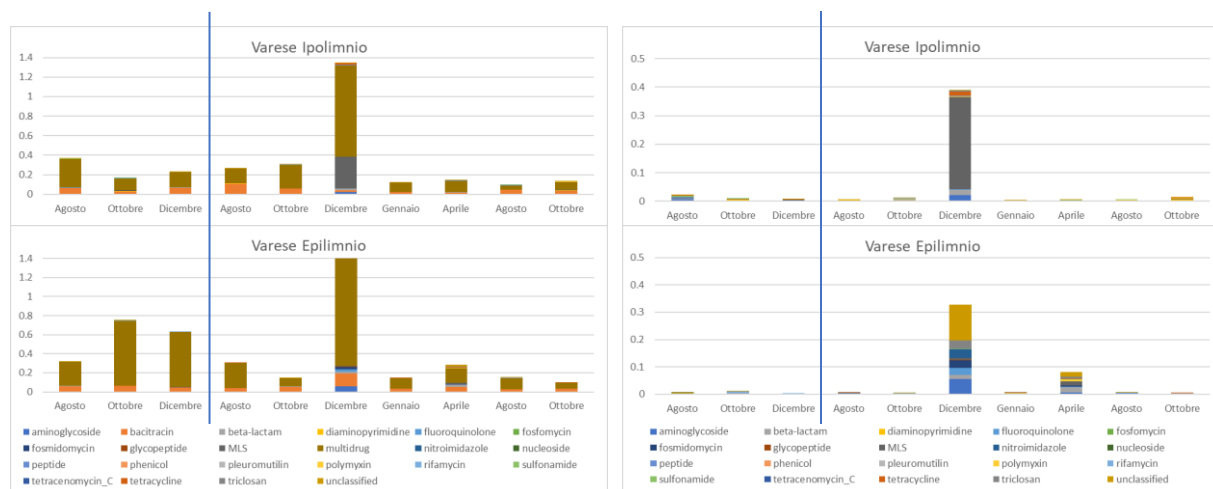


Figura 53. Andamento dell'antibiotico resistenza per gli anni 2020-2021 valutata sul lago di Varese. Nella figura a sinistra si riportano i valori di antibiotico resistenza generale, nella figura a destra i valori di geni con rischio per la salute umana.

Nel Fiume Bardello (Figura 54) lo scarico del PI ha portato ad una regolarizzazione della situazione che nel 2019, pre PI, era caratterizzata da una forte concentrazione di resistenze in estate, quando il fiume stesso era di fatto composto in gran parte dagli scarichi degli impianti di trattamento (principalmente Gavirate). L'attivazione del PI, regolarizzando la quantità di acqua proveniente dal Lago di Varese nel Bardello, ha smussato le differenze stagionali precedenti. Il Fiume Bardello resta comunque un ambiente fortemente contaminato, con la persistente e importante presenza di resistenze ad antibiotici appartenenti alle principali classi di utilizzo umano ed ospedaliero, incluse cefalosporine, macrolidi e chinolonici.

E' comunque confortante il fatto che malgrado l'elevato carico inquinante, il campione Bardello Foce, prelevato nel Lago Maggiore a circa 100 metri dallo sbocco del Bardello, è di fatto quasi libero da resistenze, specialmente da resistenze pericolose per l'uomo, che probabilmente sono ospitate in batteri di origine umana/fecale che hanno enormi difficoltà a sopravvivere in un ambiente oligotrofo ed estremamente stabile come il Lago Maggiore.

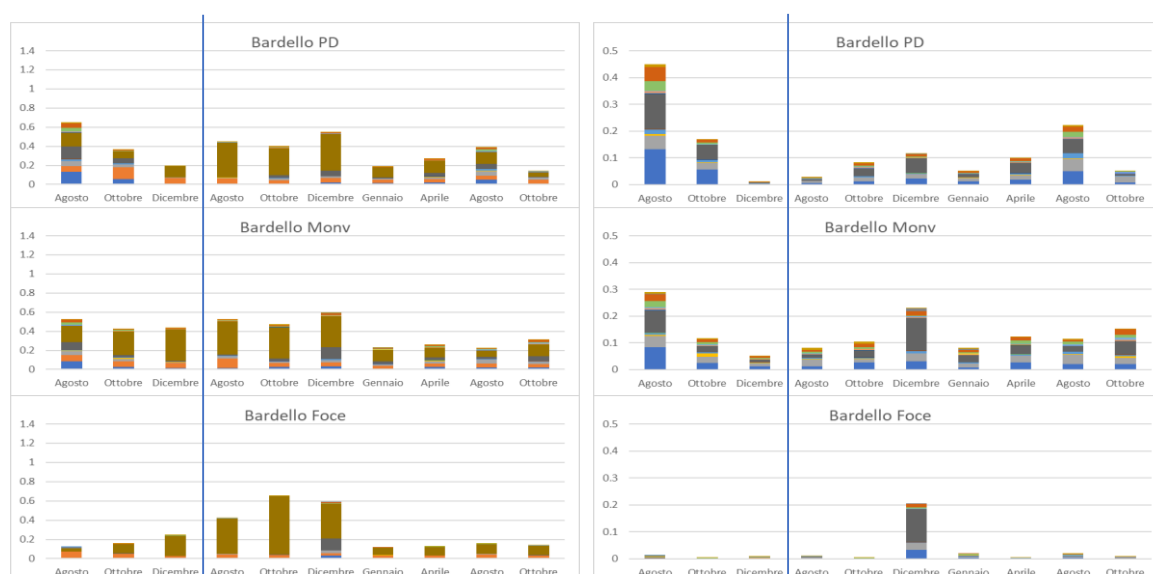


Figura 54. Andamento dell'antibiotico resistenza per gli anni 2020-2021 valutata sul fiume Bardello. Nella figura a sinistra si riportano i valori di antibiotico resistenza generale, nella figura a destra i valori di geni con rischio per la salute umana.

Infine, il Lago Maggiore, si mantiene con livelli estremamente bassi di resistenza, a conferma della buona qualità delle sue acque. Il PI non ha di fatto avuto alcun impatto in questo senso. Il picco di resistenze, anche pericolose per l'uomo, misurate nel dicembre 2020 conferma come anche in questo ambiente l'impatto di scarichi incontrollati in occasione di eventi meteorologici estremi sia un problema, e dovrebbe essere controllato attraverso attività specifiche.

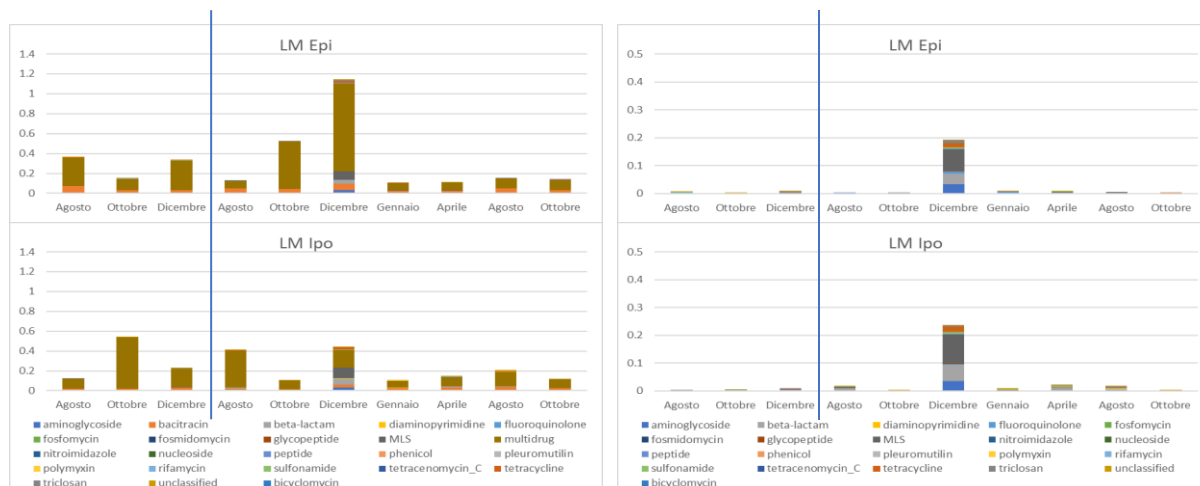


Figura 55. Andamento dell'antibiotico resistenza per gli anni 2020-2021 valutata sul lago Maggiore. Nella figura a sinistra si riportano i valori di antibiotico resistenza generale, nella figura a destra i valori di geni con rischio per la salute umana.

In conclusione, le attività di PI hanno sicuramente disturbato la comunità microbica del Fiume Bardello, senza per questo peggiorarne le caratteristiche, che erano già di per sé pessime in precedenza, ma semmai rendendo più costanti le portate e soprattutto l'apporto di acque lacustri, ha creato la condizione necessaria, insieme ad un migliore controllo e ad una forte riduzione degli apporti antropici, per il recupero del corpo idrico a condizioni ecologicamente sostenibili.

L'impatto sul Lago di Varese è ancora estremamente limitato, ed andrà valutato solo quando il rapporto tra i diversi nutrienti sarà modificato in modo più stabile. Sicuramente l'anomalo aumento di bloom cianobatterici superficiali nel 2021 potrebbe essere relazionabile all'instabilità introdotta ed essere sintomo di comunità microbiche che stanno "muovendosi" da uno stato pregresso ad uno nuovo. È comunque troppo presto per trarre tale conclusione, sulla quale interferiscono le condizioni estremamente particolari del biennio 2020-21 sia dal punto di vista climatico/meteorologico che dal punto di vista di impatto antropico, con la pandemia ed il suo enorme impatto sulle attività umane.

ATTIVITÀ B.1.3

Monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi fisico-chimici e chimici, di sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza, descrizione della comunità batterica e presenza di potenziali patogeni nel fiume Bardello e nel lago Maggiore

Descrizione Attività

L'attività riguarda il monitoraggio degli elementi biologici (macroinvertebrati, diatomee, fauna ittica), degli elementi fisico-chimici di base e di altri elementi chimici sul fiume Bardello, allo scopo di verificarne l'evoluzione a seguito dell'immissione di acque ipolimniche del lago di Varese.

Con le medesime finalità, l'attività prevede l'individuazione di una stazione sul Lago Maggiore, nell'area influenzata dall'ingresso delle acque del fiume Bardello, dove effettuare il monitoraggio dei parametri chimico-fisici lungo il profilo verticale, oltre alle misure di trasparenza e clorofilla. Tra gli elementi biologici sono considerati il fitoplancton (analisi qualitativa o semi-quantitativa) e le diatomee bentoniche nell'area litorale.

L'attività comprende anche la ricerca nelle acque e/o nel biota delle sostanze prioritarie e dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza nel fiume Bardello e nel Lago Maggiore e le loro possibili variazioni in seguito alle attività di prelievo ipolimnico. Al tempo stesso attraverso le analisi metagenomiche per la ricerca di geni di resistenza si otterrà la prima descrizione tassonomica della comunità batterica del Fiume Bardello, e verrà identificata la presenza di ceppi potenzialmente patogeni lungo l'asta del fiume, e le potenziali sorgenti puntiformi di inquinamento.

Si prevede l'installazione di una stazione di misura delle portate nella sezione di chiusura del fiume Bardello.

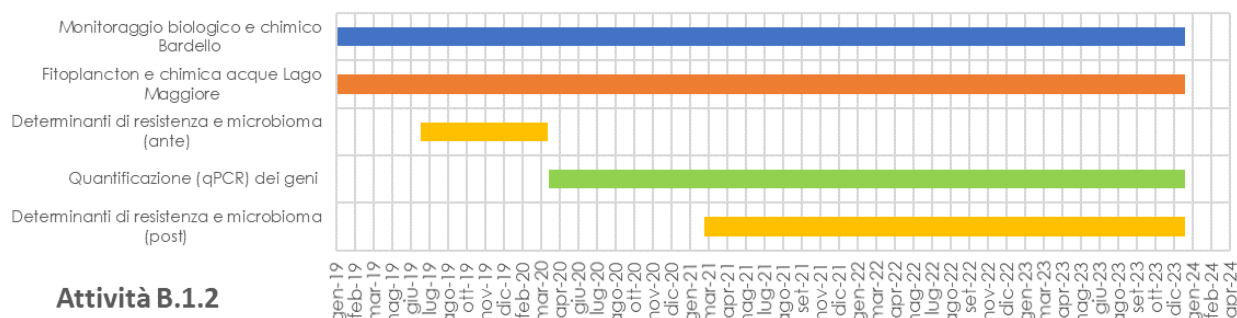
Nel 2019 saranno effettuati campionamenti indicativamente mensili per i parametri fisico-chimici di base. La frequenza per i parametri biologici è stabilita in base alla comunità da monitorare.

Relativamente al monitoraggio dei determinanti di resistenza e del microbioma del fiume, nel primo anno di indagine saranno effettuati campionamenti trimestrali all'uscita dal lago di Varese, allo scarico dell'effluente dell'impianto di trattamento di Gavirate ed alla foce nel lago Maggiore: si effettueranno analisi metagenomiche dei campioni e descrizione della comunità batterica residente (microbioma) e dei geni di resistenza (resistoma); saranno selezionati i 10-15 geni che presentano particolare criticità (in accordo con i dati ottenuti dall'attività B.1.2). Nel secondo anno si prevedono la quantificazione (qPCR) dei geni selezionati e il monitoraggio bimestrale degli stessi. Nel terzo anno sarà effettuata la valutazione trimestrale dei cambiamenti avvenuti nel microbioma e nel resistoma del fiume Bardello in seguito alle operazioni di prelievo attraverso tecniche metagenomiche.

Soggetto Attuatore

ARPA Lombardia, Regione Lombardia, CNR-IRSA Verbania

Cronoprogramma attività



Sintesi delle attività svolte

Sul fiume Bardello il monitoraggio degli elementi biologici e dei parametri fisico-chimici e chimici è stato eseguito nel triennio come stabilito nel programma di monitoraggio ad eccezione dei mesi in cui le attività sono state interrotte per pandemia da COVID – 19.

Nel **2019** il monitoraggio è stato eseguito in quattro stazioni: all'uscita del lago (monte depuratore), a valle del depuratore di Gavirate, a Cocquio-Trevisago e a Brebbia, prima dell'immissione nel Lago Maggiore in corrispondenza della stazione della rete regionale in cui viene eseguito il monitoraggio ordinario.

A seguito dell'analisi dei risultati del monitoraggio effettuato nel 2019 e della prevista variazione del punto di immissione dello scarico delle acque del prelievo ipolimnico, per il **2020** si è stabilito di eseguire il monitoraggio solo in 3 stazioni, eliminando il punto di Cocquio-Trevisago e spostando la stazione di Brebbia poco più a valle dell'attuale stazione della rete regionale, in modo da intercettare gli effetti dello scarico della stamperia (Figura 56; Tabella 11).

Anche per l'anno **2021** si è concordato di proseguire il monitoraggio nelle 3 stazioni già individuate nel 2020 in quanto non ci sono state variazioni del punto di immissione dello scarico del prelievo ipolimnico.

Nel **2019** sono stati effettuati tutti i campionamenti previsti per i diversi elementi di qualità (Tabella 12). Le analisi chimiche sono state differenziate in campagne con profilo analitico mensile (12 campagne) e con profilo analitico trimestrale (4 campagne). All'atto dei campionamenti sono sempre stati determinati i parametri di campo (temperatura, pH, ossigeno disciolto, conducibilità), misurati con sonda multiparametrica. Per 8 campagne sono state effettuate complessivamente 31 misure di portata, contestualmente ai campionamenti chimico-fisici.

Nel **2020**, sono stati eseguiti tutti i campionamenti previsti per i diversi elementi di qualità, eccetto che nei mesi di marzo, aprile e novembre in cui le attività sono state interrotte a causa della pandemia da COVID-19 (Tabella 12). Le campagne per il monitoraggio fisico-chimico e chimico sono state condotte con modalità analoghe a quelle del 2019. Contestualmente alle campagne di monitoraggio chimico-fisico, in alcuni mesi sono state effettuate anche le misure di portata (complessivamente 15).

È stato inoltre stabilito di eseguire il monitoraggio degli elementi biologici (macroinvertebrati e diatomee) in un'ulteriore stazione aggiuntiva, posizionata tra lo scarico dell'impianto del prelievo ipolimnico e lo scarico dell'impianto di depurazione di Gavirate. Il punto di monitoraggio è a monte anche del by pass dell'impianto, così da poter osservare solo eventuali effetti dello scarico dell'impianto di prelievo ipolimnico. Nel medesimo punto la società Alfa S.r.l., a partire dal 16 luglio 2020, ha eseguito settimanalmente, misure chimico-fisiche e analisi chimiche di alcuni elementi, sino allo spegnimento dell'impianto di emungimento delle acque ipolimniche avvenuto nel mese di dicembre.

A partire da luglio 2020 sono stati eseguiti campionamenti mensili di acqua per l'analisi dei determinanti di antibiotico e metallo resistenza.

Nel **2021**, sono stati eseguiti tutti i campionamenti previsti per i diversi elementi di qualità biologica, secondo le cadenze stabilite nel programma di monitoraggio annuale (Tabella 12). Le campagne per il monitoraggio fisico-chimico e chimico sono state condotte con modalità analoghe a quelle del 2019; contestualmente sono state eseguite misure di portata.

È proseguito anche il monitoraggio degli elementi biologici (macroinvertebrati e diatomee) nella stazione aggiuntiva, posizionata tra lo scarico dell'impianto del prelievo ipolimnico e lo scarico dell'impianto di depurazione di Gavirate. La società Alfa S.r.l. ha eseguito misure chimico-fisiche e analisi chimiche a partire dalla fine di aprile 2021.

Si riportano in Tabella 13 il numero di sostanze analizzate e il numero totale di analisi svolte da ARPA aggiornato a dicembre 2021. In Allegato è riportato l'elenco completo delle sostanze ricercate.

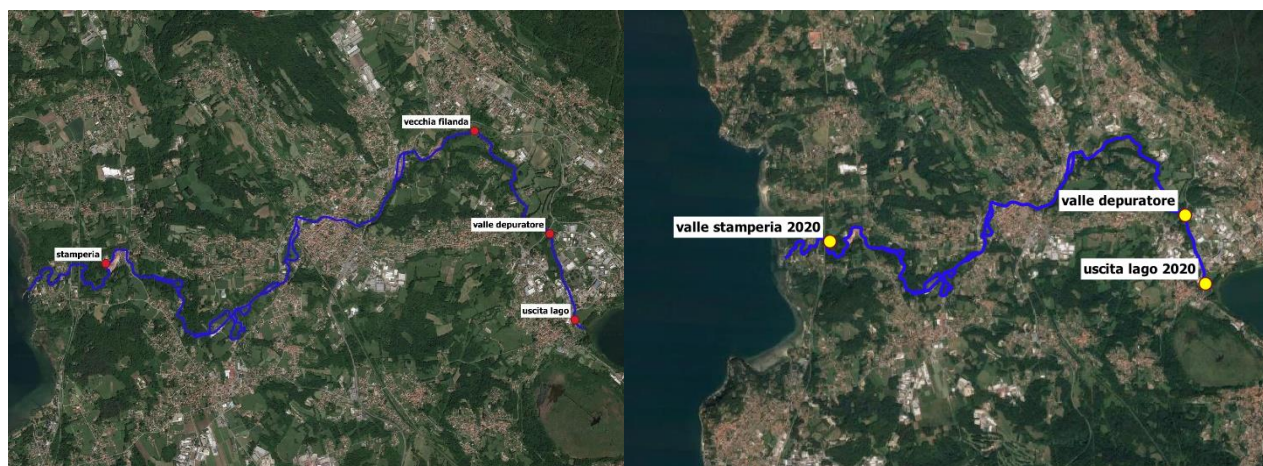


Figura 56. Fiume Bardello: stazioni di monitoraggio per gli elementi biologici e i parametri fisico-chimici e chimici (sinistra: 2019; destra: 2020).

Tabella 11. Stazioni di monitoraggio sul fiume Bardello.

Stazione codice	Comune	Località	X UTM-WGS84	Y UTM-WGS84	2019	2020	2021
N0080981151lo4	Gavirate	Uscita lago	476843	5075845	X	X	X
N0080981151lo3	Gavirate	Valle depuratore	476561	5076812	X	X	X
N0080981151lo2	Trevisago	Vecchia filanda	475714	5077967	X	-	X
N0080981151lo1	Brescia	Stamperia	471584	5076480	X	X	X

Tabella 12. Numero di campionamenti effettuati sul fiume Bardello nel triennio 2019-2021. A marzo e aprile 2020 i campionamenti non sono stati eseguiti a causa della pandemia da COVID-19; per lo stesso motivo sono stati annullati i campionamenti di fauna ittica previsti a novembre (*).

Anno	Matrice	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2019	Acque ¹	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Macroinvertebrati	-	4	-	-	4	-	-	-	4	-	4	-
	Diatomee	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-
	Macrofite	-	-	-	-	-	2	2	-	4	-	-	-
	Pesci	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
	Acque ²	-	4	-	-	4	-	-	-	4	-	4	-
2020	Acque ¹	3	3	*	*	3	3	3	3	3	3	*	3
	Macroinvertebrati	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4
	Diatomee	-	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	4
	Macrofite	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-
	Pesci	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
	Acque ²	-	-	-	-	-	-	4	4	4	-	4	-
2021	Acque ¹	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Macroinvertebrati	-	-	-	3	-	-	-	-	4	-	-	4
	Diatomee	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
	Macrofite	-	-	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-
	Pesci	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
	Acque ²	-	-	4	-	4	-	-	-	4	-	4	-

¹Analisi chimico-fisiche; ²Antibiotico e metallo resistenza

Tabella 13. Numero di sostanze ricercate e numero di analisi effettuate da ARPA sulle acque del fiume Bardello nel triennio 2019-2021.

