



L'eutrofia che si vede dallo spazio

A cura del CTLP

## RAFFRONTO TRA LAGO DI SERRAIA E DI PIAZZE (2017-2024), VISTO DAL SATELLITE (Sentinel-2 L2A)

### PREMESSA METODOLOGICA:

Dall'ottobre 2016 abbiamo a disposizione le immagini scattate dal satellite (Sentinel-2 L2A), immagini ad alta risoluzione che il sito dal quale è possibile accedere alle immagini recita:

#### Colore reale ottimizzato

Questo script True color ottimizzato utilizza le bande di luce visibile rossa, verde e blu nei corrispondenti canali di colore rosso, verde e blu, dando vita a un prodotto con colori naturali che rappresenta la Terra come la vedrebbero naturalmente gli esseri umani. La visualizzazione utilizza la compressione delle alte luci e migliora il contrasto e la vividezza dei colori tramite un leggero miglioramento del contrasto e della saturazione.

Tutto questo ci permette di avere a disposizione un'immagine dell'altipiano con intervalli di tre giorni. I due satelliti identici che producono i dati operano simultaneamente sulla stessa orbita eliosincrona a **786 km di altezza** e sfalsati di 180 gradi.

Approfittando di questa grande opportunità, abbiamo scaricato tutte le immagini disponibili **dall'ottobre 2016 al gennaio 2025**, sono **460 immagini**, e selezionato le **30 immagini idonee** (nel periodo estivo interessato dalle fioriture, e prive di interferenze da copertura nuvolosa) tra la prima e l'ultima settimana dei mesi di luglio, agosto e settembre degli otto anni dal 2017 al 2024. La serie di immagini è presentata nella prima parte del dossier.



I satelliti Sentinel-2 montano inoltre uno strumento di immagini multispettrale (MSI) in grado di acquisire immagini su 13 canali nel visibile/infrarosso e nella banda dell'infrarosso ad onde corte, che fornisce dati utili per ottenere informazioni sull'inquinamento dei laghi, con una risoluzione di 10 metri.

Tra i parametri che consentono di definire il livello di trofia (la quantità di nutrienti presenti) dell'ecosistema lacustre sono centrali le concentrazioni di azoto e fosforo. La principale causa della diminuzione del grado di qualità delle acque è infatti legata alla eutrofizzazione, cioè alla presenza di eccessive quantità di nutrienti, che possono dar luogo a fioriture algali abnormi con conseguenze negative per l'intero ecosistema. Per il controllo periodico del grado di eutrofizzazione di un lago si possono effettuare analisi della quantità di clorofilla nelle acque. A differenza delle altre alghe e delle piante, i cianobatteri contengono solo la **clorofilla a**, che è uno dei parametri utilizzabili per valutare lo stato eutrofico.

#### **Misura della clorofilla a (da dati multispettrali).**

L'altezza del picco di riflettanza tra 700 e 720 nm è stata utilizzata per stimare la concentrazione di clorofilla a nelle acque dei laghi per almeno due decenni. Sentinel-2 ha la banda 5 (705 nm) proprio in questa regione spettrale. Pertanto, abbiamo calcolato l'altezza relativa della banda 5 rispetto alle linee di base della banda 4 (665 nm) e della banda 6 (740 nm). Abbiamo quindi impiegato un metodo di estrazione dati che è già stato validato nella letteratura scientifica per valutare la concentrazione della clorofilla a, usando l'equazione:

$$\text{Chl A} = \text{banda 5 (705 nm)} - [\text{banda 4 (665 nm)} + \text{banda 6 (740 nm)}] / 2$$

I dati estratti con questo metodo sono stati dimostrati essere in ottima correlazione con la clorofilla a misurata in laboratorio in una serie di campioni rappresentativi di 11 laghi in Estonia (9 piccoli e 2 grandi, con diversi livelli di trofizzazione)(\*)

(\*) Toming et al., Remote Sens. 2016, 8, 640; doi:10.3390/rs8080640.

La seconda parte del dossier mostra quindi le mappe annuali costruite in base alla distribuzione del segnale della **clorofilla a** nei due laghi.

Si è scelto in sostanza di estrarre i dati geolocalizzati e di calcolare una media dei valori di clorofilla e calcolati per ciascun pixel dei due laghi, e di graficare una mappa geospazializzata dove i valori medi misurati per ciascuna area per il periodo osservato sono riportati in una mappa con colorazione secondo l'intensità della **clorofilla a**, divisa in sei SESTILI (vedi le **figure da 32 a 39 e rispettiva legenda**).