Gruppo	2019		2020		2021	
	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi
Parametri di base	25	1119	26	641	26	857
Composti organici volatili (VOC)	30	1440	33	827	32	1086
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	18	720	14	378	14	504
Metalli	10	444	9	144	9	210
Composti perfluorati (PFAS)	13	148	13	156	13	52
Pesticidi	117	1736	118	1415	118	1430
Sostanze farmaceutiche	1	16	1	12	1	12
<i>E. coli</i>	1	48	1	18	1	33
Altri parametri	4	80	3	51	3	72

La stazione di monitoraggio sul **Lago Maggiore** è stata collocata nella zona che sembrerebbe più soggetta a un potenziale ristagno delle acque in base alle caratteristiche idromorfologiche osservate in campo e all'analisi dei rilievi fotogrammetrici aerei. Essa si trova a un chilometro in linea d'aria dalla foce del Bardello (Figura 57; Tabella 14).



Figura 57. Lago Maggiore: punto di monitoraggio del fitoplancton e dei parametri fisico-chimici e chimici.

Tabella 14. Punto di monitoraggio per il fitoplancton e i parametri fisico-chimici e chimici sul Lago Maggiore (coordinate UTM-WGS84).

Codice corpo idrico	Codice stazione	Corpo idrico	Nome stazione	X	Y
ITIRPOTI2LN1IN	POTI2LN1in3	Lago Maggiore	Ispra	470474	5075192

Nella stazione individuata è stato eseguito il monitoraggio degli elementi biologici (fitoplancton), degli elementi fisico-chimici di base e di altri elementi chimici a partire da gennaio 2019 con le modalità riportate in Tabella 15.

L'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da COVID-19 ha impedito lo svolgimento delle campagne di marzo, aprile e novembre 2020.

Nel seguito sono riportati il numero di campioni raccolti a partire dal 2019, suddivisi per ciascun mese (

Tabella 16), il numero di sostanze analizzate e il numero totale di analisi svolte da ARPA (Tabella 17). I risultati delle analisi condotte nel 2019 hanno permesso di verificare l'assenza di gran parte delle sostanze inquinanti ricercate nel Lago Maggiore; pertanto, dal 2020 è diminuito significativamente il numero di composti analizzati. In Allegato è riportato l'elenco completo delle sostanze ricercate.

Tabella 15. Modalità di campionamento dei parametri analizzati nel lago di Maggiore durante il triennio 2019-2021.

Parametro	Campione	2019	2020	2021
Parametri chimico-fisici	Misure in continuo tramite sonda	X	X	X
Fitoplancton	Integrato (0-2 metri)	X	X	X
Clorofilla <i>a</i>	Integrato (0-2 metri)	X	X	X
Parametri chimici di base	Integrato (0-5 metri)	X	X	X
	Integrato (5-23 metri)	X	X	X
Metalli	Integrato (0-5 metri)	X	-	-
	Integrato (5-23 metri)	X	-	-
Composti organici volatili (VOC)	Integrato (0-5 metri)	X	-	-
	Integrato (5-23 metri)	X	-	-
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Integrato (0-5 metri)	X	X	-
	Integrato (5-23 metri)	X	X	-
	Integrato (0-23 metri)	-	-	X
Composti perfluorati (PFAS)	Integrato (0-5 metri)	X*	X*	
	Integrato (5-23 metri)	X*	X*	
	Integrato (0-23 metri)	-	-	X**
Pesticidi	Integrato (0-5 metri)	X	X	-
	Integrato (5-23 metri)	X	X	-
	Integrato (0-23 metri)	-	-	X
Sostanze farmaceutiche	Integrato (0-5 metri)	X	-	-
	Integrato (5-23 metri)	X	-	-
Altri parametri	Integrato (0-5 metri)	X	-	-
	Integrato (5-23 metri)	X	-	-
DOC	Integrato (0-5 metri)	X	X	-
	Integrato (5-23 metri)	X	X	-

*: trimestrale; **: bimestrale

Tabella 16. Numero di campioni prelevati sul Lago Maggiore nel triennio 2019-2021. A marzo, aprile e novembre 2020 e a gennaio e marzo 2021 i campionamenti non sono stati eseguiti a causa della pandemia da COVID-19.

Anno	Matrice	GEN	FEB	MAR	APR	MA	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2019	Acque ¹	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Acque ²	-	-	-	-	-	-	1	3	2	3	3	3
	Fitoplancton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2020	Acque ¹	3	3	*	*	3	3	3	3	3	3	*	3
	Acque ²	3	3	*	*	3	3	3	3	3	3	3	3
	Fitoplancton	1	1	*	*	1	1	1	1	1	1	*	1
2021	Acque ¹	*	4	*	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Acque ²	3	3	*	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Fitoplancton	1	1	*	1	1	1	1	1	1	1	1	1

¹Analisi chimico-fisiche; ²Antibiotico e metallo resistenza

Tabella 17. Numero di sostanze ricercate e numero di analisi effettuate da ARPA sulle acque del Lago Maggiore.

Gruppo	2019		2020		2021	
	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi	N. sostanze	N. analisi
Parametri di base	18	407	18	301	17	320
Composti organici volatili (VOC)	30	720	-	-	-	-
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	18	360	13	234	13	130
Metalli	12	270	-	-	-	-
Composti perfluorati (PFAS)	13	100	13	78	13	78
Pesticidi	115	2550	2	36	2	20
Sostanze farmaceutiche	1	24	-	-	-	-
<i>E. coli</i>	-	-	-	-	-	-
Altri parametri	4	70	1	18	1	20

Sintesi delle attività in corso

Le attività di monitoraggio sono riprese nel 2022 come da cronoprogramma.

Sintesi dei risultati ottenuti

Fiume Bardello

La **temperatura** delle acque, che rispecchia quella del lago di Varese dei periodi di circolazione e stratificazione, tende a diminuire dall'incile alla foce (Figura 58). Nei mesi estivi del 2020 le temperature registrate sono inferiori a quelle del 2019 di circa 2 °C, verosimilmente in conseguenza dell'immissione delle acque prelevate dall'ipolimnio; nel 2021 le temperature si sono assestate sui valori registrati nel 2020.

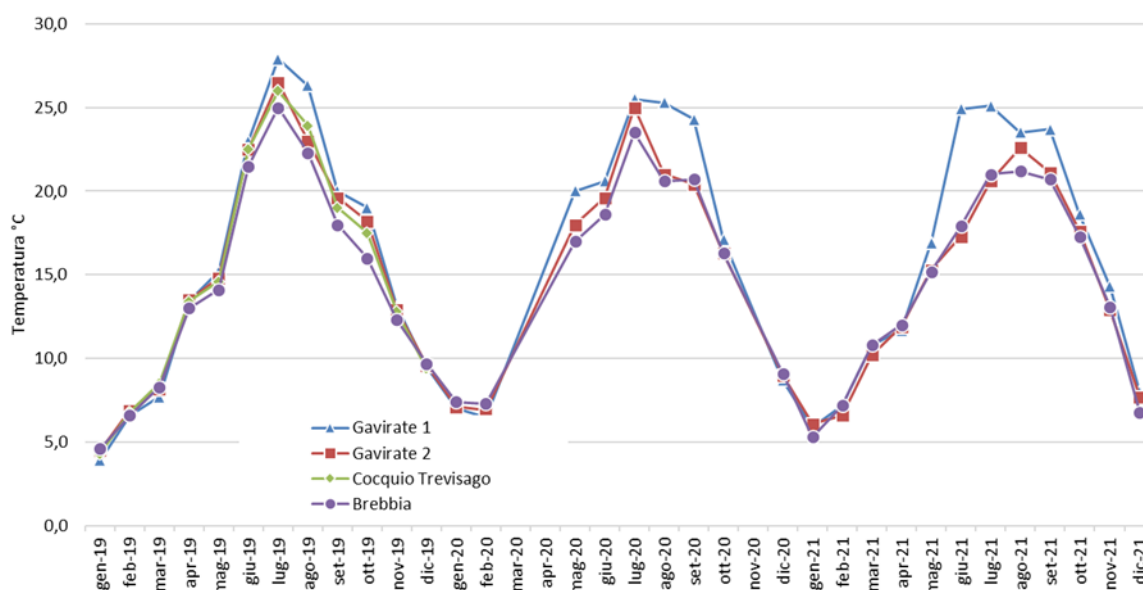


Figura 58. Fiume Bardello: valori di temperatura delle acque nelle stazioni monitorate.

Il parametro **ossigeno disciolto** (Figura 59), espresso come percentuale di saturazione, nella stazione in uscita dal lago rispecchia le concentrazioni tipiche delle acque lacustri durante il triennio di monitoraggio, evidenziando i periodi di stratificazione e circolazione invernali-primaverili. Nelle stazioni a valle si nota una sensibile diminuzione dovuta alla presenza di scarichi lungo l'asta fluviale e alla tipologia di corso d'acqua, che presenta substrati fini e anossici soprattutto nelle aree a lenta corrente con poco ruscellamento e scambio con l'atmosfera.

Nel 2020 e nel 2021 sono state eseguite misure a distanze ravvicinate lungo l'asta fluviale, riscontrando che le concentrazioni minime di ossigeno si registrano a valle della stazione 2 di Gavirate, a circa 2 km dall'uscita del lago (Figura 60). Nel tratto di fiume compreso tra la stazione in uscita lago e quella di Cocquio Trevisago si può osservare l'effetto degli scarichi del prelievo ipolimnico e del depuratore sulla riduzione dell'ossigeno disciolto. Nel tratto terminale, da Cocquio alla foce del Lago Maggiore, dove il substrato dell'alveo è maggiormente diversificato e sono presenti aree di ruscellamento e piccoli salti, la percentuale di ossigeno aumenta mantenendosi sempre a valori attorno al 100%.

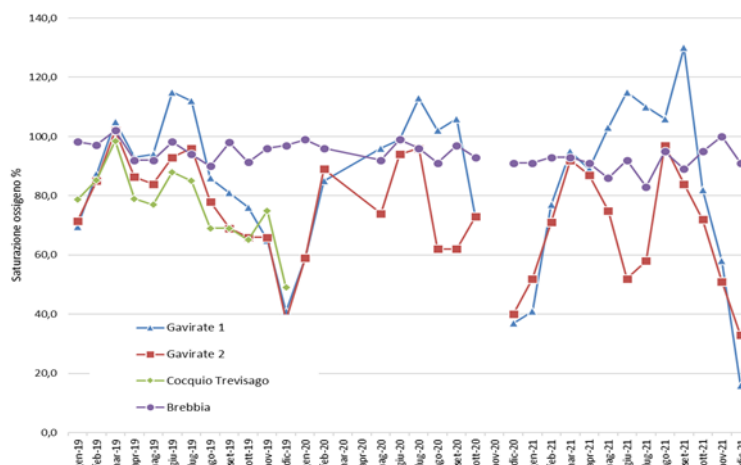


Figura 59. Fiume Bardello: ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione nelle stazioni monitorate.

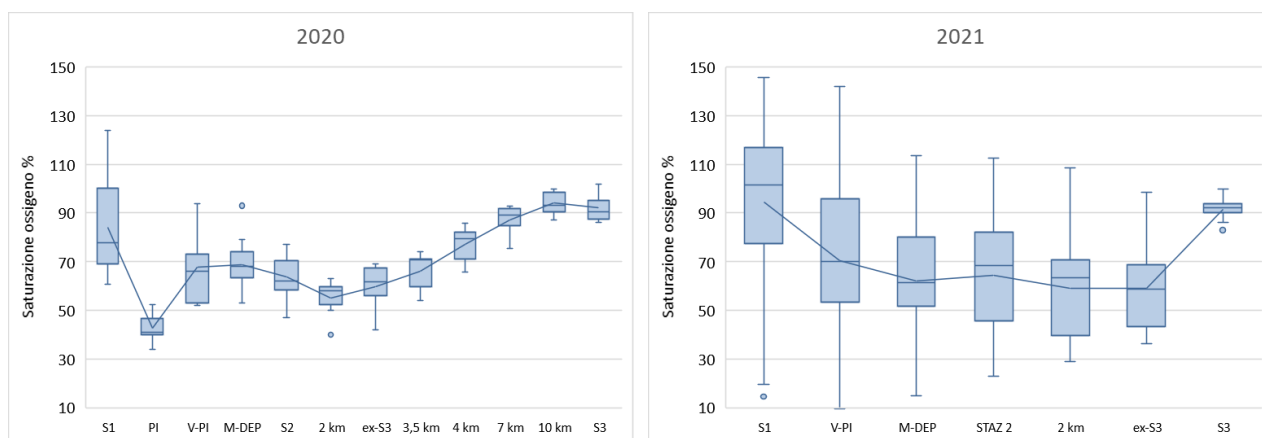


Figura 60. Fiume Bardello: valori di saturazione di ossigeno misurati nella campagna di approfondimento. S1: stazione uscita lago; PI: scarico prelievo ipolimnico; V-PI: valle prelievo ipolimnico; M-DEP: monte depuratore; S2: stazione valle depuratore; ex-S3: stazione vecchia filanda (2019); S3: stazione di Brebbia.

I valori di **fosforo totale** nella prima stazione di monitoraggio nel corso del triennio sono coerenti con quelli misurati nello strato superficiale del lago. La media dei valori del triennio è di 44 $\mu\text{g/L P}$, in uscita dal lago. I valori di fosforo si innalzano significativamente a valle dello scarico del depuratore di Gavirate (media del triennio attorno ai 110 $\mu\text{g/L P}$ con massimo di 258 $\mu\text{g/L P}$ a febbraio 2021), incrementando ancora sensibilmente prima dell'immissione nel Lago Maggiore (Figura 61). In termini di concentrazione nella stazione di Brebbia non si osservano differenze significative tra gli anni indagati.

L'**azoto totale** presenta nella prima stazione un valore medio comparabile nei tre anni (1,2-1,4-1,2 mg/L N), coerente con la concentrazione misurata nello strato superficiale del lago. A valle dello scarico del depuratore di Gavirate il valore medio raddoppia (2,9-2,3-2,2 mg/L N), mentre nella stazione in chiusura vi è un ulteriore incremento (valori medi di 3,4-2,8-2,9 mg/L N ; Figura 62). Dai valori di concentrazione di azoto misurati si deduce che l'apporto dal lago è pressoché costante tra i tre anni, come anche gli apporti lungo l'asta fluviale

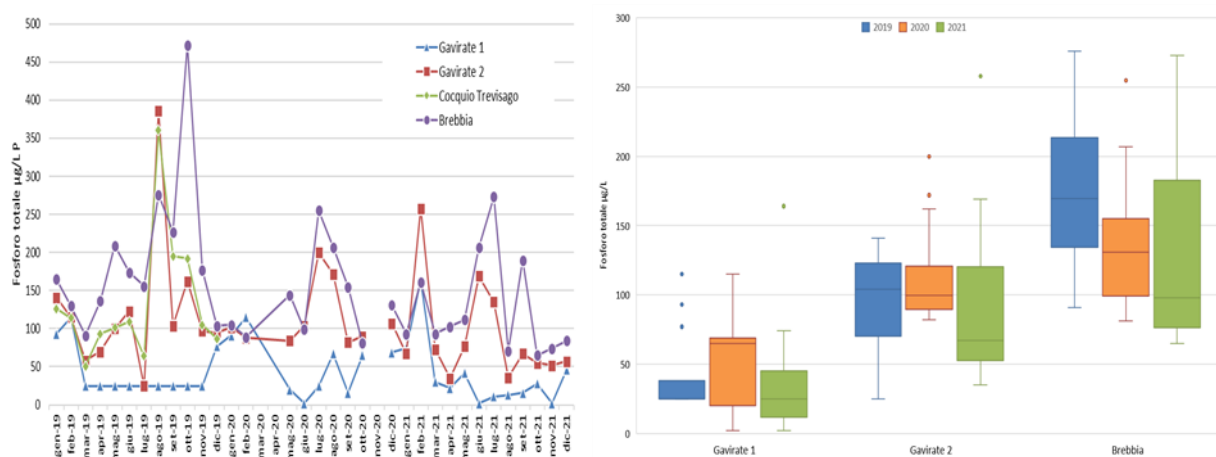


Figura 61. Fiume Bardello: andamento delle concentrazioni di fosforo totale nelle stazioni monitorate e confronto 2019-2021.

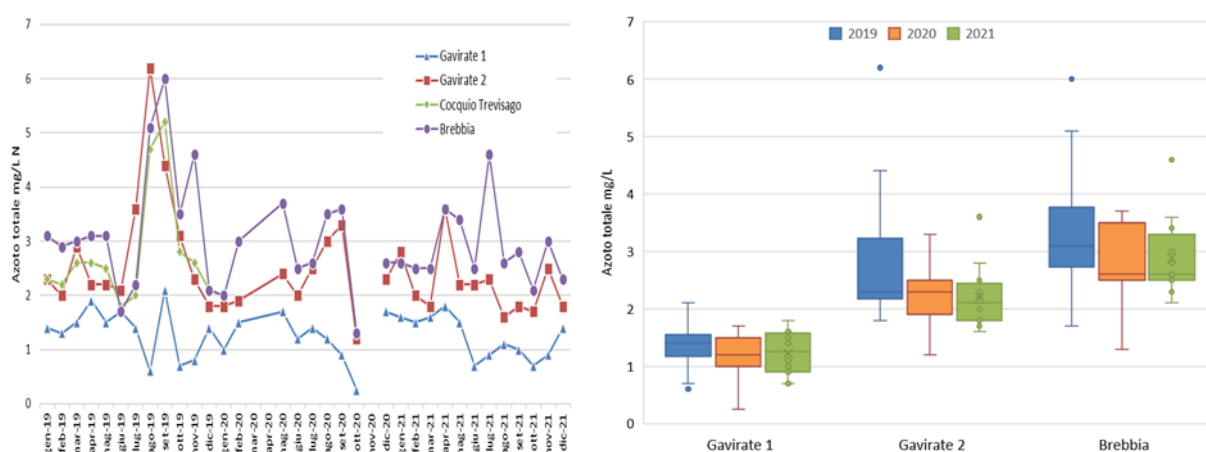


Figura 62. Fiume Bardello: andamento delle concentrazioni di azoto totale nelle stazioni monitorate e confronto 2019-2021.

Negli anni di monitoraggio di indagine, tra le sostanze inquinanti ricercate, si segnala in alcuni campioni la presenza sopra il LOQ di **metalli** (arsenico, cromo VI e zinco), sostanze farmaceutiche

(diclofenac), composti organici volatili (triclorometano e bromodichlorometano) e di IPA. Le concentrazioni medie annue dei parametri PFOS e fluorantene superano invece il valore di SQA-MA stabilito dal D.Lgs. 172/15.

Tra i **pesticidi** ricercati si registra in alcuni campioni la presenza di glifosate; l'AMPA (suo metabolita) è sempre presente nei campioni analizzati e la sua concentrazione media annua supera lo SQA-MA. Sporadicamente si rileva la presenza dei pesticidi imidacloprid, terbutilazina e terbutilazina desetil.

Per quanto riguarda le **rimanenti sostanze** chimiche ricercate, non si segnalano concentrazioni significative in relazione agli standard di qualità previsti dalla normativa.

Per quanto riguarda i **macroinvertebrati**, sono stati calcolati i valori dell'indice STAR_ICMi e il corrispondente stato di qualità nelle stazioni lungo l'asta fluviale nel triennio 2019-2021.

Nel 2019 il monitoraggio era stato eseguito anche in corrispondenza della stazione 3 a Cocquio Trevisago; dal 2020 si è deciso di non considerare questo punto e di indagare una stazione aggiuntiva (1 bis), posta a valle dello scarico dell'impianto del prelievo ipolimnico e a monte del depuratore, per verificare l'eventuale impatto dello scarico sulle comunità biologiche.

I risultati delle stazioni monitorate nel triennio mostrano una situazione compromessa lungo tutta l'asta del fiume: dalla prima stazione sino alla foce si registra nella maggior parte dei campionamenti una qualità scarsa alternata, in alcuni periodi dell'anno con qualità sufficiente. . Nel 2021 alla stazione di Brebbia si è notato un miglioramento dello stato del corso d'acqua: nel periodo primaverile, è stata raggiunta qualità buona mentre nelle due campagne successive sufficiente.

Dall'entrata in funzione a pieno regime dell'impianto del prelievo ipolimnico nella tarda estate 2020 sino allo spegnimento a dicembre 2020, la comunità macrobentonica alla stazione 1 bis ha subito un evidente peggioramento che, seppur con qualche ripresa è evidente anche alla stazione 2 a valle del depuratore. In questo tratto il fiume rispecchia comunque lo stato di qualità dell'anno precedente (Figura 63). Nella stazione di Brebbia si nota un leggero miglioramento (Figura 64), probabilmente dovuto ad una maggiore disponibilità di ossigeno e una miglior diversificazione dei substrati che permettono una presenza di un maggior numero di taxa, sempre caratteristici di siti particolarmente compromessi.

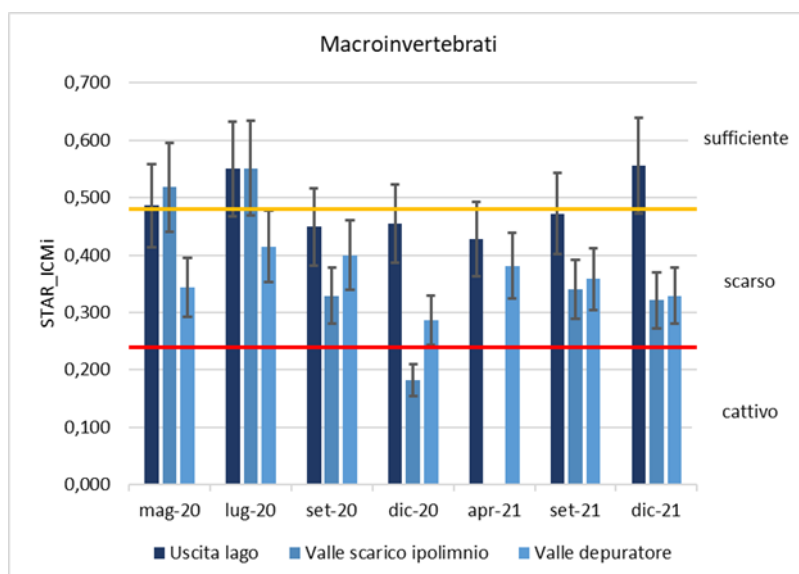


Figura 63. Fiume Bardello: valori di STAR_ICMi nelle stazioni a monte e a valle degli scarichi di prelievo ipolimnico e del depuratore di Gavirate.

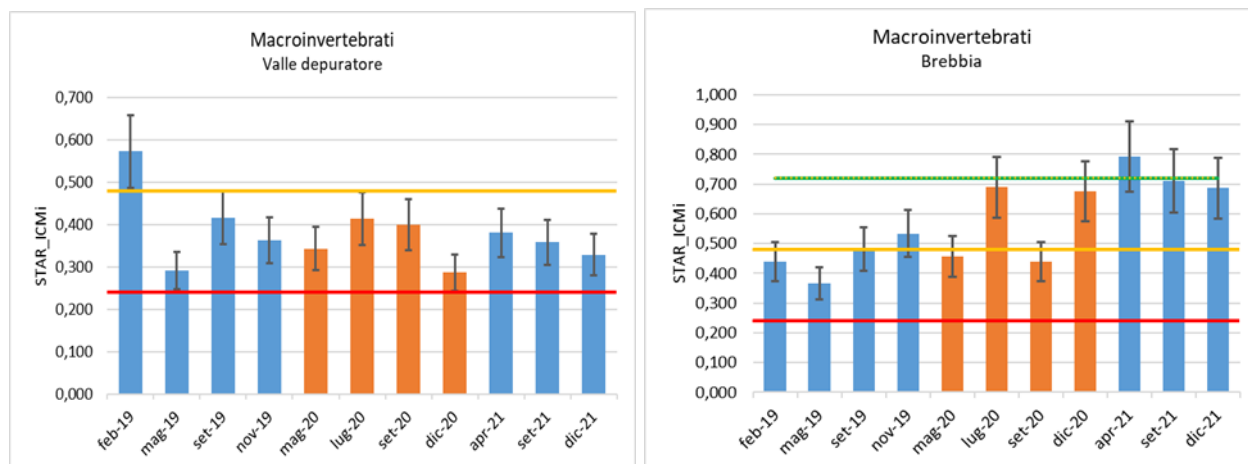


Figura 64. Fiume Bardello: valori di STAR_ICMi nella stazione a valle dello scarico del depuratore di Gavirate e a Brebbia nel 2019-2021.

Relativamente alle **diatomee bentoniche** sono stati calcolati i valori di ICMi e il corrispondente stato di qualità alle stazioni di campionamento nelle campagne di monitoraggio: due nel 2019 e tre nel 2020, la campagna aggiuntiva a dicembre per verificare un eventuale impatto dello scarico del prelievo ipolimnico sulla comunità diatomica nelle medesime stazioni in cui è stato eseguito il monitoraggio delle altre componenti biologiche.

Anche nel 2021 sono state eseguite due campagne di monitoraggio, a settembre e a dicembre, ad impianto di prelievo ipolimnico in funzione.

Le analisi relative ai campionamenti di settembre 2021 confermano un giudizio di qualità buono ed un valore dell'indice ICMi stabile (Figura 65 e Figura 66). Valori più alti dell'indice si riscontrano nella stazione di Gavirate - uscita lago che presenta una comunità tipica di acque lacustri.

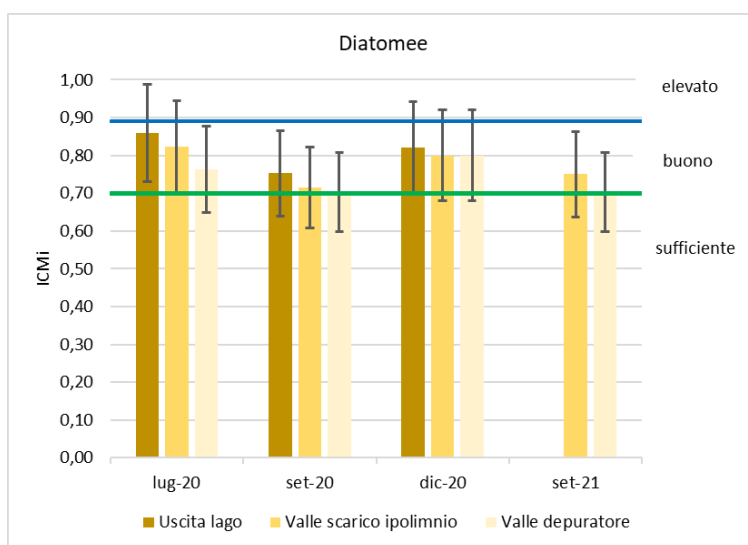


Figura 65. Fiume Bardello: valori di ICMi nelle stazioni a monte e a valle degli scarichi di prelievo ipolimnico e del depuratore di Gavirate (dati aggiornati a settembre 2021).

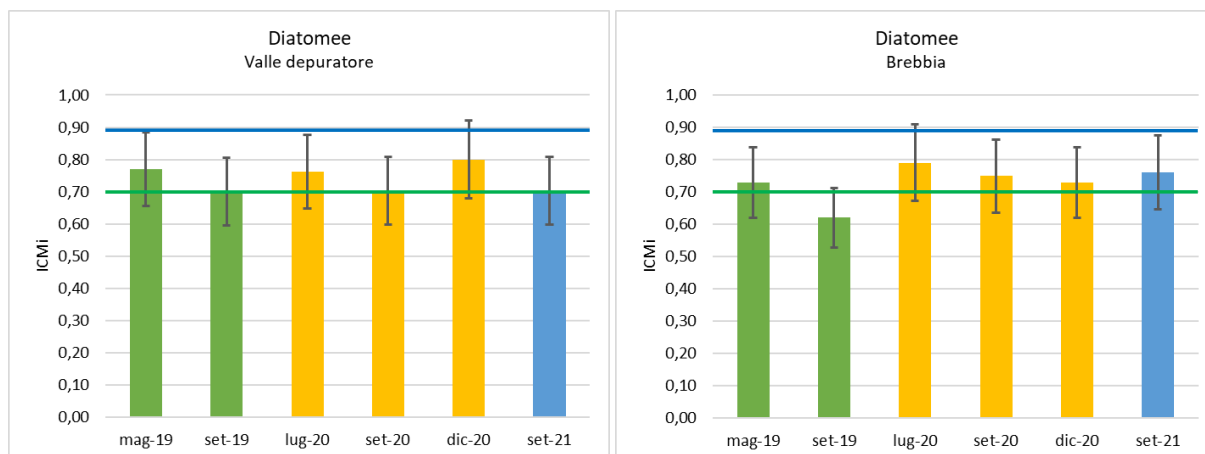


Figura 66. Fiume Bardello: valori di STAR_ICMi nella stazione a valle dello scarico del depuratore di Gavirate e a Brebbia nel 2019-2021 (dati aggiornati a settembre 2021).

Nel corso del triennio 2019-2021, sono state effettuate anche due campagne di monitoraggio delle **macrofite** acquatiche, rispettivamente nei mesi di giugno e settembre del 2019, di luglio e settembre nel 2020, di giugno e settembre nel 2021 sempre nelle stazioni in cui è stato eseguito il monitoraggio delle altre componenti biologiche.

I risultati mostrano una condizione di forte alterazione della componente macrofita lungo tutto il corso d'acqua. La comunità è caratterizzata da una limitata diversità floristica oltre alla presenza di taxa tolleranti ad elevati livelli di trofia. La stazione immediatamente a valle dello scarico del depuratore è risultata essere quella maggiormente compromessa. Pur non variando sostanzialmente il giudizio di qualità, è possibile evidenziare un modesto incremento del valore dell'indice IBMR tanto più ci si allontana dallo scarico del depuratore, testimoniato anche da un aumento del numero dei taxa presenti nelle stazioni a valle dello stesso.

I valori dell'indice RQE_IBMR, riassunti in Tabella 18, evidenziano come la maggior parte delle stazioni indagate siano caratterizzate da uno stato scarso, mentre per la stazione posta a valle dell'impianto di depurazione di Gavirate il giudizio di stato risulta cattivo. Solo in un caso, a settembre del 2020 la stazione in uscita dal lago raggiunge classe di qualità sufficiente per la presenza di *Myriophyllum spicatum*.

Tabella 18. Valori dell'indice RQE_IBMR e relativo stato delle macrofite nelle stazioni monitorate.

Data	Uscita lago		Valle depuratore		Vecchia filanda		Stamperia	
	RQE_IBMR	Stato	RQE_IBMR	Stato	RQE_IBMR	Stato	RQE_IBMR	Stato
giu-19	0,51	scarso	ND	ND	0,54	scarso	0,53	scarso
set-19	ND	ND	0,48	cattivo	0,5	scarso	0,54	scarso
lug-20	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND
set-20	0,76	sufficiente	0,28	cattivo	-	-	0,56	scarso
giu-21	0,62	ND	0,53	scarso	-	-	0,61	scarso
set-21	ND	scarso	0,50	scarso	-	-	0,61	scarso

Il monitoraggio della **fauna ittica** nel fiume Bardello nel triennio 2019-2021 è stato eseguito in due occasioni: nel mese di settembre 2019 è stato effettuato nelle quattro stazioni individuate (Gavirate - uscita lago, Gavirate - valle depuratore, Cocquio Trevisago - Vecchia filanda e Brebbia - Stamperia), mentre nel mese di settembre 2021 è stato eseguito in tre stazioni. Nella stazione di

Gavirate - uscita lago, non è stato possibile replicare il campionamento non essendo più presenti le condizioni per cui il sito è stato selezionato.

Nel 2020, a causa dell'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da COVID-19, non è stato possibile svolgere i campionamenti per questo EQB, poiché il numero di operatori coinvolti non avrebbe permesso un corretto svolgimento dell'attività nel rispetto delle misure di sicurezza necessarie.

I campionamenti condotti secondo il Protocollo ISPRA 2040 (Manuali e Linee Guida 111/2014) hanno consentito il calcolo dell'indice NISECI (ISPRA, 2017), il cui stato è riassunto in Tabella 19. Durante i campionamenti il corso d'acqua ha mantenuto uno stato idrologico di magra, condizione che ha permesso la totale guadabilità dei tratti indagati, requisito necessario per la corretta applicazione del protocollo ISPRA 2040.

Tabella 19. Stato della fauna ittica nelle stazioni monitorate in base all'indice NISECI.

Data	Gavirate - Uscita lago	Gavirate - Valle dep.	Cocquio T. – V. filanda	Brebbia - Stamperia
Set-19	scarso	scarso	sufficiente	scarso
Set-21	-	cattivo	scarso	scarso

L'analisi della popolazione ittica del fiume Bardello mostra lungo tutto il suo corso una significativa alterazione. La presenza di popolazioni alloctone ben strutturate e abbondanti a discapito di taxa autoctoni è uno dei fattori di maggiore criticità.

Delle tre stazioni indagate nel 2021, 2 presentano uno stato scarso per l'indice NISECI (stazione 4 e 3), mentre la stazione 2 a Gavirate (valle depuratore) presenta un giudizio cattivo. Il confronto dei giudizi e dei valori di NISECI mostrano un peggioramento nelle stazioni più a monte, mentre resta stabile quella posta più a valle (stazione 4-Brebbia Stamperia).

In generale è possibile osservare un peggioramento nella composizione della comunità ittica, che risulta più evidente nella stazione di Cocquio Trevisago e nella stazione 2 di Gavirate posta a valle sia dello scarico del prelievo ipolimnico sia dello scarico del depuratore di Bardello.

L'aumento significativo del carassio, notoriamente più tollerante alla riduzione della disponibilità di ossigeno, potrebbe essere un segnale degli effetti dovuti all'immissione di acque provenienti dagli strati profondi del lago e povere di questo elemento disciolto.

Analisi microbiologiche e metagenomiche

Nell'ottica del continuum ecologico tra il lago di Varese, il fiume Bardello e il Lago Maggiore, i dati e i risultati relativi a queste analisi sono presentati e discussi per omogeneità nell'attività B.1.2

Lago Maggiore

La **temperatura** delle acque (Figura 67) è pressoché omogenea lungo il profilo verticale fino a metà aprile. L'incremento della temperatura superficiale che si è verificato durante il mese di marzo è stato bruscamente interrotto dai forti venti che hanno interessato la zona il 6 aprile. Ai primi di maggio la stratificazione termica è meno pronunciata rispetto all'anno precedente, con temperature in superficie di circa due gradi inferiori.

La temperatura più elevata è stata raggiunta il 18 giugno, con un massimo di circa 27 °C e una media giornaliera di 25,8 °C. Durante il periodo estivo di massima estensione l'epilimnio interessa i primi 11 metri di profondità, mentre l'ipolimnio inizia intorno ai 15-16 metri.

La piena circolazione delle acque si è verificata nel periodo immediatamente successivo al campionamento di inizio novembre, quando il rimescolamento già interessava la quasi totalità del profilo verticale.

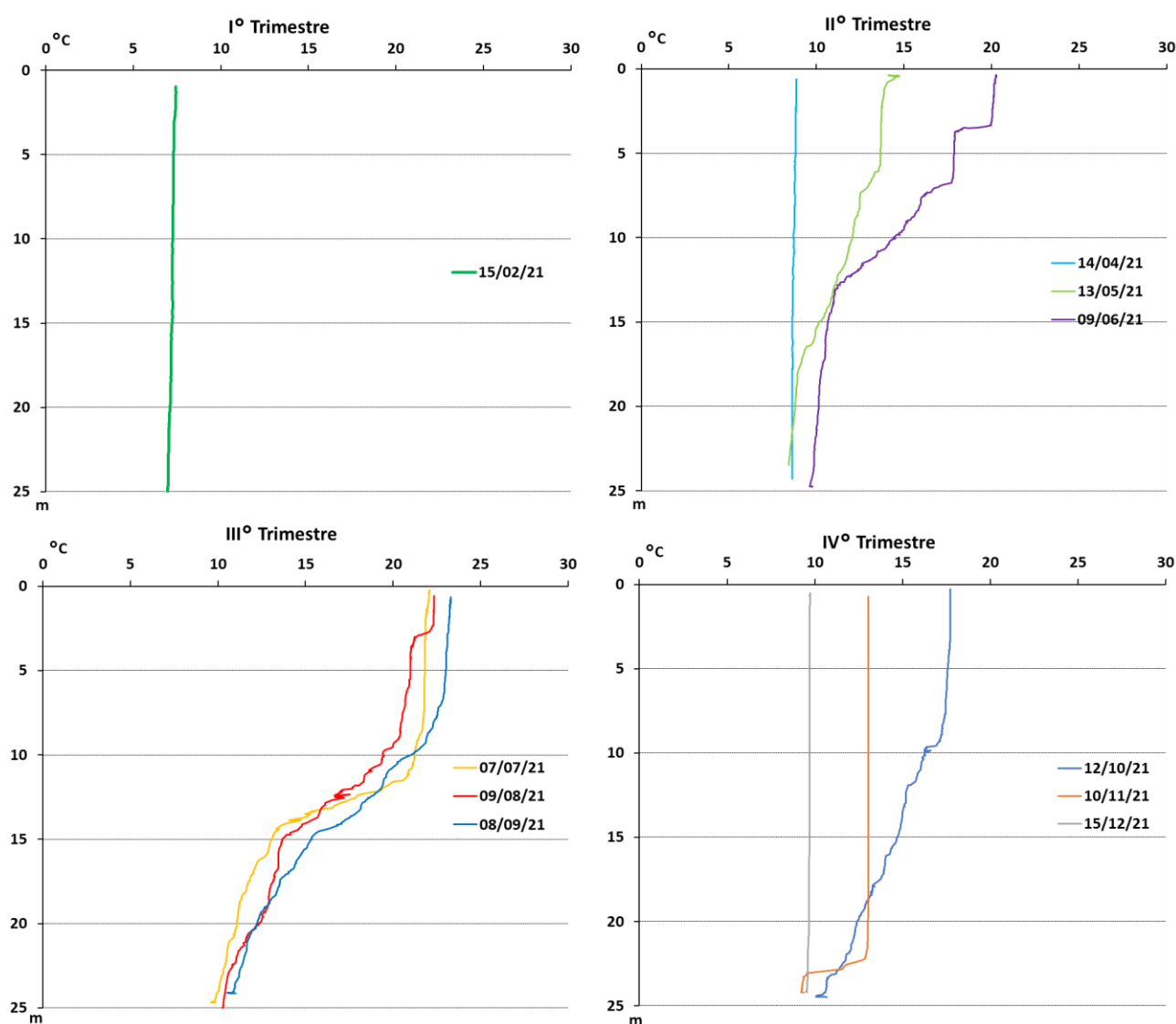


Figura 67. Profili di temperatura della colonna d'acqua del 2021 nella stazione di Ispra suddivisi per trimestre.

Come di consueto i profili di **ossigeno** del 2021 mostrano come la sua concentrazione si mantenga elevata in tutti i campionamenti anche in prossimità del fondo, con valori prossimi ai 7 mg/L O₂ e al 60% circa di saturazione nel momento peggiore (Figura 68). In diverse occasioni, durante il periodo tardo primaverile-estivo, le curve di ossigenazione mostrano come l'attività fotosintetica sia stata più intensa in corrispondenza del termoclinio.

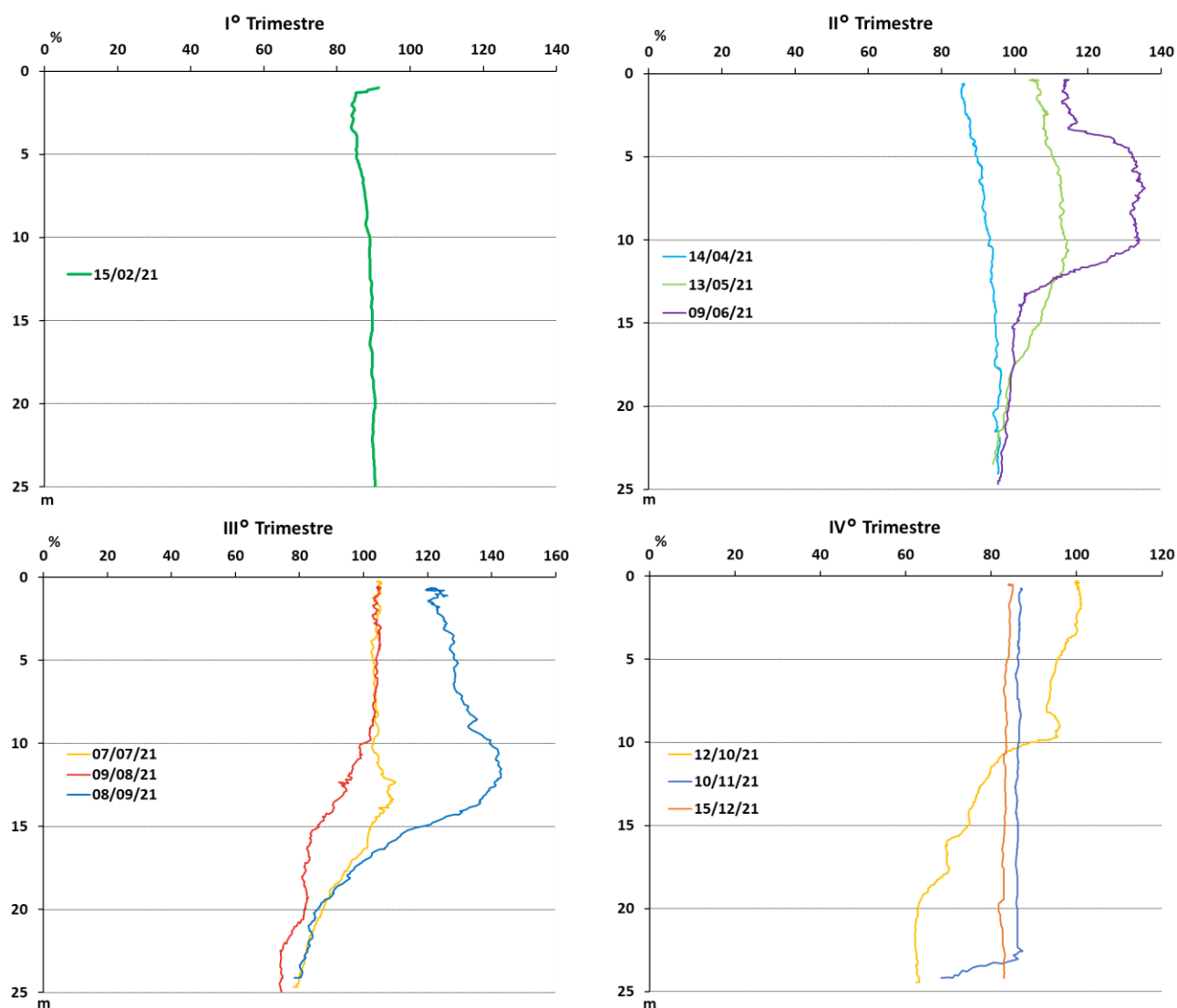


Figura 68. Profili della saturazione di ossigeno disciolto del 2021 nella stazione di Ispra suddivisi per trimestre.