Infine, per ricostruire il decorso temporale delle fioriture algali, l'andamento stagionale della clorofilla, sempre nel confronto tra i due laghi limitrofi, è stato riassunto **nella Figura 40**.

1) IMMAGINI SATELLITARI SECONDA META' DI LUGLIO dall'anno 2017 all'anno 2024

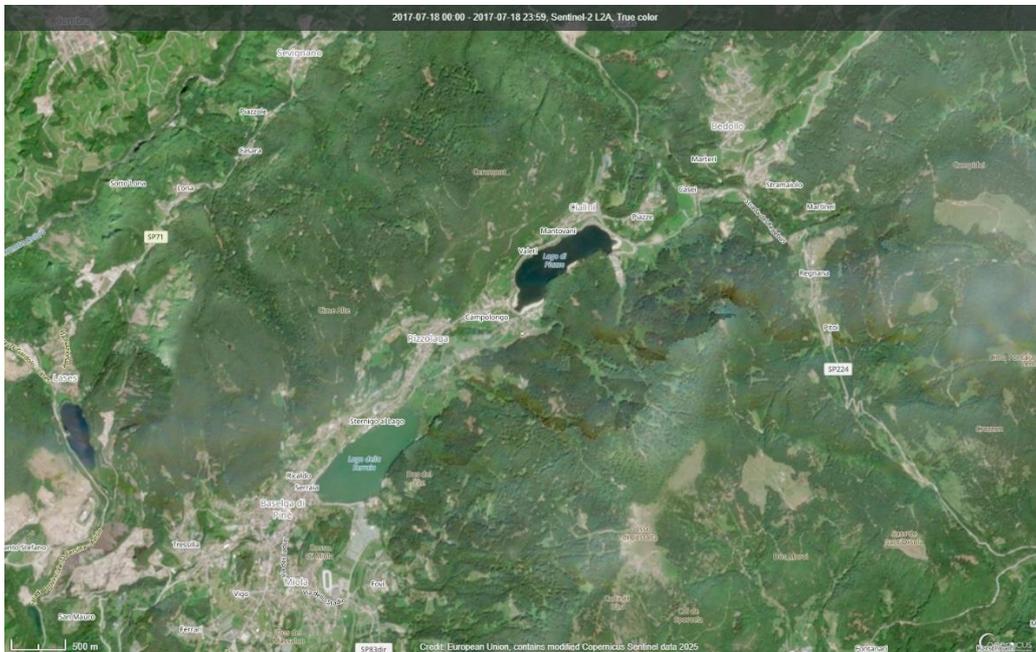


Figura 1: 18 luglio 2017 - il lago di Serrai con **presenza algale consistente**

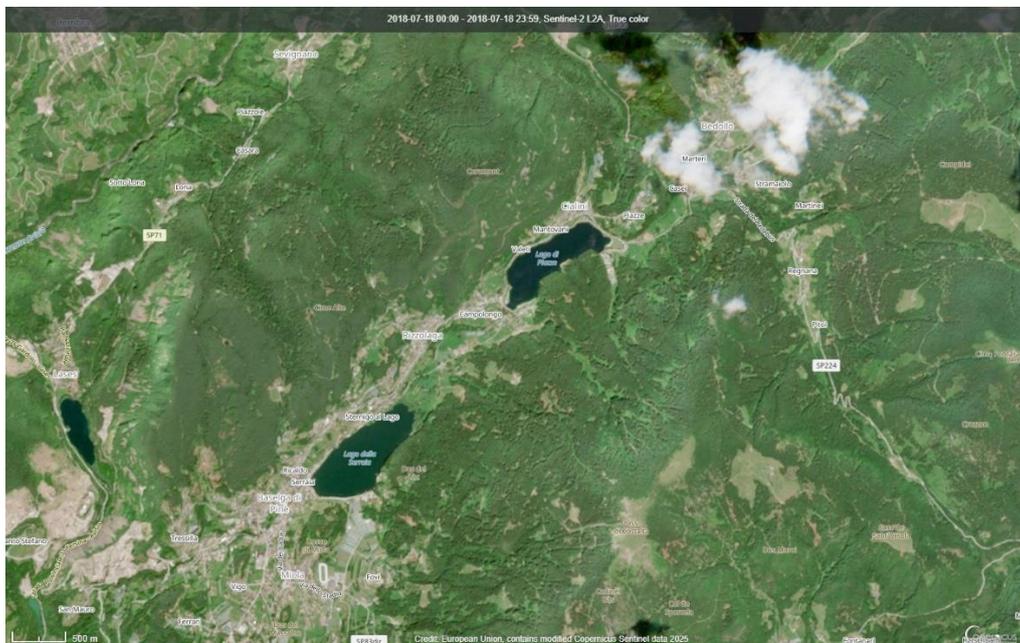


Figura 2: 18 luglio 2018 il lago di Serrai **appare ancora trasparente**

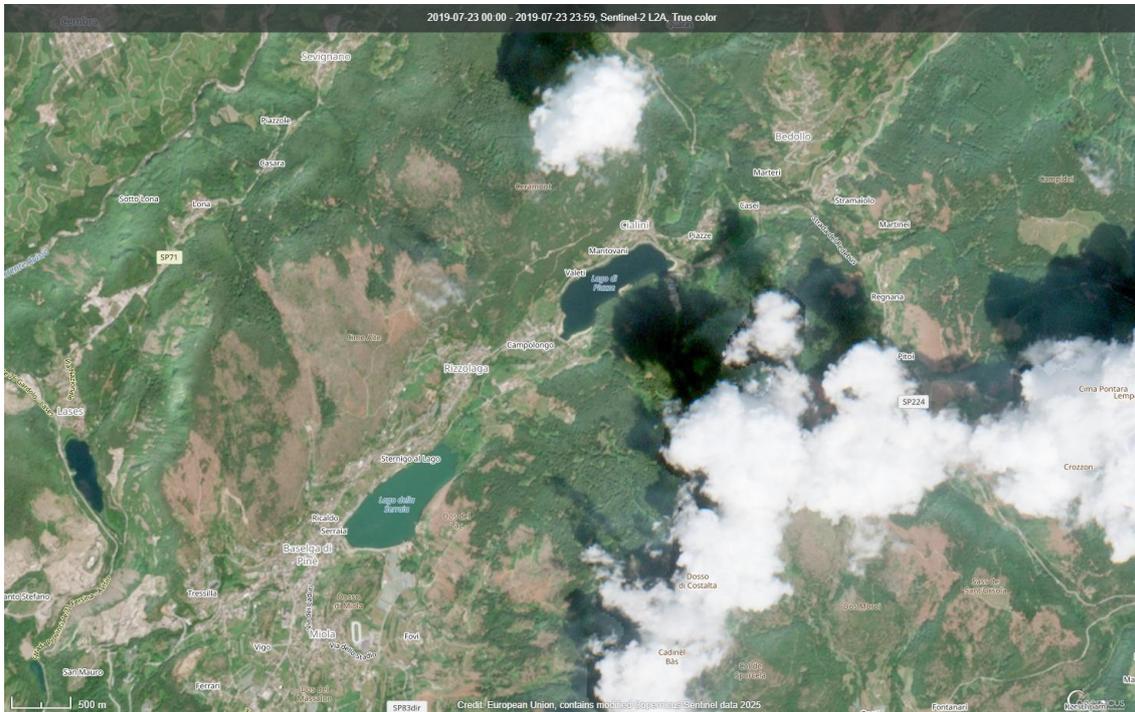