La buona ossigenazione delle acque fa sì che la principale forma inorganica di **azoto** sia quella nitrica, anche nelle acque profonde durante la fase di stratificazione termica. L'azoto ammoniacale si mantiene sempre al di sotto del LOQ, superandolo di pochissimo in una sola occasione a giugno.

Il **fosforo** totale (Figura 69) presenta concentrazioni inferiori rispetto all'anno precedente, con un picco significativo nel mese di maggio in superficie, cui non corrispondono particolari variazioni degli altri macronutrienti.

Il confronto con le concentrazioni misurate lungo il Bardello nella stazione di Brebbia nel triennio 2019-2021 non evidenzia incrementi tali da indicare un'influenza dell'impianto di prelievo ipolimnico sulla

stazione di monitoraggio. Anche per il 2021 si ritiene che il potere di diluizione delle acque del Lago Maggiore sia stato in grado di contrastare il carico proveniente dal Bardello.

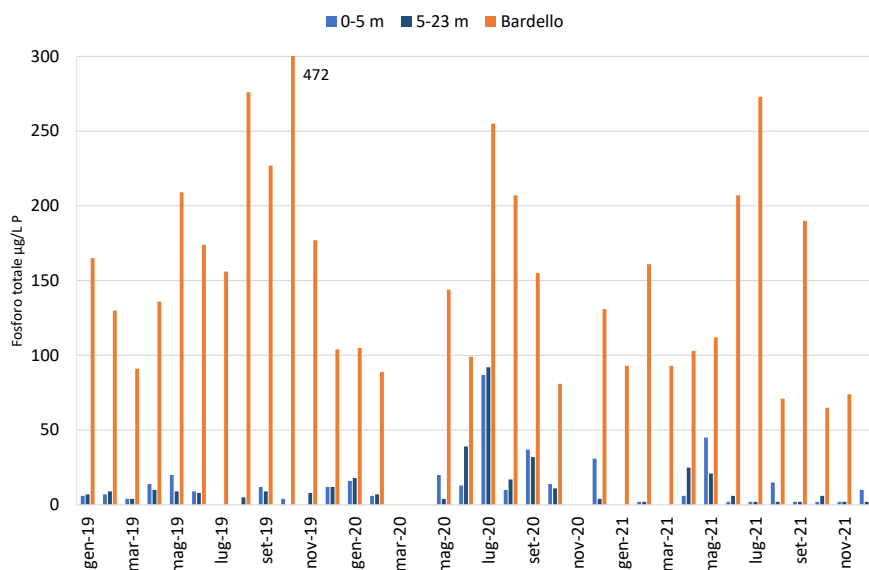


Figura 69. Concentrazioni di fosforo totale del triennio 2019-2021 nella stazione di Ispra negli intervalli 0-5 e 5-23 metri e nella stazione di Brebbia lungo il Bardello.

Nel 2021 la **trasparenza** risulta più elevata rispetto all'anno precedente e simile a quella del 2019, con una media annua pari a 6,8 metri.

Le misure in continuo di ossigeno e pH a 1 metro di profondità fornite dalla boa limnologica hanno indicato tre momenti caratterizzati da un incremento della produzione primaria: fine marzo-primi di aprile, fine maggio-primi di giugno in cui si sono raggiunti i valori più elevati con oltre il 130% di saturazione e 9 unità di pH e metà agosto (Figura 70).

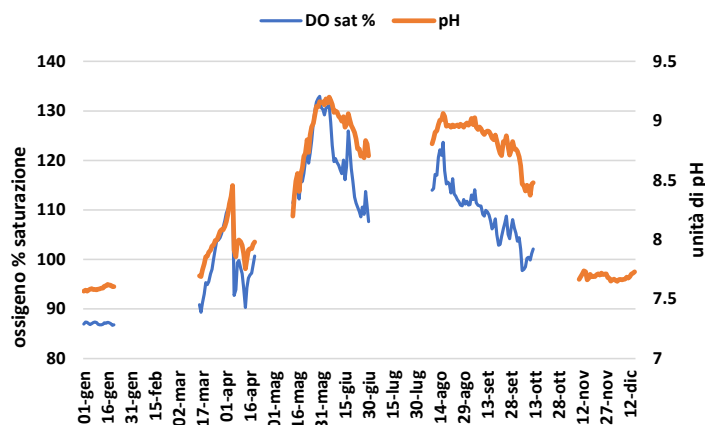


Figura 70. Medie giornaliere della saturazione di ossigeno disciolto e del pH ottenute dalle misure in continuo della boa limnologica nel 2021.

La Figura 71 riporta l'andamento del biovolume del **fitoplancton** presente in superficie nel triennio 2019-2021 e delle due principali classi algali per valore medio annuo.

Il 2021 è stato caratterizzato da un picco elevato di produzione nel mese di maggio legato a un forte sviluppo delle diatomee, in particolare con la specie *Fragilaria crotonensis*. Più in generale le diatomee continuano a rappresentare la classe dominante per biovolume all'interno della comunità fitoplanctonica.

La dinamica dei cianobatteri è stata simile a quella già osservata nel 2020, con una presenza più significativa durante il periodo estivo, da luglio a settembre, grazie a un numero molto elevato di colonie di *Cyanodictyon planctonicum*, *Snowella litoralis* e del genere *Aphanocapsa*.

Da luglio a ottobre si è osservata la presenza, seppur in quantità modesta, di *Limnorphis robusta*, specie caratteristica del lago di Varese, presumibilmente confluita nel lago Maggiore attraverso il fiume Bardello.

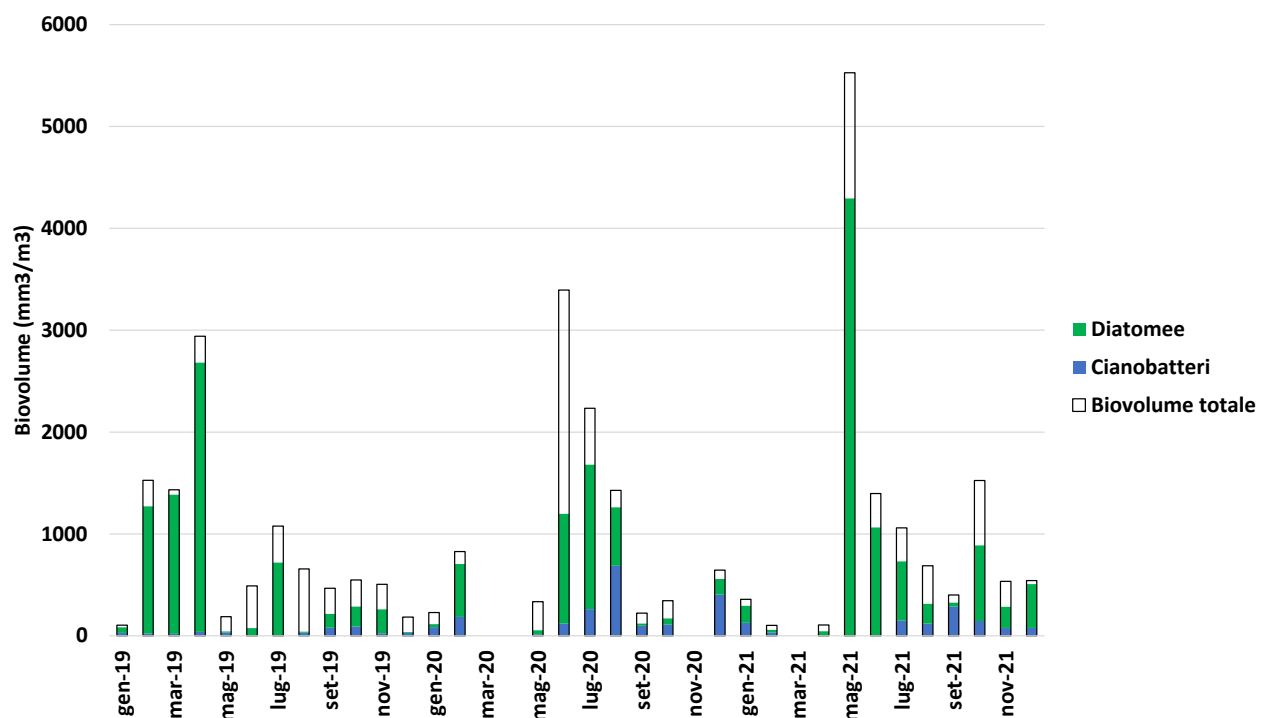


Figura 71. Andamento del biovolume complessivo della comunità fitoplanctonica e delle due principali classi algali che la compongono nella stazione di Ispra nel triennio 2019-2021.

Per valutare lo stato ecologico nella stazione monitorata è stato calcolato l'indice IPAM (Metodo italiano di valutazione del fitoplancton), il cui valore e i punteggi delle singole metriche che lo compongono, espressi come concentrazione e RQE (rapporto di qualità ecologica), sono riportati in Tabella 20.

Tabella 20. Valori delle singole metriche, espresse sia come concentrazioni che come RQE normalizzato, e valore di IPAM nella stazione di campionamento di Ispra.

Corpo idrico	Anno	Clorofilla a		Biovolume medio		PTIot		IPAM	Stato
		µg/L (4,25*)	RQEn	mm³/L (1,00*)	RQEn	3,22*	RQEn	0,60*	
Lago Maggiore	2019	2,81	0,74	0,84	0,63	3,24	0,63	0,66	BUONO
	2020	2,85	0,74	1,07	0,60	3,27	0,66	0,66	BUONO
	2021	3,16	0,70	1,11	0,59	3,33	0,71	0,67	BUONO

*Limite stato buono/sufficiente

Sia le metriche quantitative, clorofilla e biovolume medi annui, che la composizione tassonomica della comunità contribuiscono all'ottenimento di un buono stato del fitoplancton, in linea con quanto emerso in questi anni dalle campagne di monitoraggio condotte nella stazione di Ghiffa. Non si osservano variazioni significative tra il 2019, anno in cui l'impianto di prelievo ipolimnico non era attivo, e il biennio successivo.

Alla luce dei risultati ottenuti nel 2019, il numero di **sostanze inquinanti** analizzate a partire dal 2020 è diminuito significativamente.

Con frequenza mensile nel corso del 2021 è stato raccolto un campione integrato rappresentativo dell'intervallo di profondità 0-23 metri, analizzato per la ricerca di sostanze appartenenti alle classi: idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti perfluorati (PFAS) e, tra i pesticidi, solo glifosate ed AMPA. I composti perfluorati (PFAS) sono stati ricercati con frequenza bimestrale. L'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da COVID-19 ha impedito lo svolgimento delle campagne di gennaio e marzo.

Gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** hanno fatto registrare un numero minore di superamenti del LOQ rispetto all'anno precedente. Il naftalene è il composto rilevato con maggiore frequenza, mentre fluorantene e pirene sono stati riscontrati in un'unica occasione. Le concentrazioni sono state generalmente ridotte, poco superiori ai LOQ e gli IPA presenti nella tabella 1/A del DLgs 172/2015 rispettando gli standard di qualità ambientale stabiliti dalla normativa vigente. Si evidenzia che non è possibile valutare il rispetto dell'SQA-MA per il benzo(a)pirene a causa di un LOQ al momento non adeguato.

Per quanto riguarda i **PFAS**, nelle sei campagne condotte si sono registrati superamenti del LOQ solo per l'acido perfluorottansolfonico (PFOS), con un massimo di 0,0019 µg/L a febbraio e una media annua di 0,00142 µg/L, superiore allo SQA-MA (0,00065 µg/L). Le singole concentrazioni sono state invece decisamente inferiori allo SQA-CMA (concentrazione massima ammissibile, 36 µg/L) stabilita dal DLgs.172/2015.

Tra i **pesticidi**, sono stati ricercati solo glifosate e il suo metabolita AMPA. Si è verificato un unico riscontro positivo per l'AMPA ad aprile, in cui è stato superato di poco il LOQ, ma vengono rispettati gli standard di qualità ambientale (SQA-MA) del DLgs 172/2015.

ATTIVITÀ B.1.4

Monitoraggio di parametri microbiologici e delle fioriture algali ai fini della balneazione

Descrizione Attività

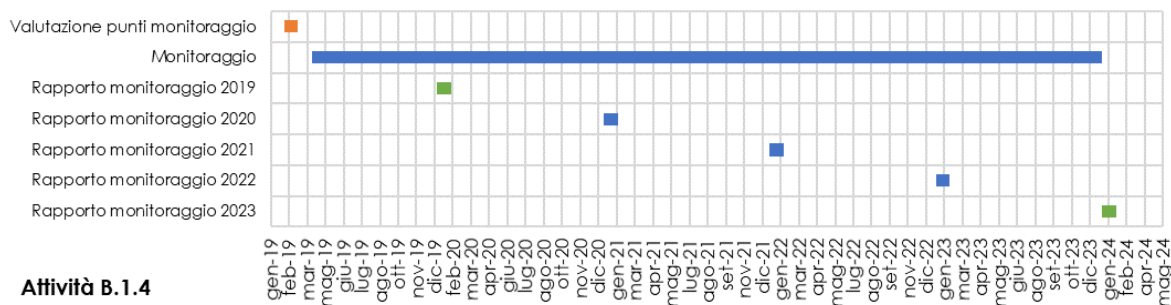
L'attività riguarda il prelievo e l'analisi in più punti ritenuti significativi (circa 5) per l'attività di balneazione lungo le coste dell'intero bacino del Lago di Varese.

L'attività ha l'obiettivo di monitorare, con un livello di dettaglio maggiore rispetto a quello richiesto dalla normativa, la presenza di alghe potenzialmente tossiche (cianobatteri), e delle tossine prodotte per quanto riguarda l'inquinamento algale, ad oggi causa della non balneabilità del lago, oltre che il monitoraggio dei microrganismi indicatori di inquinamento fognario al fine di definire la fruibilità a scopo balneare del bacino, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 116/2008 e dal Decreto del Ministero della Salute 30/03/2010.

Soggetto Attuatore

ATS Insubria

Cronoprogramma attività



L'attività è in linea con il cronoprogramma previsto.

Resoconto attività a cura di Elena Tettamanzi (ATS Insubria)

Sintesi delle attività svolte

Sono stati condotti prelievi mensili sui 5 punti previsti indicati nella tabella e nell'immagine seguenti.

Corpo idrico	Nome	Comune
Lago di Varese	LIDO SCHIRANNA	Varese
Lago di Varese	PONTILE ISOLINO VIRGINIA	Biandronno
Lago di Varese	LIDO DI GAVIRATE	Gavirate
Lago di Varese	DARSENA	Cazzago Brabbia
Lago di Varese	LIDO DI BODIO	Bodio Lomnago



Sintesi delle attività in corso

L'attività di monitoraggio continua come da cronoprogramma

Sintesi dei risultati ottenuti

Si riportano nel seguito per ogni punto campionato i risultati delle analisi. Nei due semestri di monitoraggio 2021 non si sono registrati superamenti né rispetto al monitoraggio algale, né rispetto a quello microbiologico. Non si sono verificati superamenti delle tossine monitorate.

VARESE - Lido schiranna – MONITORAGGIO ALGALE

Data	conta cianobatteri potenzialmente tossici cellule/L limite 10 ⁸	specie cellule/L	microcistina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)	saxitossina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)
18/01/2021	1.0 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 9.6 x 10 ³ Pseudoanabaena catenata 1.3 x 10 ⁴ Woronichinia naegeliana 7.3 x 10 ⁴ Planktothrix agardhii/rubescens 1.3 x 10 ³	0.16	< 0.02
22/02/2021	2.0 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 1.9 x 10 ⁵ Pseudoanabaena catenata 1.2 x 10 ³ Planktothrix agardhii/rubescens 4.8 x 10 ³ Oscillatoria limosa 4.8 x 10 ³	< 0.15	< 0.02
22/03/2021	2.5 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 1.5 x 10 ⁵ Pseudoanabaena catenata 2.3 x 10 ⁴ Planktothrix agardhii/rubescens 1.7 x 10 ⁴ Woronichinia naegeliana 5.6 x 10 ⁴	<0.15	<0.02
19/04/2021	1.1 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 2.0 x 10 ⁴ Pseudoanabaena catenata 1.4 x 10 ⁴ Planktothrix agardhii/rubescens 4.1 x 10 ³ Lyngbya sp. 4.2 x 10 ⁴ Tychonema bourrellyi 2.4 x 10 ⁴ Planktolyngbya limnetica 6.3 x 10 ³ Oscillatoria limosa 1.5 x 10 ³ Dolichospermum lemmermannii 1.7 x 10 ³	<0.15	0.04
17/05/2021	4.8 x 10 ⁵	Lyngbya sp. 3.4 x 10 ⁵ Pseudoanabaena catenata 1.4 x 10 ⁴ Aphanizomenon gracile 7.9 x 10 ³ Aphanizomenon flos-aquae 4.3 x 10 ⁴ Dolichospermum lemmermannii 6.3 x 10 ² Microcystis aeruginosa 7.2 x 10 ⁴ Dolichospermum planctonicum 2.1 x 10 ³	0.40	0.02
14/06/2021	4.8 x 10 ⁶	Dolichospermum planctonicum 2.2 x 10 ⁵ Lyngbya sp. 7.7 x 10 ⁵ Coelosphaerium kuetzingianum 2.8 x 10 ⁵ Microcystis flos-aquae 3.0 x 10 ⁶ Pseudoanabaena catenata 7.2 x 10 ³ Dolichospermum lemmermannii 4.9 x 10 ⁵ Microcystis wesenbergii 2.8 x 10 ⁴	0.19	0.02
12/07/2021	4.0 x 10 ⁶	Lyngbya sp. 3.2 x 10 ⁶ Pseudoanabaena catenata 3.6 x 10 ⁴ Dolichospermum lemmermannii 1.2 x 10 ⁴ Microcystis flos-aquae 7.7 x 10 ⁵	<0.15	<0.02
09/08/2021	5.5 x 10 ⁶	Lyngbya sp. 3.4 x 10 ⁶ Planktolyngbya limnetica 1.1 x 10 ⁵ Cuspidothrix sp. 1.9 x 10 ⁵ Cylindrospermopsis raciborskii 2.3 x 10 ⁴ Planktothrix agardhii/rubescens 1.2 x 10 ⁵	0.45	< 0.02

		Dolichospermum lemmermannii 2.4×10^5 Microcystis wesenbergii 1.3×10^6 Pseudoanabaena catenata 6.9×10^4		
06/09/2021	5.4×10^6	Cuspidothrix sp. 2.2×10^5 Lyngbya sp. 3.6×10^6 Woronichinia naegeliana 9.1×10^5 Planktolyngbya limnetica 9.2×10^4 Microcystis aeruginosa 4.3×10^5 Dolichospermum planctonicum 1.8×10^4 Microcystis wesenbergii 1.5×10^5	0.90	< 0.02
18/10/2021	1.7×10^7	Microcystis wesenbergii 1.9×10^6 Woronichinia naegeliana 4.2×10^6 Microcystis aeruginosa 1.0×10^7 Lyngbya sp. 7.8×10^5	3.78	<0.02
22/11/2021	2.9×10^7	Woronichinia naegeliana 2.3×10^7 Aphanizomenon flos-aquae 1.1×10^6 Microcystis wesenbergii 4.8×10^6	0.63	0.03
13/12/2021	5.8×10^7	Woronichinia naegeliana 4.8×10^7 Aphanizomenon flos-aquae 1.6×10^6 Microcystis aeruginosa 5.0×10^6 Lyngbya sp. 3.5×10^6	0.17	<0.02

VARESE - Lido Schiranna – MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO

	Escherichia Coli	Enterobatteri
	limite 1000 UFC/L	limite 500 UFC/L
18/01/2021	36	71
22/02/2021	19	4
22/03/2021	40	5
19/04/2021	73	5
17/05/2021	48	< 1
14/06/2021	51	7
12/07/2021	15	19
09/08/2021	240	140
06/09/2021	140	24
18/10/2021	390	47
22/11/2021	44	23
13/12/2021	54	5

BIANDRONNO - Pontile Isolino Virginia – MONITORAGGIO ALGALE

Data	conta cianobatteri potenzialmente tossici cellule/L limite 10^8	specie cellule/L	microcistina $\mu\text{g/L}$ limite <20 $\mu\text{g/L}$ (<1 $\mu\text{g/L}$ potabilità)	saxitossina $\mu\text{g/L}$ limite <20 $\mu\text{g/L}$ (<1 $\mu\text{g/L}$ potabilità)
------	--	------------------	---	---

18/01/2021	1.1×10^7	Woronichinia naegeliana 1.3×10^5 Lyngbya sp 5.2×10^3 Aphanizomenon flos-aquae 6.2×10^4	0.66	< 0.02
22/02/2021	1.6×10^5	Aphanizomenon flos-aquae 6.4×10^4 Microcystis wesenbergii 8.2×10^4 Oscillatoria limosa 1.2×10^4	< 0.15	< 0.02
22/03/2021	4.6×10^5	Planktothrix agardhii/rubescens 2.0×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 1.9×10^5 Woronichinia naegeliana 4.1×10^4 Microcystis wesenbergii 3.4×10^4	0.38	<0.02
19/04/2021	2.7×10^5	Aphanizomenon flos-aquae 9.7×10^3 Oscillatoria limosa 1.8×10^4 Pseudoanabaena catenata 5.9×10^2 Microcystis aeruginosa 1.5×10^5 Lyngbya sp. 8.7×10^4	<0.15	0.02
17/05/2021	1.9×10^5	Woronichinia naegeliana 2.4×10^4 Tychonema bourrellyi 4.9×10^3 Aphanizomenon flos-aquae 7.0×10^4 Pseudoanabaena catenata 2.7×10^4 Dolichospermum lemmermannii 4.6×10^4 Oscillatoria limosa 1.6×10^4	0.17	0.02
14/06/2021	1.5×10^6	Dolichospermum planctonicum 4.8×10^4 Coelosphaerium kuetsingianum 2.5×10^5 Lyngbya sp. 8.4×10^5 Microcystis aeruginosa 3.4×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 1.0×10^4	0.44	0.02
12/07/2021	4.1×10^6	Lyngbya sp. 2.6×10^6 Dolichospermum lemmermannii 1.4×10^6 Pseudoanabaena catenata 1.1×10^5	<0.15	< 0.02
09/08/2021	2.8×10^5	Lyngbya sp. 6.5×10^4 Cuspidothrix sp. 4.9×10^4 Planktolyngbya limnetica 8.0×10^4 Dolichospermum planctonicum 7.3×10^3 Microcystis aeruginosa 8.2×10^4	0.48	0.02
06/09/2021	2.7×10^7	Woronichinia naegeliana 8.1×10^5 Lyngbya sp. 2.5×10^7 Cuspidothrix sp. 3.7×10^4 Dolichospermum planctonicum 3.5×10^3 Planktolyngbya limnetica 5.9×10^4 Microcystis aeruginosa 1.3×10^5 Microcystis wesenbergii 1.8×10^5 Coelosphaerium kuetsingianum 9.3×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 1.4×10^4	0.97	< 0.02
18/10/2021	1.1×10^7	Woronichinia naegeliana 1.4×10^6 Microcystis wesenbergii 2.8×10^5 Lyngbya sp. 4.7×10^5 Microcystis aeruginosa 8.6×10^6 Oscillatoria limosa 5.7×10^4 Sphaerospermopsis sp. 1.8×10^4	0.64	<0.02

22/11/2021	5.7×10^6	Woronichinia naegeliana 4.5×10^6 Pseudoanabaena catenata 3.6×10^5 Planktothrix agardhii/rubescens 2.1×10^5 Microcystis aeruginosa 5.2×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 3.5×10^4	0.24	<0.02
13/12/2021	2.1×10^6	Woronichinia naegeliana 1.5×10^6 Pseudoanabaena catenata 6.6×10^4 Microcystis aeruginosa 5.5×10^5	< 0.15	< 0.02

BIANDRONNO - Pontile Isolino Virginia – MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO

	Escherichia Coli	Enterobatteri
	limite 1000 UFC/L	limite 500 UFC/L
18/01/2021	8	16
22/02/2021	<1	< 1
22/03/2021	< 1	< 1
19/04/2021	< 1	< 1
17/05/2021	25	8
14/06/2021	27	3
12/07/2021	7	10
09/08/2021	4	< 1
06/09/2021	3	< 1
18/10/2021	4	< 1
22/11/2021	5	5
13/12/2021	8	<1

GAVIRATE - Lido di Gavirate – MONITORAGGIO ALGALE

Data	conta cianobatteri potenzialmente tossici cellule/L limite 10 ⁸	specie cellule/L	microcistina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)	saxitossina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)
18/01/2021	2.6 x 10 ⁵	Lyngbya sp. 8.8 x 10 ⁵ Woronichinia naegeliana 1.8 x 10 ⁵ Aphanizomenon flos-aquae 2.7 x 10 ³ Microcystis wesenbergii 6.4 x 10 ⁴ Oscillatoria limosa 6.9 x 10 ³	0.20	< 0.02
22/02/2021	1.1 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 8.2 x 10 ⁴ Oscillatoria limosa 2.5 x 10 ⁴	< 0.15	< 0.02
22/03/2021	3.4 x 10 ⁵	Planktothrix agardhii/rubescens 2.6 x 10 ⁵ Aphanizomenon flos-aquae 7.0 x 10 ⁴ Pseudoanabaena catenata 7.3 x 10 ³	< 0.15	< 0.02
19/04/2021	1.5 x 10 ⁵	Microcystis aeruginosa 1.1 x 10 ⁵ Aphanizomenon flos-aquae 2.5 x 10 ³ Lyngbya sp. 3.5 x 10 ⁴	< 0.15	0.03
17/05/2021	1.4 x 10 ⁶	Aphanizomenon flos-aquae 7.3 x 10 ⁴ Woronichinia naegeliana 1.2 x 10 ⁴ Dolichospermum lemmermannii 1.6 x 10 ⁴ Microcystis aeruginosa 1.8 x 10 ⁵ Microcystis wesenbergii 1.2 x 10 ⁴ Lyngbya sp. 1.1 x 10 ⁶ Oscillatoria limosa 4.1 x 10 ⁴	0.30	0.02
14/06/2021	4.4 x 10 ⁶	Lyngbya sp. 4.1 x 10 ⁵ Dolichospermum lemmermannii 3.7 x 10 ⁶ Coelosphaerium kuetzingianum 2.6 x 10 ⁵ Dolichospermum planctonicum 2.4 x 10 ⁴	0.27	0.03
12/07/2021	4.0 x 10 ⁶	Lyngbya sp. 3.3 x 10 ⁶ Dolichospermum lemmermannii 6.8 x 10 ⁵ Pseudoanabaena catenata 5.7 x 10 ⁴	0.19	< 0.02
09/08/2021	3.9 x 10 ⁵	Microcystis wesenbergii 3.6 x 10 ⁴ Aphanizomenon flos-aquae 7.9 x 10 ³ Lyngbya sp. 2.2 x 10 ⁵ Microcystis aeruginosa 5.1 x 10 ⁴ Cuspidothrix sp. 2.3 x 10 ⁴ Planktolymnbya limnetica 2.7 x 10 ⁴ Dolichospermum lemmermannii 6.5 x 10 ³ Dolichospermum planctonicum 1.3 x 10 ⁴	0.54	0.02
06/09/2021	3.6 x 10 ⁷	Woronichinia naegeliana 1.8 x 10 ⁶ Lyngbya sp. 3.3 x 10 ⁷ Cuspidothrix sp. 6.1 x 10 ⁴ Dolichospermum planktonicum 1.3 x 10 ⁴ Planktolymnbya limnetica 1.1 x 10 ⁴ Microcystis aeruginosa 5.6 x 10 ⁵ Microcystis wesenbergii 2.4 x 10 ⁵	0.31	< 0.02

18/10/2021	1.0×10^7	Woronichinia naegeliana 2.3×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 8.1×10^3 Microcystis aeruginosa 7.5×10^6 Lyngbya sp. 2.9×10^5	0.45	<0.02
22/11/2021	4.9×10^6	Woronichinia naegeliana 3.0×10^6 Pseudoanabaena catenata 2.1×10^5 Planktothrix agardhii/rubescens 2.1×10^5 Microcystis aeruginosa 1.4×10^6	0.17	<0.02
13/12/2021	2.4×10^6	Woronichinia naegeliana 1.9×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 1.0×10^5 Pseudoanabaena catenata 5.3×10^4 Microcystis aeruginosa 4.1×10^5	< 0.15	< 0.02

GAVIRATE - Lido di Gavirate – MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO

	Escherichia Coli	Enterobatteri
	limite 1000 UFC/L	limite 500 UFC/L
18/01/2021	100	40
22/02/2021	77	55
22/03/2021	8	<1
19/04/2021	<1	<1
17/05/2021	21	7
14/06/2021	7	10
12/07/2021	14	25
09/08/2021	6	23
06/09/2021	13	<1
18/10/2021	21	7
22/11/2021	16	5
13/12/2021	51	14

CAZZAGO BRABBIA - Darsena – MONITORAGGIO ALGALE

Data	conta cianobatteri potenzialmente tossici cellule/L limite 10^8	specie cellule/L	microcistina $\mu\text{g/L}$ limite <20 $\mu\text{g/L}$ (<1 $\mu\text{g/L}$ potabilità)	saxitossina $\mu\text{g/L}$ limite <20 $\mu\text{g/L}$ (<1 $\mu\text{g/L}$ potabilità)
18/01/2021	1.6×10^5	Aphanizomenon flos-aquae 8.9×10^4 Oscillatoria limosa 1.2×10^4 Microcystis aeruginosa 5.9×10^4	< 0.15	< 0.02
22/02/2021	2.0×10^5	Aphanizomenon flos-aquae 4.4×10^4 Oscillatoria limosa 2.2×10^4 Pseudoanabaena catenata 1.9×10^4 Planktothrix agardhii/rubescens 5.4×10^3 Woronichinia naegeliana 1.1×10^5	< 0.15	< 0.02

22/03/2021	3.5×10^5	Planktothrix agardhii/rubescens 2.2×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 1.2×10^5 Pseudoanabaena catenata 1.2×10^3 Dolichospermum lemmermannii 1.4×10^4	0.28	<0.02
19/04/2021	1.5×10^5	Aphanizomenon flos-aquae 2.8×10^4 Microcystis aeruginosa 3.8×10^4 Lyngbya sp. 8.5×10^4 Dolichospermum lemmermannii 2.8×10^2	0.17	0.03
17/05/2021	9.4×10^5	Lyngbya sp. 7.7×10^5 Aphanizomenon flos-aquae 6.5×10^4 Oscillatoria limosa 4.3×10^4 Microcystis aeruginosa 3.4×10^4 Dolichospermum planctonicum 8.1×10^3 Dolichospermum lemmermannii 1.4×10^4 Planktothrix agardhii/rubescens 3.6×10^3	0.42	0.02
14/06/2021	2.9×10^6	Dolichospermum planctonicum 4.5×10^4 Lyngbya sp. 1.0×10^6 Dolichospermum lemmermannii 1.7×10^6 Microcystis aeruginosa 1.6×10^5	0.20	0.03
12/07/2021	3.0×10^6	Lyngbya sp. 2.3×10^6 Pseudoanabaena catenata 2.0×10^5 Dolichospermum planctonicum 4.9×10^5	<0.1	<0.02
09/08/2021	1.1×10^6	Planktolyngbya limnetica 1.6×10^5 Microcystis aeruginosa 1.2×10^5 Cuspidothrix sp. 2.6×10^5 Dolichospermum planctonicum 5.4×10^4 Lyngbya sp. 4.8×10^5 Cylindrospermopsis raciborskii 3.4×10^4	0.51	<0.02
06/09/2021	8.9×10^6	Woronichinia naegeliana 4.5×10^5 Lyngbya sp. 6.7×10^6 Cuspidothrix sp. 2.0×10^5 Microcystis aeruginosa 1.2×10^6 Microcystis wesenbergii 1.4×10^5 Coelosphaerium kuetzingianum 2.8×10^5 Planktolyngbya limnetica 4.1×10^4 Planktothrix agardhii/rubescens 1.1×10^4	0.52	< 0.02
18/10/2021	2.3×10^7	Microcystis aeruginosa 1.9×10^7 Woronichinia naegeliana 2.4×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 5.2×10^4 Microcystis wesenbergii 5.2×10^5 Lyngbya sp. 6.2×10^5 Sphaerospermopsis sp. 4.1×10^4	1.62	<0.02
22/11/2021	2.2×10^7	Woronichinia naegeliana 1.7×10^7 Pseudoanabaena catenata 2.0×10^5 Microcystis aeruginosa 3.8×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 3.2×10^5 Lyngbya sp. 9.0×10^4	0.68	<0.02
13/12/2021	1.8×10^6	Woronichinia naegeliana 1.6×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 7.3×10^4 Pseudoanabaena catenata 8.4×10^4 Tychonema bourrellyi 8.7×10^3	0.15	<0.02

CAZZAGO BRABBIA - Darsena – MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO

	Escherichia Coli	Enterobatteri
	limite 1000 UFC/L	limite 500 UFC/L
18/01/2021	7	5
22/02/2022	16	7
22/03/2021	24	7
19/04/2021	<1	<1
17/05/2021	<1	<1
14/06/2021	67	12
12/07/2021	18	24
09/08/2021	<1	15
06/09/2021	35	11
18/10/2021	8	13
22/11/2021	23	12
13/12/2021	13	<1

BODIO LOMNAGO - Lido di Bodio – MONITORAGGIO ALGALE

Data	conta cianobatteri potenzialmente tossici cellule/L limite 10 ⁸	specie cellule/L	microcistina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)	saxitossina µg/L limite <20 µg/L (<1 µg/L potabilità)
18/01/2021	2.4 x 10 ⁵	Microcystis wessenbergii 1.4 x 10 ⁵ Woronichinia naegeliana 2.3 x 10 ⁴ Lyngbya sp 1.9 x 10 ⁴ Aphanizomenon flos-aquae 6.5 x 10 ⁴	0.28	< 0.02
22/02/2021	4.9 x 10 ⁴	Aphanizomenon flos-aquae 3.9 x 10 ⁴ Pseudoanabaena catenata 1.4 x 10 ³ Planktothrix agardhii/rubescens 8.6 x 10 ³	< 0.15	< 0.02
22/03/2021	3.8 x 10 ⁵	Planktothrix agardhii/rubescens 9.2 x 10 ⁴ Aphanizomenon flos-aquae 2.2 x 10 ⁵ Oscillatoria limosa 3.8 x 10 ⁴ Pseudoanabaena catenata 1.3 x 10 ⁴ Lyngbya sp. 1.6 x 10 ³ Dolichospermum lemmermannii 2.1 x 10 ⁴	0.34	<0.02
19/04/2021	2.9 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 6.5 x 10 ⁴ Dolichospermum lemmermannii 8.1 x 10 ⁴ Lyngbya sp. 9.5 x 10 ⁴ Microcystis aeruginosa 4.6 x 10 ⁴ Tychonema bourrellyi 2.5 x 10 ³	1.28	0.03
17/05/2021	2.8 x 10 ⁵	Aphanizomenon flos-aquae 2.1 x 10 ⁴ Lyngbya sp. 2.0 x 10 ⁵ Oscillatoria limosa 5.2 x 10 ⁴ Microcystis aeruginosa 9.5 x 10 ³	0.30	0.02

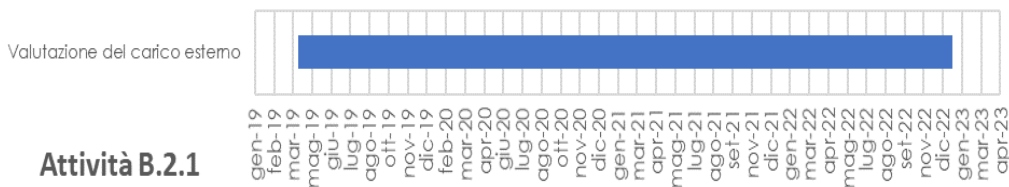
14/06/2021	3.1×10^6	Dolichospermum planctonicum 2.0×10^5 Lyngbya sp. 1.5×10^6 Coelosphaerium kuetzingianum 1.3×10^5 Dolichospermum lemmermannii 1.2×10^6	0.95	0.02
12/07/2021	2.3×10^6	Lyngbya sp. 2.2×10^6 Pseudoanabaena catenata 4.2×10^4 Dolichospermum lemmermannii 2.7×10^4 Aphanizomenon flos-aquae 3.7×10^4	<0.1	<0.02
09/08/2021	2.3×10^6	Lyngbya sp. 1.9×10^6 Microcystis aeruginosa 3.0×10^4 Oscillatoria limosa 1.1×10^5 Microcystis wesenbergii 3.8×10^4 Planktolyngbya limnetica 6.5×10^3 Sphaerospermopsis sp. 6.2×10^4 Cuspidothrix sp. 1.3×10^5 Dolichospermum lemmermannii 8.1×10^3	0.50	< 0.02
06/09/2021	6.0×10^6	Woronichinia naegeliana 1.3×10^6 Lyngbya sp. 3.7×10^6 Cuspidothrix sp. 1.0×10^5 Dolichospermum planktonicum 1.3×10^4 Planktolyngbya limnetica 3.3×10^4 Microcystis aeruginosa 7.4×10^5 Microcystis wesenbergii 9.4×10^4 Aphanizomenon flos-aquae 4.2×10^4	0.35	< 0.02
18/10/2021	9.7×10^6	Microcystis aeruginosa 2.0×10^6 Coelosphaerium kuetzingianum 3.3×10^5 Microcystis wesenbergii 3.1×10^6 Woronichinia naegeliana 4.0×10^6 Lyngbya sp. 1.9×10^5	1.84	<0.02
22/11/2021	1.5×10^7	Woronichinia naegeliana 1.3×10^7 Aphanizomenon flos-aquae 5.3×10^5 Microcystis wesenbergii 1.6×10^6 Pseudoanabaena catenata 3.8×10^5	0.86	0.03
13/12/2021	4.2×10^6	Woronichinia naegeliana 3.0×10^6 Aphanizomenon flos-aquae 3.5×10^5 Microcystis aeruginosa 5.7×10^5 Lyngbya sp. 1.9×10^5 Planktothrix agardhii/rubescens 1.2×10^5	<0.15	<0.02

BODIO LOMNAGO - Lido di Bodio – MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO

	Escherichia Coli	Enterobatteri
	limite 1000 UFC/L	limite 500 UFC/L
18/01/2021	26	5
22/02/2021	24	21
22/03/2021	13	5
19/04/2021	<1	<1
17/05/2021	<1	<1

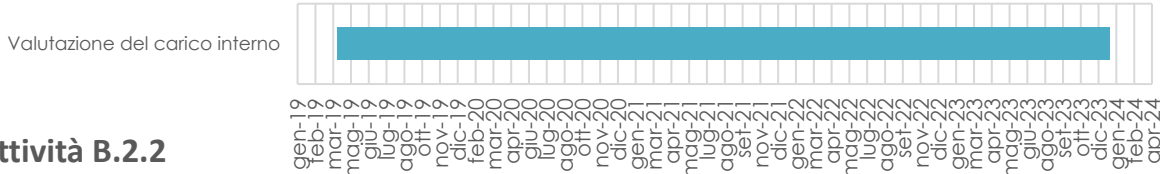
14/06/2021	<1	3
12/07/2021	4	<1
09/08/2021	< 1	< 1
06/09/2021	6	6
18/10/2021	15	13
22/11/2021	8	5
13/12/2021	<0.15	<1

AZIONE B.2	
SVILUPPO DI UN MODELLO DI BILANCIO DI MASSA DEL FOSFORO	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività B.2.1. Valutazione del carico esterno - Attività B.2.2. Valutazione del carico interno
Risultati attesi	<p>L'azione è necessaria per valutare il raggiungimento degli obiettivi rispetto alle aree sensibili o al conseguimento di determinate concentrazioni di fosforo a lago, che dipendono dai carichi di nutrienti veicolati a lago.</p> <p>L'azione è utile per giungere a una valutazione del bilancio di massa del fosforo per il lago di Varese partendo dagli studi già effettuati, dai dati bibliografici e dai dati risultanti dall'Attività A.1.3.</p> <p>L'azione può essere implementata in futuro in caso di necessità di valutazioni più dettagliate di stima dei carichi</p>
Soggetto coordinatore	Regione Lombardia

ATTIVITÀ B.2.1	
Valutazione del carico esterno	
Descrizione Attività	Partendo dalla bibliografia esistente e dai risultati delle attività di monitoraggio sugli sfioratori A.1.3 e dai dati provenienti dall'attività di monitoraggio B.1.2 sarà aggiornato il carico esterno proveniente dal bacino imbrifero e riversato nel lago di Varese. Sulla base di queste prime valutazioni, l'attività potrà essere implementata nel futuro prevedendo un campionamento diretto dei vari immissari.
Soggetto Attuatore	Regione Lombardia, ARPA Lombardia
Cronoprogramma attività	 <p>Valutazione del carico esterno</p> <p>Attività B.2.1</p> <p>L'attività è ancora in corso. Si prevede la conclusione nei prossimi mesi</p>

Sintesi delle attività svolte

L'attività è in corso e si stanno effettuando le prime elaborazioni sulla base dei dati raccolti. Sono stati raccolti i dati degli scarichi in ambiente (database provinciale), nonché i dati aggiornati riferiti a: uso del suolo, popolazione residente, attività produttive. Per la stima saranno utilizzati sia i dati di monitoraggio effettuato sui tributari del lago (attività B.3.1), che quelli provenienti dall'attività di monitoraggio condotte sugli sfioratori (attività A.1.3).

ATTIVITÀ B.2.2	
Valutazione del carico interno	
Descrizione Attività	L'attività ha lo scopo di definire il carico interno, basandosi sui dati bibliografici esistenti o prevedendo ulteriori nuove attività di studio. Sarà effettuato un campionamento integrativo per una valutazione spazio-temporale dell'areale di possibile rilascio di fosforo dal sedimento. In futuro è ipotizzabile una attività di laboratorio mirata ad una valutazione del rilascio di fosforo dai sedimenti.
Soggetto Attuatore	Regione Lombardia, ARPA Lombardia
Cronoprogramma attività	 <p>Valutazione del carico interno</p> <p>Attività B.2.2</p> <p>È stato deciso di prolungare tale attività fino alla fine del 2020 per valutare in modo più preciso la quantificazione del carico interno utilizzando anche i dati di monitoraggio del 2020</p>

Resoconto attività a cura di Pietro Genoni (ARPA Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

Nel 2019 sono stati monitorati alcuni punti aggiuntivi (AQST1, AQST2, AQST3), oltre alla stazione di massima profondità di Biandronno, allo scopo di verificare l'omogeneità spaziale delle caratteristiche chimico-fisiche del lago e cercare di stimare con maggiore precisione l'entità del carico interno di fosforo. L'ubicazione dei punti di prelievo è riportata in Figura 72.

Dal 2020 i prelievi si sono concentrati nella sola stazione di Biandronno aumentando il numero delle profondità campionate nell'ipolimnio durante la fase di stratificazione termica allo scopo di migliorare la conoscenza della distribuzione dei nutrienti nelle acque profonde e la stima del carico interno rilasciato dai sedimenti. Allo scopo sono state campionate 3 ulteriori profondità collocate a 17-20-23 metri sulle quali sono stati analizzati il fosforo e l'azoto a partire dal mese di maggio.

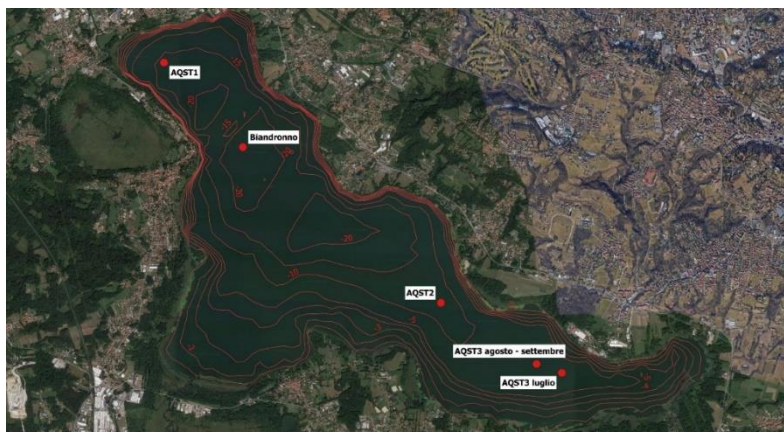


Figura 72. Lago di Varese: ubicazione delle stazioni di monitoraggio per la stima del carico interno di fosforo.

Sintesi dei risultati ottenuti

Alla luce dei risultati ottenuti negli anni precedenti, si ritiene che la stima del carico interno lordo basata sul tasso di rilascio di fosforo dai sedimenti e sull'estensione della superficie di fondale anossica sovrastimi il carico interno reale. Per il 2021 quindi si è scelto di stimare il carico interno basandosi solo sugli incrementi di concentrazione del fosforo che si verificano nell'ipolimnio (Nürnberg, 2009), in particolare nello strato 15 metri-fondo, durante il periodo di stratificazione termica. A tali valori devono essere aggiunte le tonnellate rimosse dall'impianto di prelievo ipolimnico, stimate in base alle analisi svolte settimanalmente da alfa per la gestione dell'impianto.

In Tabella 21 sono riportati i risultati relativi al 2021 che indicano un carico interno netto di 6,5 tonnellate per il fosforo totale e 5,5 tonnellate per l'ortofosfato. In Tabella 22 e

Tabella 23 viene riportata la serie storica calcolata dal 2016 al 2021.

Tabella 21. Stima del carico interno netto relativo al 2021 per fosforo totale e ortofosfato. I valori delle tonnellate asportate dall'impianto di prelievo ipolimnico sono stati forniti dalla Provincia di Varese.

2021	Fosforo totale (t)	Ortofosfato (t)
Delta novembre-maggio	2,5	2,5
Tonnellate asportate	4,0	3,0
Carico interno netto	6,5	5,5

Tabella 22. Concentrazioni medie di fosforo totale nello strato 15 metri-fondo, tonnellate di fosforo totale presenti, differenza rispetto al periodo di inizio stratificazione termica.

Data	TP (µg/L)	Massa TP (t)	Δ (t)
16/05/2016	135	3,7	-
15/11/2016	418	11,4	7,7
13/04/2017	77	2,9	-
19/09/2017	245	9,1	6,3
07/05/2018	93	2,5	-
20/11/2018	223	6,1	3,6
14/05/2019	120	3,3	-
12/11/2019	299	8,2	4,9
19/05/2020	139	3,8	-
09/12/2020	203	5,5	3,7*
12/05/2021	72	2,0	-
09/11/2021	165	4,5	6,5*

**Valori ottenuti dalla somma della media di fosforo misurato e del fosforo rimosso dall'impianto di prelievo ipolimnico*

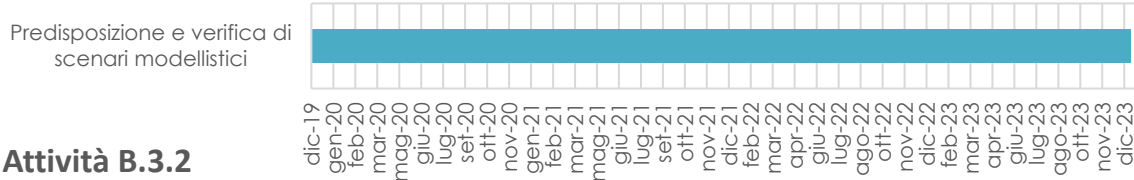
Tabella 23. Concentrazioni medie ortofosfato nello strato 15 metri-fondo, tonnellate di ortofosfato presenti, differenza rispetto al periodo di inizio stratificazione termica.

Data	P-PO ₄ ³⁻ (µg/L)	Massa PO ₄ ³⁻ (t)	Δ (t)
16/05/2016	85	2,3	-
15/11/2016	365	10,0	7,7
13/04/2017	61	2,3	-
19/09/2017	226	8,4	6,2
07/05/2018	39	1,1	-
20/11/2018	217	5,9	4,9
14/05/2019	84	2,3	-
12/11/2019	292	8,0	5,7
19/05/2020	131	3,6	-
09/12/2020	175	4,8	2,8*
12/05/2021	64	1,7	-
09/11/2021	155	4,2	5,5*

** Valori ottenuti dalla somma della media di ortofosfato misurato e dell'ortofosfato rimosso dall'impianto di prelievo ipolimnico*

AZIONE B.3	
SVILUPPO DI SCENARI EVOLUTIVI DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL LAGO FINALIZZATI AD UNA VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività B.3.1. Sviluppo e validazione di un modello previsionale della qualità delle acque del lago - Attività B.3.2. Predisposizione di scenari modellistici
Risultati attesi	<p>Dall'azione ci si attende l'individuazione di scenari evolutivi della qualità delle acque del Lago di Varese, con specifico riferimento a nutrienti, stato di ossigenazione e gruppi algali principali, mediante l'applicazione di un modello accoppiato idrodinamico/ ecologico. Gli scenari saranno sviluppati aggregando scenari di variazione dei carichi e scenari climatici, comprendendo anche l'emunzone ipolimnica. Le simulazioni ottenute potranno essere confrontate con gli obiettivi di qualità prefissati (es. concentrazioni naturali, obiettivi gestionali), con lo scopo ultimo di valutare l'importanza relativa di diversi fattori e/o interventi (es. evoluzione meteo-climatica, diminuzione dei carichi a seguito del miglioramento del reticolo fognario, emunzone ipolimnica) nell'evoluzione futura della qualità delle acque.</p>
Soggetto coordinatore	CNR IRSA Verbania

ATTIVITÀ B.3.1.	
Sviluppo e validazione di un modello previsionale della qualità delle acque del lago	
Descrizione Attività	<p>Il modello idrodinamico 1D General Lake Model (GLM) verrà accoppiato al modulo ecologico Aquatic EcoDynamics (AED2) per simulare le dinamiche di mescolamento e stratificazione del lago e le relative conseguenze sulla chimica delle acque, con particolare riferimento ai nutrienti, e gruppi algali. Il modello verrà dapprima validato e calibrato, grazie ai dati provenienti dall'attività B.1.1 e ai dati di monitoraggio meteo e idrologici da ARPA Lombardia e relativi alla temperatura dell'acqua, all'ossigeno disciolto, ai nutrienti al lago e in ingresso e alla biomassa e composizione del fitoplancton.</p>
Soggetto Attuatore	Regione Lombardia, CNR IRSA Verbania
Cronoprogramma attività	<p>L'attività si è prolungata anche nel dicembre 2019 e nei primi mesi del 2020 ed è ora conclusa. Sono proseguiti i campionamenti e le analisi dei tributari, per avere un quadro più completo della variabilità delle concentrazioni e per verificare alcune tendenze in atto, nel corso del 2020 soprattutto per quanto riguarda il Torrente Brabbia (risultati riportati in attività B.3.2)</p>

ATTIVITÀ B.3.2.	
Predisposizione di scenari modellistici	
Descrizione Attività	<p>L'attività riguarda l'applicazione dei modelli GLM/AED2, validati nell'attività precedente, al Lago di Varese utilizzando diversi scenari previsionali che tengano conto sia di fattori climatici che di variazioni negli apporti di nutrienti a lago. Gli scenari verranno messi a punto sulla base delle informazioni già esistenti sui carichi da studi pregressi e sintetizzati dal Comitato Tecnico Scientifico dell'Osservatorio del Lago di Varese, ma anche includendo i risultati dell'azione 1, nello specifico Attività A.1.3 e A.1.4. (carichi da sfioratori fognari e scarichi esistenti nel bacino del lago). Gli scenari combineranno le previsioni sulle variazioni dei carichi (anche in funzione dell'attivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico) con scenari climatici. Le simulazioni saranno effettuate sotto le ipotesi di invarianza nel tempo dei parametri del modello (per l'impossibilità di ipotizzare la loro variazione nel tempo) e quindi i risultati saranno accompagnati da un'analisi dell'incertezza relativa ai risultati ottenuti e da un'analisi approfondita sull'interpretazione quali-quantitativa dei risultati.</p>
Soggetto Attuatore	<p>Regione Lombardia, CNR IRSA Verbania</p>
Cronoprogramma attività previsto	 <p>Attività B.3.2</p> <p>Predisposizione e verifica di scenari modellistici</p> <p>dic-19 gen-20 feb-20 mar-20 mag-20 giu-20 lug-20 set-20 ott-20 nov-20 gen-21 feb-21 mar-21 mag-21 giu-21 lug-21 set-21 ott-21 nov-21 dic-21 feb-22 mar-22 apr-22 giu-22 lug-22 ago-22 ott-22 nov-22 dic-22 feb-23 mar-23 apr-23 giu-23 lug-23 ago-23 ott-23 nov-23 dic-23</p>

Resoconto attività a cura di Claudia Dresti e Michela Rogora - CNR IRSA, Verbania

Attività previste

L'**attività B.3.1** riguarda la calibrazione e validazione mediante dati sperimentali del modello numerico idrodinamico ed ecologico GLM/AED2 al Lago di Varese. Il modello idrodinamico 1D *General Lake Model* (GLM) viene accoppiato al modulo ecologico *Aquatic EcoDynamics* (AED2) per simulare le dinamiche di mescolamento e stratificazione del lago, e le relative conseguenze sulla chimica delle acque e sui *bloom* fitoplanctonici. L'**attività B.3.2** riguarda invece la successiva applicazione del modello utilizzando diversi scenari previsionali che tengano conto sia di fattori climatici che di variazioni negli apporti di nutrienti a lago (carico interno ed esterno).

Le nuove attività per l'anno 2022 prevedono che il modello resti a disposizione per ogni esigenza all'interno dell'AQST e venga utilizzato e aggiornato ogni anno con i nuovi dati resi disponibili grazie alle altre Attività.

Attività svolte e risultati

Entrambe le attività B.3.1. e B.3.2. sono concluse. Di seguito, si riassumono brevemente i principali risultati ottenuti da tali attività e si introducono le nuove attività.

Il modello GLM/AED2 è stato applicato a diversi scenari previsionali che tengano conto sia di fattori climatici che di variazioni negli apporti di nutrienti a lago. Per quanto riguarda i fattori climatici, sono stati considerati gli scenari di cambiamento climatico CH2018 (www.climate-scenarios.ch) relativi alla temperatura dell'aria per il periodo 2019-2085 elaborati per la Svizzera meridionale, su un areale che comprende anche il territorio italiano dei Laghi Maggiore e Varese.

I 3 scenari considerati sono stati:

- RCP8.5, che rappresenta una situazione di crescita economica incontrollata, con conseguente aumento incontrollato delle emissioni;
- RCP4.5, che considera una diminuzione delle emissioni a partire dal 2050, dovuta all'impiego di tecnologie rinnovabili;
- RCP2.6, secondo il quale le emissioni diminuiranno a partire dal 2020, come conseguenza degli accordi di Cancun del 2010 (Conferenza delle Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, COP16).

Per ciascuno di questi scenari, vengono forniti 3 livelli di probabilità: "lower", che rappresenta il quinto percentile, "medium", corrispondente al cinquantesimo percentile, e "upper", che rappresenta il novantacinquesimo percentile, derivanti dall'analisi statistica dei risultati dei modelli climatici considerati.

Per ogni scenario climatico abbiamo prodotto più simulazioni con GLM/AED2, almeno 20, in modo da mediane i risultati e determinare l'influenza del tempo meteorologico sui risultati.

Le simulazioni sono state effettuate con diversi scenari di apporti di fosforo a lago, in particolare:

- Apporto costante di fosforo pari a 13.9 t a^{-1} , corrispondente a una concentrazione di fosforo totale nelle acque immissarie di circa $80 \mu\text{g L}^{-1}$.
- Apporto che si riduce linearmente nel periodo 2020-2025, fino a raggiungere riduzioni del 20 e 30% rispettivamente rispetto al valore iniziale.

Nelle simulazioni si è anche tenuto conto dell'emunzione ipolimnica, ovvero del prelievo di acque dal fondo del lago, con una portata prelevata pari a massimo $1 \text{ m}^3/\text{s}$ nel periodo maggio-ottobre, tenendo conto del deflusso minimo vitale (DMV) del fiume Bardello pari a $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (dato fornito da ARPA Lombardia).

Le simulazioni effettuate sono state quindi le seguenti:

- Simulazioni con tutti gli scenari climatici come forzante climatica e con diversi scenari di carico di fosforo in ingresso senza considerare l'emunzione ipolimnica.
- Simulazioni con tutti gli scenari climatici come forzante climatica, con scenari di carico di fosforo in ingresso ed emunzione ipolimnica.

Sono state effettuate tutte le simulazioni di interesse con il modello GLM/AE2 e si sono analizzati i risultati con particolare riferimento all'ossigeno disciolto e al fosforo reattivo.

I risultati mostrano che gli scenari climatici non evidenziano variazioni sostanziali nel tempo; questo perché si tratti di scenari a lungo termine e gli effetti più marcati sono da attendersi dopo il 2030-2040. Lo scenario climatico peggiore porta, comunque, ad un aumento delle concentrazioni di fosforo lungo la colonna d'acqua, che può essere conseguente a vari fattori tra cui modificazioni nell'idrodinamica lacustre nella direzione di una maggior stabilità della colonna d'acqua e di un maggior accumulo di P nelle acque ipolimniche, come osservato per altri laghi (Rogora et al., 2018). L'emunzione accoppiata alla riduzione del carico dal bacino porti a risultati soddisfacenti in termini di riduzione della concentrazione lungo di P nel lungo periodo, a causa dell'inerzia del sistema lago.

Una riduzione di carico esterno del 30% accoppiata all'emunzione ipolimnica consentirebbe già dal 2030 di raggiungere concentrazioni prossime a $45 \mu\text{g PL}^{-1}$ (l'obiettivo di qualità fissato per il Lago di Varese dal Piano di Tutela delle Acque (PTUA 2016) è di $32 \mu\text{g L}^{-1}$ come valore di P totale). Il mantenimento del carico esterno ai livelli attuali porterebbe ad un peggioramento nel tempo, con un aumento dei valori di concentrazione di fosforo rispetto a quelli attuali.

Per quanto riguarda l'emunzione ipolimnica, il modello stima una quantità di fosforo estratta con l'emunzione variabile fra 1.5 e 4 t a^{-1} , in linea con i dati di gestione dell'impianto ipolimnico del 2020.

Attività fine 2021/primi mesi 2022

Attualmente si stanno utilizzando i dati dei primi due anni di funzionamento dell'impianto ipolimnico per verificare i risultati del modello in presenza di emunzione. In particolare, è necessario migliorare la calibrazione del modello inserendo un effluente a 3 m di profondità per simulare il prelievo di acqua dall'epilimnio utilizzata per miscelare l'acqua in uscita dall'emunzione. Inoltre, si intende utilizzare i dati delle boe e confrontare i risultati del modello con quelli ottenuti utilizzando i dati della stazione meteorologica di Varese. I primi risultati della nuova calibrazione e l'aggiornamento con i dati 2020-2021 dell'impianto di emunzione saranno disponibili entro la prima metà del 2022.

Sono ripresi i campionamenti del Torrente Brabbia, immissario del Lago di Varese, allo scopo di verificare se la diminuzione dei tenori di P osservata nel corso del 2020 e descritta nelle precedenti relazioni si sia mantenuta nel tempo. I primi dati indicano concentrazioni superiori a quelle riscontrate tra fine 2020 e inizio 2021 (circa $80 \mu\text{g L}^{-1}$ come P totale rispetto a $40 \mu\text{g L}^{-1}$). Si rendono però necessari ulteriori dati per valutare la situazione, anche in condizioni idrologicamente diverse da quelle attuali.

Il modello è comunque uno strumento a disposizione delle esigenze delle diverse Attività implementati nell'AQST. Ad esempio, si sta dando supporto ad ARPA Lombardia per valutare il carico interno del lago per il 2021, andando in particolare a calcolare l'inizio del periodo di anossia in fondo al lago.

Criticità riscontrate e proposte di risoluzione

Per migliorare la stima dei carichi in ingresso e poter rendere i risultati del modello più precisi di anno in anno, sarebbe necessario ottenere i dati relativi agli scolmatori di piena e più in generale informazioni sul carico esterno veicolato a lago e sulle sue variazioni in risposta agli interventi previsti.

Bibliografia

NCCS. CH2018 (2018). Climate Scenarios for Switzerland. Natl. Cent. Clim. Serv. Zurich 26.

Rogora, M., F. Buzzi, C. Dresti, B. Leoni, M. Patelli, F. Lepori, R. Mosello, N. Salmaso. 2018. Climatic effects on vertical mixing and deep-water oxygen content in the subalpine lakes in Italy. *Hydrobiologia*, 824: 33-50.

AZIONE B.4.	
VALUTAZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE PER IL RISANAMENTO DEL LAGO	
Attività	Attività B.4.1. Istruttoria e approfondimenti circa la possibilità di utilizzo di tecniche e tecnologie innovative per il risanamento del lago di Varese
Risultati attesi	Individuazione di ulteriori tecnologie utili per raggiungere gli obiettivi dell'accordo
Risorse finanziarie complessive	Risorse interne
Soggetto coordinatore	Regione Lombardia

ATTIVITÀ B.4.1.	
Istruttoria e approfondimenti circa la possibilità di utilizzo di tecniche e tecnologie innovative per il risanamento del lago di Varese	
Descrizione Attività	L'attività prevede l'organizzazione di incontri di istruttoria tecnica rispetto alle proposte presentate dai vari soggetti proponenti la sperimentazione di nuove tecnologie per il risanamento delle acque del lago di Varese.
Soggetto Attuatore	Regione Lombardia
Cronoprogramma attività	L'attività ha durata lungo l'intero percorso dell'accordo.

Resoconto attività a cura di Daniele Magni – Regione Lombardia

Sintesi delle attività svolte

Nel periodo di riferimento del presente documento di monitoraggio semestrale, non sono giunte ulteriori segnalazioni e proposte di tecnologie innovative per il risanamento del lago.

Macroazione C. Riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico

AZIONE C.1.	
STUDI PROPEDEUTICI ALLA RIATTIVAZIONE DELL'IMPIANTO	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività C.1.0. Analisi sullo stato di consistenza dell'impianto. - Attività C.1.1. Valutazione in merito al prolungamento della tubazione di scarico dell'impianto di prelievo ipolimnico con predisposizione di sifonamento. - Attività C.1.2. Progettazione degli interventi
Risultati attesi	<p>Tale azione concorre al completamento del processo di risanamento delle acque per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale e di concentrazione di fosforo a lago. L'azione ha come obiettivo la progettazione degli interventi di adeguamento tecnologico e implementazione dell'impianto. Il progetto dovrà essere conforme al D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. e al vigente regolamento sui livelli di progettuali DPR 207/2010.</p>
Soggetto coordinatore	Provincia di Varese

ATTIVITA' C.1.0	
Analisi sullo stato di consistenza dell'impianto	
Descrizione Attività	<p>Analisi della funzionalità dell'impianto di prelievo ipolimnico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verifica dello stato di conservazione dell'impianto di prelievo ipolimnico in tutte le sue componenti aeree e sommerse (tubazioni, pompe, valvole, chiusure, vasca di strippaggio, ecc.). - Identificazione degli interventi di adeguamenti necessari con relativa stima dei costi ai fini della riattivazione dell'impianto. - Stima dei costi annuali di esercizio dell'impianto a seguito della sua riattivazione (elettricità, ossigeno, gestione, manutenzione, ecc.). - Stima dei costi di dismissione dell'impianto. - Predisposizione di un rapporto conclusivo riportante l'esito delle analisi svolte.
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese (affidamento incarico alla Società SIAI GROUP S.r.l. di Laveno Mombello)
Cronoprogramma attività	Attività conclusa nel dicembre 2017

ATTIVITA' C.1.1	
Valutazione in merito al prolungamento della tubazione di scarico dell'impianto di prelievo ipolimnico con predisposizione di sifonamento	
Descrizione Attività	<p>L'attività prevede uno studio delle quote altimetriche per valutare la fattibilità tecnica di quanto segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> - spostamento del punto di scarico sotto il ponte della S.50dir a distanza di circa 1 km dal punto di immissione attuale, in una zona di tanto da recettori sensibili, tramite tubazione stesa in alveo al fiume Bardello; - realizzazione di un sifone per il funzionamento dell'impianto a gravità, con conseguente abbattimento dei costi di energia elettrica. <p>Dovrà essere predisposta una relazione finale comprensiva di tavole descrittive con indicazione delle quote altimetriche, delle indicazioni di massima del progetto e stime di costo.</p>
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	Attività terminata ad aprile 2019

ATTIVITA' C.1.2	
Progettazione Interventi	
Descrizione Attività	<p>Progettazione degli interventi necessari alla riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - manutenzione/implementazione/ammodernamento (automazione, sostituzione quadro elettrico, sistemazione manufatto di scarico, valvola di prelievo acque superficiali, ecc.); - spostamento dello scarico di circa 1 km più a valle lungo il fiume Bardello; - funzionamento ibrido alternato: pompaggio forzato (elevate portate) o sifonamento (esigue portate);
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Soggetti Coinvolti	Regione Lombardia, Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	<p><u>Manutenzione/implementazione/ammodernamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - sostituzione quadro elettrico (concluso febbraio 2020); - sistemazione manufatto di scarico (concluso II semestre 2019); - valvola mix per il prelievo acque superficiali (concluso II semestre 2019); - Elettore Venturi comprensivo di sperimentazione preliminare (concluso maggio 2021); - n. 2 punti di scarico aggiuntivi nei pressi dello sbarramento (concluso maggio 2021); - cartellonistica informativa relativa all'impianto (termine entro 2022); - automazione impianto (termine entro 2022);

Spostamento dello scarico: L'attività è stata sospesa in attesa di verificare l'efficacia delle migliorie tecnologiche apportate all'impianto di prelievo ipolimnico

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Con riferimento a quanto previsto dal cronoprogramma, si informa che l'incarico per la progettazione e l'installazione di cartellonistica informativa relativa all'impianto di prelievo ipolimnico è stato affidato e che l'attività è in corso.

La parte relativa all'automazione dell'impianto potrà essere affrontata con l'adeguato livello di approfondimento soltanto dopo l'installazione del sistema di iniezione di aria tramite eiettore Venturi e dei n. 2 nuovi scarichi, poiché ad essi strettamente legata.

Per la parte legata alla progettazione dello spostamento dello scarico si rimanda alle valutazioni dell'attività C.2.2. in cui se ne propone l'eliminazione.

AZIONE C.2: ESECUZIONE DEI LAVORI

Attività

- Attività C.2.1. Ammodernamento e adeguamento dell'impianto di prelievo ipolimnico
- Attività C.2.2. Sistemazione dello scarico dell'impianto di prelievo
- Attività C.2.3. Predisposizione del piano (delle specifiche) per il funzionamento dell'impianto
- Attività C.2.4. Installazione impianto fotovoltaico

Risultati attesi

Tale azione concorre al completamento del processo di risanamento delle acque per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale e di concentrazione di fosforo a lago attraverso la riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico.

Soggetto coordinatore

Provincia di Varese

ATTIVITA' C.2.1

Ammodernamento e adeguamento dell'impianto di prelievo ipolimnico e realizzazione di prove sperimentali di riavvio

Descrizione Attività

Attuazione di una serie di interventi sull'impianto costituiti da opere di aggiornamento tecnologico/manutenzione ordinaria, e adeguamenti finalizzati a ridurre la propagazione di cattivi odori in corrispondenza del punto di immissione delle acque emunte nel fiume Bardello.

Contestualmente si prevede la realizzazione di alcune prove sperimentali di riavvio per la verifica degli interventi eseguiti.

Soggetto Attuatore

Provincia di Varese

Cronoprogramma attività

- sostituzione quadro elettrico: concluso giugno 2020;
- sistemazione manufatto di scarico: concluso luglio 2020;
- valvola di miscelazione per il prelievo acque superficiali: concluso giugno 2020;
- realizzazione di prove sperimentali di riavvio: concluso giugno 2020
- sistema di iniezione di aria atmosferica in stazione di pompaggio tramite Elettore Venturi: termine entro 2022;
- stazione di misura qualità acque F. Bardello e rilevatore cattivi odori (H2S): termine entro 2022
- n. 2 punti di scarico aggiuntivi nei pressi dello sbarramento: termine entro 2022;
- cartellonistica informativa relativa all'impianto: termine entro 2022;
- automazione impianto: termine entro 2022;

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Con riferimento al cronoprogramma riportato nella scheda si informa che:

- Il progetto esecutivo del sistema di iniezione di aria atmosferica in stazione di pompaggio tramite Elettore Venturi è stato approvato a dicembre 2021 e sono in corso gli adempimenti propedeutici all'attivazione della procedura di gara per l'affidamento dell'incarico.
- L'incarico relativo alla stazione di misura della qualità acque del F. Bardello e al rilevatore di idrogeno solforato in aria è stato affidato ed è in corso di attuazione.
- L'incarico relativo alla progettazione della cartellonistica informativa relativa all'impianto è stato affidato a dicembre 2021, ed è in fase di attuazione. A tal proposito è in corso un confronto con alcuni membri della segreteria tecnica per la definizione dei contenuti informativi da inserire nei cartelli.
- Gli interventi concernenti i n. 2 punti di scarico aggiuntivi e l'automazione dell'impianto sono in sospeso in attesa degli esiti degli accertamenti in corso relativi alla proprietà dell'impianto stesso (*).

(*) A partire dal 2021 sono stati attivati alcuni approfondimenti tecnici da parte degli uffici di Regione e Provincia finalizzati a determinare in capo a quale soggetto sia la proprietà dell'impianto di prelievo ipolimnico, ciò anche a seguito di documenti recentemente rinvenuti negli archivi provinciali risalenti alla fine degli anni '90, che hanno aperto nuovi scenari di valutazione.

Gli approfondimenti sono in corso di effettuazione.

ATTIVITA' C.2.2	
Sistemazione dello scarico dell'impianto di prelievo	
Descrizione Attività	L'attività prevede l'esecuzione delle opere di adeguamento dello scarico dell'impianto di prelievo ipolimnico, con funzionamento ibrido alternato: pompaggio forzato o sifonamento per gravità sulla base del progetto previsto dall'attività C.1.2
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	L'attività è sospesa in attesa della verifica di efficacia degli interventi di implementazione previsti nell'attività C.2.1

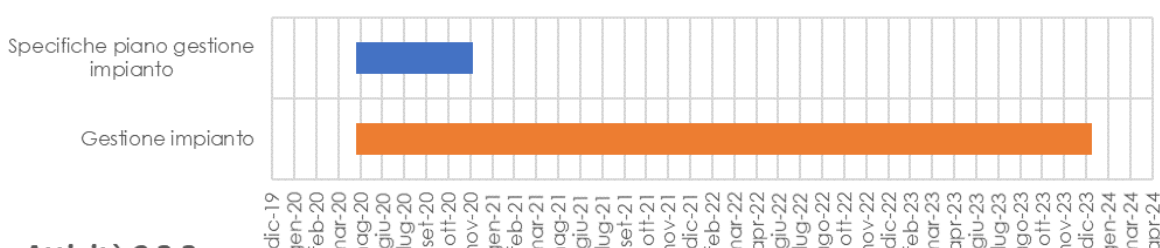
L'attività sarà eventualmente attivata sulla base dei risultati del monitoraggio di funzionamento dell'impianto di prelievo ipolimnico.

Sintesi delle attività svolte:

Con riferimento all'attività in questione, considerato quanto segue:

- l'efficacia delle migliorie tecnologiche sino ad oggi apportate all'impianto (valvola di miscelazione e controllo in remoto) per il controllo dei cattivi odori nei pressi del punto di scarico;
- le esperienze positive di gestione dell'impianto 2020 e 2021;
- gli ulteriori interventi di implementazione dell'impianto in programma volti a migliorare ancora di più efficacemente la gestione della problematica (iniezione di aria e n. 2 nuovi scarichi),

tale attività rimane sospesa in attesa di nuove determinazioni da parte del Comitato di Coordinamento.

ATTIVITA' C.2.3	
Predisposizione del piano (delle specifiche) per il funzionamento dell'impianto, gestione e monitoraggio	
Descrizione Attività	L'attività prevede la redazione di un apposito piano che specifichi per le diverse condizioni ambientali (livelli delle acque, concentrazioni di nutrienti, temperature dell'acqua, ect...) le condizioni di esercizio dell'impianto al fine di prevenire eventuali impatti negativi nel lago e nel tributario, nonché i costi operativi di gestione e monitoraggio dell'impianto.
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	 <p>Attività C.2.3</p>

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese) e Daniele Magni (Regione Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

Di seguito si riporta una tabella con i principali dati di funzionamento dell'impianto relativi al periodo 2020 – 2021:

	Avvio	Fermo	Giorni di esercizio	Volumi	P tot	N tot	NH ₄
--	-------	-------	---------------------	--------	-------	-------	-----------------

2020	10/06/2020	25/12/2020	173/199 (26 gg di fermo per lavori)	7,7 Mm ³	2 ton	17,8 ton	10,5 ton
2021	21/04/2021	09/12/2021	227/233 (6 gg di fermo per guasto)	16,6 Mm ³	4 ton	37 ton	24 ton

Per approfondimenti di dettaglio si rimanda alla relazione tecnica e al giornale di esercizio dell'impianto, tenuti presso gli uffici della provincia.

L'esperienza di gestione 2021 ha evidenziato che il periodo ideale per il funzionamento dell'impianto a garanzia di un favorevole rapporto costo/beneficio, è aprile – dicembre (le date di avvio e spegnimento devono essere di anno in anno determinate in base alle risultanze delle analisi chimiche delle acque).

Come elemento di attenzione è emersa la necessità di un monitoraggio più frequente nel primo tratto del fiume Bardello per assicurare il rispetto dei criteri di qualità previsti dalle Linee guida della Segreteria Tecnica, con particolare riferimento alle concentrazioni di ossigeno, parametro per il quale è prevista una soglia di sicurezza di 5 mg/l, al di sotto della quale si potrebbero verificare fenomeni di stress per alcune componenti del biota acquatico. Concentrazioni inferiori alla soglia sono state talvolta registrate nei periodi giugno - luglio e novembre - dicembre. A tal fine l'installazione di una sonda parametrica con misurazione in continuo (intervento in corso vedi attività C.2.1) permetterà di delineare con maggiore precisione i rapporti causa-effetto che determinano l'andamento dell'ossigeno nel primo tratto del fiume, fornendo al contempo le necessarie indicazioni per la gestione dell'impianto di prelievo ipolimnico.

ATTIVITA' C.2.4
Installazione impianto fotovoltaico
Descrizione Attività Al fine di ridurre i costi energetici legati al pompaggio forzato si prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico da circa 100 kW presso la tettoia a doppia falda del cimitero di Biandronno (circa 700 m ² di superficie utile).
Soggetto Attuatore Provincia di Varese
Cronoprogramma attività Progetto di Fattibilità: Concluso (febbraio 2020) Progetto Esecutivo: Termine settembre 2021 Lavori: Termine entro 2022

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Con riferimento all'attività in questione si informa che:

- Il progetto definitivo è stato approvato a dicembre 2021 e il progetto esecutivo, consegnato a gennaio 2022, è pronto per essere appaltato.
- Il progetto prevede la possibilità di installare un impianto fotovoltaico su entrambe le falde esistenti presso la copertura del cimitero di Biandronno, tuttavia la falda nord-est al momento

non è utilizzabile poiché è interessata da un intervento edilizio in programma nel breve periodo da parte del Comune.

- Sono in corso delle interlocuzioni tra Regione, Provincia e Comune per accelerare i tempi di realizzazione dell'impianto, almeno sulla falda sud-ovest non interessata da interventi edilizi, nonché per stabilire in maniera formale i ruoli delle diverse parti coinvolte (proprietario, attuatore, gestore, ecc.).

Macroazione D. Salvaguardia della biodiversità del lago di Varese

AZIONE D.1	
AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DELLA ZONA SPECIALE DI CONSERVAZIONE (ZSC) "ALNETE DEL LAGO DI VARESE" E DELLA ZONA DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS) "LAGO DI VARESE"	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività D.1.1. Disciplina e vigilanza della navigazione sul lago. - Attività D.1.2. Valutazioni di proposte di revisione della normativa sulla navigazione. - Attività D.1.3. Analisi di fattibilità per lo sviluppo di una navigazione elettrica sul lago. - Attività D.1.4. Valutazione dei livelli del lago adeguati alla protezione ambientale e all'utilizzo plurimo delle acque. - Attività D.1.5. Redazione e aggiornamento del piano di gestione della ZSC "Alnete del Lago di Varese" e della ZPS "Lago di Varese" (quadro conoscitivo, programmazione interventi, normativa) al fine di mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente habitat e specie di interesse comunitario. - Attività D.1.6. Rilievo morfo-batimetrico del lago di Varese
Risultati attesi	<p>Tale azione risponde all'obiettivo di tutela delle aree protette.</p> <p>L'azione ha l'obiettivo primario di definire ed aggiornare il piano di gestione della ZSC "Alnete del Lago di Varese" e della ZPS "Lago di Varese", al fine di ottenere uno strumento utile alla valutazione della sostenibilità/coerenza delle varie attività che si vorranno proporre per il lago di Varese, rispetto agli obiettivi istitutivi delle due aree protette.</p>
Soggetto coordinatore	Provincia di Varese

ATTIVITA' D.1.1.
Disciplina e vigilanza della navigazione sul lago
<p>Descrizione Attività</p> <p>L'attività prevede la raccolta delle normative vigenti in materia di navigazione, linee guida per la salvaguardia del bacino e le limitazioni presenti definite dagli enti presenti sul territorio e competenti in materia.</p> <p>La definizione delle norme e limitazioni presenti ha la finalità di raccogliere e unificare sotto un'unica direttiva più semplificata le innumerevoli ordinanze e regolamenti in vigore, con intento di divulgare e mettere a disposizione di tutti il quadro normativo il più possibile semplice e comprensibile.</p> <p>Al fine di porre in essere l'attività di controllo e vigilanza della navigazione, nonché delle iniziative svolte sul lago di Varese, è indispensabile poter disporre di un adeguato mezzo di navigazione che consenta attraverso l'attivazione di una convenzione con le competenti forze dell'ordine di svolgere servizio di pattugliamento sul bacino e sulle coste.</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Autorità di bacino lacuale</p>
<p>Soggetti Coinvolti</p>

Guardia di Finanza - Sezione Operativa Navale Lago di Lugano - Porto Ceresio
Cronoprogramma attività L'attività è per lo più conclusa dal punto di vista istruttorio ed istituzionale, prosegue la verifica del territorio ed il controllo delle occupazioni demaniali da parte della GdF.

Per velocizzare le tempistiche legate ad un eventuale acquisto di idoneo mezzo, si è deciso di operare con mezzi della Guardia di Finanza, che dispone di un gommone, per i controlli diretti sul lago, per poi proseguire le indagini da terra per le occupazioni abusive e situazioni di verifica demaniale.

Attualmente sono stati individuati molti natanti abbandonati rimossi con l'ausilio delle forze dell'ordine e di ditte specializzate; con un intervento a luglio 2021 sono stati rimossi circa dodici natanti abbandonati e almeno cinque quintali di materiali come reti, galleggianti in polistirolo e relitti stoccati e poi dismessi nelle discariche autorizzate. Nei mesi di settembre-novembre 2022 si procederà alla rimozione di alcuni edifici in lamiera fatiscenti e delle darsene abbandonate nei comuni di Gavirate, Varese e Buguggiate, intervento che verrà effettuato al di fuori dei periodi di nidificazione e sviluppo del canneto.

Oggetto di verifica saranno anche alcune occupazioni demaniali di dubbia realizzazione e manufatti abbandonati nel lago, che a seguito di verifica degli ultimi due anni risultano in disuso e privi di concessione.

Sono inoltre state riscontrate difformità nelle concessioni in essere, oltre alle occupazioni di strutture adibite a gare di canottaggio e piattaforme, già sanzionate e verbalizzate, sono presenti strutture di enti non più utilizzate e natanti da diporto oltre i limiti consentiti dalle attuali normative.

Un ulteriore approfondimento è stato invece realizzato in merito alla presenza di capanni di caccia oltre i periodi consentiti, tale controllo ha consentito un primo confronto e regolarizzazione della richiesta di utilizzo oltre i periodi stabiliti, pur mantenendo lo status di inutilizzo per parte dell'anno.

Attraverso le convenzioni firmate tra Autorità di Bacino e Guardia di Finanza, all'interno del più ampio progetto di Sicurezza dei Laghi, è stato possibile stanziare dei fondi che ogni anno saranno utilizzati per il supporto e la collaborazione per la vigilanza, controllo e verifica in loco dei bacini minori. Lo stanziamento proseguirà ogni anno come previsto dall'Autorità di Bacino oltre ai termini e indipendentemente dalle attività dell'Accordo Quadro del Lago di Varese.

Le attività di controllo e sanzionatorie per l'anno 2021 si sono concluse con l'individuazione di barche abusive poi distrutte, mentre sono state sanzionate e poi regolarizzate due aree occupate abusivamente da privati e poi liberate da manufatti; nel primo trimestre del 2022 sono state individuate tre aree abusivamente occupate di cui una posta sotto sequestro preventivo, si è provveduto al sanzionamento e alla richiesta di regolarizzazione.

ATTIVITA' D.1.2.	
Valutazioni di proposte di revisione della normativa sulla navigazione	
Descrizione Attività	Tale attività è propedeutica alla predisposizione del Piano d'azione. All'interno di questa attività verrà valutato se e in che modo può essere previsto un servizio di navigazione pubblica sul lago di Varese e quale debba essere la disciplina della navigazione corretta per la tutela dell'area protetta per la sicurezza della navigazione, per l'accesso da parte della popolazione e per la sostenibilità economico finanziaria del servizio.
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	L'attività si è conclusa a dicembre 2019

Sintesi delle attività svolte

L'attività è stata conclusa e i risultati sono stati riportati nella prima relazione di monitoraggio semestrale. Emerge come non risultino vincoli normativi particolari rispetto all'utilizzo di imbarcazioni a motore elettrico e di conseguenza all'attivazione di un servizio pubblico sul lago di Varese.

ATTIVITA' D.1.3.	
Analisi di fattibilità per lo sviluppo di una navigazione elettrica sul lago	
Descrizione Attività	<p>Sulla base dei risultati dell'azione precedente verrà svolto uno studio di fattibilità per lo sviluppo della navigazione elettrica sul lago di Varese, individuando l'impatto che può generare tale progetto su:</p> <ul style="list-style-type: none"> - territorio, da un punto di vista turistico e ambientale; - filiera e possibili imprese coinvolte - trend e prospettive di crescita del mercato
Soggetto Attuatore	Comune di Varese
Cronoprogramma attività	In corso di definizione

Sintesi delle attività svolte

L'attività si è concentrata, in raccordo con l'attività F.1.1, andando ad individuare i punti migliori per il posizionamento di colonnine elettriche per la ricarica di imbarcazioni elettriche.

I siti scelti per lo studio e realizzazione del progetto di una rete di ricarica sostenibile sono: Varese, Gavirate e Cazzago Brabbia. Sono stati scelti i comuni e le località raggiunte già da servizi di connessione con reti di distribuzione in grado di soddisfare la richiesta di potenza necessaria e luoghi prossimi alla pista ciclabile in cui è ipotizzabile interscambio tra bicicletta e imbarcazione.

Autorità di bacino lacuale procederà con la formulazione di una proposta per la partecipazione ad un bando regionale che uscirà nei primi mesi del 2022.

ATTIVITA' D.1.4.
Valutazione dei livelli del lago adeguati alla protezione ambientale e all'utilizzo plurimo delle acque
<p>Descrizione Attività</p> <p>Il principale obiettivo consiste nella revisione delle modalità di regolazione del livello idrico del lago in relazione alla riattivazione dell'impianto di prelievo ipolimnico, tenendo come riferimento i riferimenti idrologici ufficiali (asta idrometrica di Biandronno).</p> <p>Si prevede quindi, al fine di avere misurazioni precise e in continuo in merito alle portate in uscita dal lago (da relazionare con le portate emunte dall'impianto di prelievo ipolimnico), l'istallazione di un misuratore di portate all'uscita del fiume Bardello, di misuratori di livello a monte e a valle dello sbarramento e di misuratori di apertura delle paratoie, in abbinamento a un sistema di monitoraggio e trasmissione dati in remoto. Si valuterà, sentito il Consorzio delle acque utenti fiume Bardello, anche l'opportunità di procedere con la meccanizzazione e automazione delle paratoie sempre in abbinamento a sistemi di monitoraggio e controllo in remoto.</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Provincia di Varese</p>
<p>Cronoprogramma attività</p> <p>1) Stazione di misura: conclusa giugno 2020; 2) Meccanizzazione/Automazione paratoie: termine entro 2023; 3) Tema regolazione livello lago: termine entro 2023</p>

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Attività non svolta nel presente periodo di rendicontazione

ATTIVITA' D.1.5.
Redazione e aggiornamento del piano di gestione della ZSC "Alnete del Lago di Varese" e della ZPS "Lago di Varese" (quadro conoscitivo, programmazione interventi, normativa) al fine di mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente habitat e specie di interesse comunitario.
<p>Descrizione Attività</p> <p>Sulla base degli approfondimenti condotti nelle attività precedenti e di ulteriori approfondimenti relativi a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - quadro conoscitivo - programmazione degli interventi - normativa <p>L'attività è incentrata sulla redazione, aggiornamento ed approvazione del piano di gestione della ZSC/ZPS (adottato con DGP dell'ente gestore Provincia di Varese).</p>

Soggetto Attuatore
Provincia di Varese
Cronoprogramma attività
A partire dall'assegnazione dell'incarico si stima in 18/20 mesi il tempo necessario per la realizzazione del piano e sua formale approvazione con delibera di giunta provinciale.

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Sono in corso di analisi le risultanze dei monitoraggi eseguiti tramite telerilevamento dal CNR – IREA relativi agli anni 2020-2021, che evidenziano, tra i vari aspetti, una significativa presenza di popolamenti del genere Elodea sui fondali del Lago di Varese. Durante la stagione 2021, al contrario di quanto accaduto nel 2020, non si sono verificati episodi di accumulo di biomassa sulle coste per effetto di distacchi promossi da eventi meteorologici intensi.

Ciò premesso si attende il monitoraggio 2022 per completare il quadro conoscitivo e aggiornare il piano di gestione e sfalcio delle macrofite del Lago di Varese, ad includere anche delle indicazioni pratiche di intervento per il contenimento della specie.

ATTIVITA' D.1.6.
Rilievo morfo-batimetrico del lago di Varese
Descrizione Attività <p>Si prevede la realizzazione di un nuovo rilievo morfo-batimetrico del lago, con un dettaglio elevato in corrispondenza delle sponde, al fine di avere indicazioni precise sui volumi di invaso alle diverse quote idrometriche. Il rilievo si estenderà anche alle fasce spondali emerse per ottenere informazioni sulle aree oggetto di esondazioni alle quote superiori allo zero idrometrico.</p>
Soggetto Attuatore <p>Provincia di Varese</p>
Cronoprogramma attività <p>Attività conclusa a fine 2020</p>

AZIONE D.2
Predisposizione di un piano triennale di riequilibrio della fauna ittica presente nel lago da attuare attraverso azioni parallele di pesca di sfoltimento e gestione del pescato e delle immissioni.
Attività: <ul style="list-style-type: none"> - D.2.1. Adeguamento delle attrezzature di pesca e delle infrastrutture per il conferimento del pescato. - D.2.2. Sfaltimento sostanziale delle specie alloctone (in particolare siluro, carassi, gardon, gambero della luisiana). - D.2.3. Potenziamento delle azioni volte al ripopolamento e tutela delle specie pregiate autoctone (anguilla, alborella, triotto, persico, gambero di fiume)
Risultati attesi

<p>Tale azione risponde all'obiettivo di miglioramento delle attività legate agli usi delle acque.</p> <p>Obiettivo dell'azione è la creazione delle condizioni necessarie per innescare un processo naturale di riequilibrio delle specie ittiche presenti nel lago.</p> <p>La attività prevedono un piano di intervento triennale che, parallelamente agli effetti delle azioni A e C, possa garantire una diminuzione delle presenze delle specie alloctone ed un progressivo miglioramento dei rapporti fra le specie presenti ed in competizione.</p>
<p>Soggetto coordinatore</p> <p>Cooperativa Pescatori Lago di Varese</p>

Sintesi delle attività svolte

La nuova Azione è stata inserita dopo la riunione del CC del 18 ottobre, sulla base di una proposta di attività presentata dalla Cooperativa Pescatori del lago di Varese.

La declinazione dell'azione nelle sue linee di attività è attualmente in corso.

Macroazione E. Comunicazione, promozione attività AQST e sensibilizzazione cittadini

AZIONE E.1	
Comunicazione e divulgazione dei contenuti e delle attività dell'accordo	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività E.1.1. Predisposizione di un sito web relativo all'AQST - Attività E.1.2. Organizzazione di incontri tematici sul territorio
Risultati attesi	L'azione ha l'obiettivo primario di portare a conoscenza degli interessati gli obiettivi, le azioni e i risultati conseguiti delle attività dell'AQST.
Risorse finanziarie complessive	Risorse interne
Soggetto coordinatore	Regione Lombardia

ATTIVITA' E.1.1.	
Predisposizione di un sito web relativo all'AQST	
Descrizione Attività	Sarà predisposto da Regione Lombardia un sito web dedicato all'AQST, all'interno del quale verranno riportati documenti e informazioni delle attività portate avanti all'interno dell'accordo stesso dai vari soggetti sottoscrittori a vario titolo interessati.
Soggetto Attuatore	Regione Lombardia
Cronoprogramma attività	L'attività prosegue per tutta la durata dell'Accordo

Resoconto attività a cura di Daniele Magni (Regione Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

Nel mese di marzo del 2019 è stato predisposto il sito internet dell'AQST da parte di Regione Lombardia, che contiene tutte le informazioni e gli stati di avanzamento del Programma d'Azione, presente al seguente link: www.lagodivarese.regione.lombardia.it

Inoltre è stata predisposta una casella di posta istituzionale per le comunicazioni inerenti l'Accordo: tutela_lagovarese@regione.lombardia.it

Il sito è continuamente aggiornato.

ATTIVITA' E.1.2.
Organizzazione di incontri tematici sul territorio
Descrizione Attività <p>L'attività riguarda l'organizzazione di incontri tematici sul territorio per illustrare agli interessati le attività e i risultati conseguiti dalle attività previste dall'AQST. Saranno organizzati due incontri ogni anno, a valle della riunione del Tavolo di Coordinamento, per illustrare l'avanzamento delle attività.</p>
Soggetto Attuatore <p>Regione Lombardia</p>
Cronoprogramma attività <p>Attività continuativa</p>

Resoconto attività a cura di Daniele Magni (Regione Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

La riunione aperta al pubblico, prevista inizialmente ad aprile, come deciso dal CC del 18 ottobre 2019, è stata rimandata, a causa della emergenza sanitaria, e si è tenuta il giorno 11 luglio 2020 presso il comune di Gavirate. L'incontro, organizzato con le dovute attenzioni e precauzioni legate all'emergenza sanitaria, è stato l'occasione per presentare le attività effettuate durante il primo anno dall'attivazione dell'AQST.

AZIONE E.2	
Sensibilizzazione dei cittadini, degli addetti ai lavori e delle imprese, e attività di citizen science	
Attività	<ul style="list-style-type: none"> - Attività E.2.1. Divulgazione e didattica ambientale per scuole e cittadini - Attività E.2.2. Concorsi a premi per le scuole primarie - Attività E.2.2. Coinvolgimento degli istituti scolastici - Attività E.2.3. Cartellonistica informativa e stampa di materiale divulgativo - Attività E.2.4. Sviluppo di forme di partecipazione economica da parte dei cittadini e delle Amministrazioni locali alle spese di risanamento del lago - Attività E.2.5. Giornata regionale del "Verde Pulito" dedicata al lago - Attività E.2.6. Realizzazione di percorsi formativi e di incontri tematici per varie tipologie di soggetti
Risultati attesi	<p>L'azione ha come obiettivi principali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - creare/rafforzare una rete collaborativa tra tutti i soggetti che con ruoli diversi agiscono sulla qualità del lago (pianificazione, controllo, fruizione, ...) - aumentare la conoscenza dell'ecosistema anche per dare un significato concreto ai vincoli posti dal Piano di Gestione di cui all'attività D.1.5 presso gli amministratori e i tecnici degli Enti Territoriali coinvolti - realizzare iniziative finalizzate a informare e sensibilizzare i vari soggetti pubblici e privati territorialmente interessati sulle tematiche del lago e sulle attività promosse dall'AQST coinvolgendoli anche nel mantenimento nel tempo dei risultati raggiunti. - Attivare meccanismi virtuosi di coinvolgimento delle scuole per consentire l'avvicinamento e la progressiva conoscenza approfondita ai temi dell'ambiente del lago, anche sfruttando le risorse e le conoscenze della Cooperativa dei Pescatori, le aree dedicate alle nursery e l'incubatoio posto alla foce del torrente Tinella
Soggetto coordinatore	Provincia di Varese

ATTIVITA' E.2.1.
Divulgazione e didattica ambientale per scuole e cittadini
<p>Descrizione Attività</p> <p>Realizzazione di iniziative finalizzate alla diffusione dei temi del lago rivolte alle scuole di tutti i livelli e ai cittadini, anche mediante l'attivazione di un servizio di guida turistica/tecnica a bordo delle imbarcazioni del servizio di navigazione che si intende avviare (Vedasi Attività D.1.3).</p> <p>Il lago di Varese offre infatti numerosi elementi di approfondimento (scienza, cultura, storia, tradizione, ecc.) di potenziale interesse per una eterogenea fascia di utenza.</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Provincia di Varese, Camera di Commercio</p>
Cronoprogramma attività

-Promozione presso il Padiglione Italia 2021 - Comunità resilienti (Mostra di Architettura - Biennale di Venezia) dell'esperienza virtuosa condotta nell'ambito dell'AQST mediante un video illustrativo: termine attività entro 2021

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

L'esperienza dell'Accordo Quadro di sviluppo Territoriale (AQST) "Salvaguardia e risanamento del Lago di Varese" è stata promossa alla mostra di architettura Biennale di Venezia presso il Padiglione Italia 2021 - Comunità resilienti, tramite un video divulgativo.

La mostra si è conclusa a fine 2021 e il video oggi è pubblicato sul portale di Regione Lombardia al seguente indirizzo: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/aqst-lago-di-varese>

ATTIVITA' E.2.2.
Coinvolgimento degli istituti scolastici
<p>Descrizione Attività</p> <p>Promozione di progetti di educazione ambientale sui temi del lago anche con elementi di premialità rivolti agli istituti scolastici della provincia di Varese, favorendo, dove possibile, agganci al programma Green School che conferisce, alla scuola concretamente impegnata sui temi della sostenibilità ambientale, una formale certificazione.</p> <p>Il coinvolgimento delle scuole primarie e secondarie dovrà consentire la comprensione dell'ecosistema lago nel suo complesso in relazione al tema della biodiversità</p> <p>Saranno avviate attività didattiche e di alternanza scuola lavoro inerenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - realizzazione di prodotti concreti da utilizzare nell'ambito delle attività dell'AQST, come ad esempio, la creazione di un logo da abbinare all'AQST - possibilità di assistere e monitorare in prima persona le fasi principali della creazione e gestione delle nursery, della posa e schiusa delle uova dei pesci incubati, nonché della gestione stessa delle visite didattiche all'incubatoio stesso.
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Provincia di Varese</p>
<p>Cronoprogramma attività</p> <p>Attività di predisposizione del logo: ottobre – gennaio 2020</p> <p>Altre attività da definire</p>

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

- Con riferimento al programma Green School a partire dal 2020 sono state progettate e proposte una serie di attività didattiche che hanno trovato soltanto una parziale attuazione a causa dell'emergenza sanitaria. L'attività è da ritenersi conclusa.
- In accoglimento di una proposta da parte dell'Università Insubria di Varese, nella persona della ricercatrice Cristiana Morosini, è in corso di valutazione l'attivazione di una tesi di studio

sul tema della modellistica di dispersione spaziale dell'idrogeno solforato nei pressi del punto di scarico del prelievo ipolimnico.

ATTIVITA' E.2.3.	
Cartellonistica informativa e stampa materiale divulgativo	
Descrizione Attività	<p>Installazione di cartellonistica informativa nei punti di maggior rilevanza lungo le sponde lacustri (pista ciclabile, aree portuali, passeggiate lungolago, zona di posizionamento dell'impianto di prelievo ipolimnico, ecc.) con approfondimenti sito specifici riguardanti ad esempio: gli interventi di miglioramento della qualità delle acque attivati, le peculiarità naturalistiche dei luoghi, gli elementi di interesse storico culturale, ecc.</p> <p>In aggiunta si prevede la realizzazione di materiale divulgativo sui principali temi affrontati dall'AQST (opuscoli pieghevoli) da distribuire presso spazi pubblici e in occasione di eventi.</p>
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese, Camera di Commercio
Cronoprogramma attività	L'attività è in corso.

Resoconto attività a cura di Alessandro Canziani (Provincia di Varese)

Sintesi delle attività svolte

Con riferimento al tema in questione si segnala quanto segue:

- È in corso l'attività di progettazione e installazione di cartellonistica informativa presso le strutture dell'impianto di prelievo ipolimnico nei comuni di Gavirate e Biandronno (incarico affidato a dicembre 2021, vedasi attività C.1.2 e C.2.1).
- Sono in corso di valutazione azioni di implementazione della cartellonistica informativa presente sulla pista ciclabile nell'ambito dei lavori della Macroazione F, anche sulla base di proposte specifiche presentate da ALFA.

ATTIVITA' E.2.4.	
Sviluppo di forme di partecipazione economica da parte dei cittadini, delle Amministrazioni locali e delle imprese alle spese di risanamento del lago	
Descrizione Attività	<p>Individuazione di azioni finalizzate al reperimento di fondi per la gestione dell'impianto, come ad esempio l'utilizzo di una quota parte dell'importo del biglietto della navigazione turistica, la realizzazione di eventi, ecc.</p>
Soggetto Attuatore	Provincia di Varese
Cronoprogramma attività	Attività non avviata in questo semestre di monitoraggio

ATTIVITA' E.2.5.
Giornata regionale del "Verde Pulito" dedicata al lago
<p>Descrizione Attività</p> <p>Realizzazione della giornata regionale del "Verde Pulito" dedicata al lago (L.R. 14/1991) in contemporanea tra tutti i comuni rivieraschi con lo scopo di informare, sensibilizzare e coinvolgere i cittadini sulle tematiche del lago anche attraverso azioni concrete di valorizzazione (pulizia, cura del verde, ecc.). Sono chiamati a partecipare a tale giornata i soggetti territorialmente interessati pubblici e privati: comuni di rivieraschi e non, associazioni, protezione civile, scolaresche, ecc.</p>
<p>Soggetto Attuatore</p> <p>Associazione dei Comuni rivieraschi</p>
<p>Cronoprogramma attività</p> <p>Attività non avviata in questo semestre di monitoraggio</p>

ATTIVITA' E.2.6.
Realizzazione di percorsi formativi e di incontri tematici per varie tipologie di soggetti
<p>Descrizione Attività</p> <p>L'attività prevede la predisposizione di percorsi formativi dedicati a:</p> <p><u>Dipendenti della Pubblica Amministrazione</u> (Comuni, Provincia, Comunità Montana) (finanziabili con FSE)</p> <p><u>Amministratori pubblici e Volontari</u></p> <p><u>Cittadini</u></p> <p><u>Imprese</u></p> <p><u>Società Canottieri Varese A.S.D e A.S.D. Canottieri Gavirate</u></p> <p>La formazione riguarderà in generale i seguenti aspetti, articolati a seconda dei diversi target:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fondamenti di ecologia: la biodiversità, habitat e specie protette aree collinari, forestali, aree umide lacuali e di sponda, le funzioni ecosistemiche - la valutazione dello stato di un habitat (monitoraggi, ...) - le specie aliene invasive (vie di ingresso, metodi di prevenzione, metodi di gestione) - le criticità della coabitazione con le esigenze antropiche (impatti reversibili, irreversibili, la frammentazione degli habitat, le connessioni ecologiche) e i servizi che gli ecosistemi forniscono alle attività antropiche (ossigeno, mitigazione climatica, processi del ciclo degli elementi nella matrice suolo e di impollinazione a supporto delle produzioni alimentari, ...) - l'importanza di una pesca sostenibile e moderna (professionale e sportiva) per la gestione nel tempo della biodiversità e per il contenimento delle specie invasive - la gestione delle risorse naturali (acqua, suolo, ...) - la normativa (Direttive "Natura", VINCA, VAS, VIA chi fa cosa, quali competenze occorrono), il sistema dei controlli, della sorveglianza e delle sanzioni - esempi di buone pratiche (gestione e fruizione del territorio, agricoltura, attività ludiche, ...) - la pianificazione territoriale (reti ecologiche, Rete Natura 2000) - la governance - il coinvolgimento di portatori di interesse per rete sociale, per networking per partecipare a bandi di finanziamento, per mantenere i risultati ambientali

- la gestione del volontariato nei temi ambientali
- la comunicazione dei temi ambientali
- contributi del pubblico alle Valutazioni Ambientali (VAS, VIA, VINCA)
- i monitoraggi ambientali con il contributo della con Citizen Science
- lo sviluppo sostenibile (Agenda ONU 2030 e la strategia regionale)

La formazione e gli eventi informativi verranno realizzati nell'ambito delle azioni del progetto Life IP "Gestire 2020" (www.naturachevale.it) che vede la DG Ambiente e Clima di Regione Lombardia come capofila; per alcuni soggetti target la formazione sarà organizzata in collaborazione con ATS Insubria

Soggetto Attuatore

Regione Lombardia, ATS Insubria

Cronoprogramma attività

Attività avviata nel corso del 2020

Resoconto attività a cura di Cristina Bollini (Regione Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

E' stata organizzata a settembre 2021 un primo incontro con i comuni rivieraschi e altri enti pubblici interessati, per impostare il programma del corso per dipendenti della PA. Purtroppo, la scarsa partecipazione all'iniziativa non ha permesso l'organizzazione del corso. Attualmente sono in corso altre interlocuzioni per la riorganizzazione dell'iniziativa.

Macroazione F. Attività di sviluppo e valorizzazione territoriale delle sponde e della pista ciclabile

AZIONE F.1 Valorizzazione della zona sponale e della pista ciclabile
Attività: <ul style="list-style-type: none"> - F.1.1. Redazione di uno studio/progetto di inquadramento territoriale/paesaggistico finalizzato a promuovere la fruibilità del lago di Varese in special modo valorizzando la pista ciclabile circumlacuale - F.1.2. Effettuazione interventi e lavori individuati nella fase progettuale
Risultati attesi <p>L'azione ha l'obiettivo primario di progettare e realizzare opere destinate ad una valorizzazione del territorio circumlacuale favorendo una visione paesaggistica unitaria e rivitalizzando, anche con opere di elettrificazione, la pista ciclabile esistente, favorendo una migliore offerta turistica</p>
Soggetto coordinatore <p>Associazione comuni rivieraschi</p>

ATTIVITA' F.1.1
Redazione di uno studio/progetto di inquadramento territoriale/paesaggistico finalizzato a promuovere la fruibilità del lago di Varese in special modo valorizzando la pista ciclabile circumlacuale
Descrizione Attività <p>L'attività prevede la redazione di uno studio che descriva lo stato di fatto lungo le rive del lago, identifichi le peculiarità e le caratteristiche di ogni comune e individui una serie di possibili interventi, proponendo un progetto d'insieme che guidi lo sviluppo delle azioni puntuali mantenendo una visione unitaria dal punto di vista territoriale e paesaggistico. Tematiche di interesse principale riguardano lo sviluppo di forme di fruizione sostenibile legata alla pista ciclabile, l'elettrificazione della stessa, lo sviluppo di una offerta turistica di navigazione elettrica in raccordo con l'Attività D.1.3, nonché la valorizzazione dei servizi di recettività e ricreazione presenti.</p> <p>Il progetto deve essere corredato di una indicazione dettagliata dei possibili interventi da effettuare, con eventuale stima di costi.</p> <p>Il progetto dovrà essere sviluppato con il coinvolgimento degli stakeholder locali.</p>
Soggetto Attuatore <p>Associazione Comuni rivieraschi, Camera di Commercio, Regione Lombardia</p>
Cronoprogramma attività <p>Fine attività dicembre 2020</p>

Resoconto attività a cura di Daniele Magni (Regione Lombardia)

Sintesi delle attività svolte

Da aprile 2021 sono iniziate le attività previste dall'accordo di collaborazione tra Regione Lombardia, Camera di Commercio (per conto anche dei comuni rivieraschi) e Politecnico di Milano.

Il Politecnico ha concluso a marzo le procedure di selezione dell'assegno di ricerca bandito per lo svolgimento delle attività.

All'interno del "WP 1 - STUDI PRELIMINARI" sono state svolte:

- Analisi storico-documentaria dell'ecosistema del lago di Varese e analisi delle risorse e delle criticità dei luoghi ai quali è applicato il programma;
- valutazione dello stato dell'arte, raccolta e schedatura dei progetti già elaborati per quei luoghi negli ultimi 10-15 anni da Associazioni e/o Professionisti in accordo con le amministrazioni comunali, con relativo studio comparativo;
- individuazione di possibili linee di continuità con questi progetti esistenti e condivisi dalle amministrazioni comunali;
- redazione di elaborati grafici;
- organizzazione di tavoli di lavoro, con il coinvolgimento anche dei referenti degli uffici tecnici, finalizzati alla definizione delle esigenze dei nove Comuni che si affacciano sul lago, cioè Azzate, Bardello, Biandronno, Bodio Lomnago, Buguggiate, Cazzago Brabbia, Galliate Lombardo, Gavirate e Varese, e anche, se interessati, dei Comuni di Barasso, Casale Litta, Casciago, Comerio, Daverio, Inarzo e Luvinata, aderenti all'AQST;
- individuazione di indirizzi strategici per la promozione della fruibilità del lago di Varese e la valorizzazione della pista ciclabile.

All'interno del "WP 2 – CONDIVISIONE INTERMEDIA E INDIRIZZI STRATEGICI" d'intesa tra i sottoscrittori dell'Accordo di collaborazione, sono stati organizzati numerosi tavoli di lavoro attorno agli esiti della fase preliminare, allargati ad altri attori esterni, come i soggetti coinvolti nella gestione delle aree limitrofe al lago. Inoltre sono state effettuate:

- ricognizione su scala nazionale ed europea di soggetti pubblici e privati potenzialmente coinvolgibili nel programma per sinergie e contatti preliminari;
- mappatura e schedatura di esperienze italiane e straniere di progetti analoghi a quello in corso di elaborazione per il lago di Varese;
- perfezionamento degli indirizzi strategici;

Nel "WP 3 – PROGETTO A SCALA TERRITORIALE" è stata effettuata:

- elaborazione di un masterplan a scala 1:10.000;
- elaborazione di 3 focus a scala ridotta con valutazione delle possibilità di: accessibilità, interscambio e collegamento con i nuclei edificati dei Comuni che si affacciano sul lago, piccoli ponti/sottopassi, imbarcaderi, pontili, aree panoramiche, punti di alimentazione elettrica, impianti di nuova vegetazione, arredo urbano e attrezzature, fontane, nuovi punti di ristoro, ecc.;

ATTIVITA' F.1.2.
Effettuazione interventi e lavori individuati nella fase progettuale
Descrizione Attività L'attività prevede la realizzazione degli interventi individuati nell'azione precedente previa esecuzione delle necessarie analisi di compatibilità e degli eventuali adempimenti connessi rispetto agli strumenti di pianificazione vigente.
Soggetto Attuatore Associazione Comuni rivieraschi, Camera di Commercio

Cronoprogramma attività

Attività non ancora iniziata in attesa dei risultati dell'Attività F.1.1