Figura 3: 23 luglio 2019 il lago di Serraia **fioritura algale già presente**

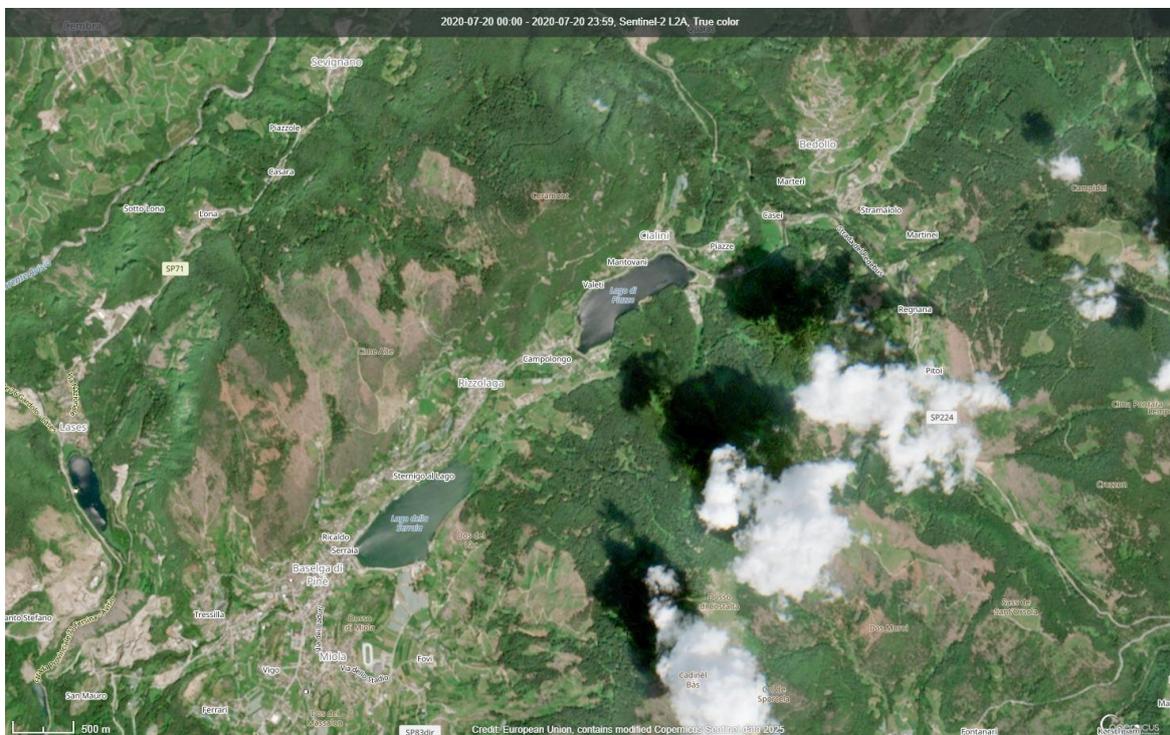


Figura 4: 20 luglio 2020 il lago di Serraia **inizia la fioritura algale**

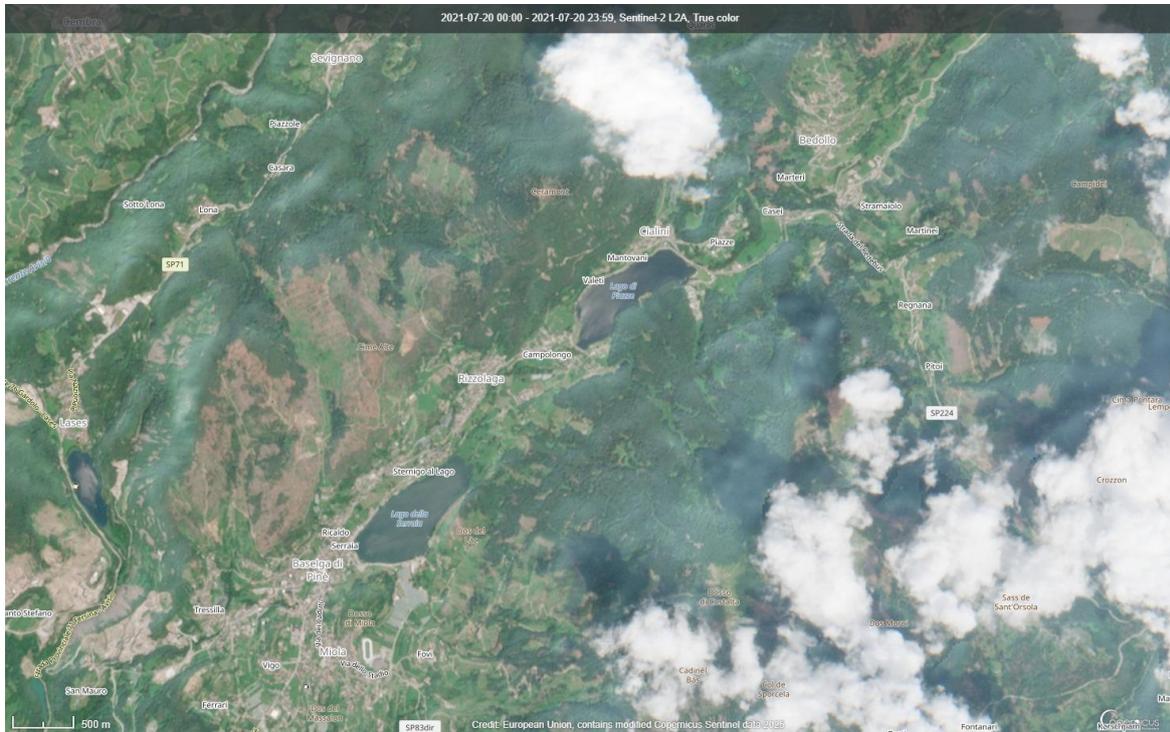


Figura 5: 20 luglio 2021 il lago di Serraja **inizio di fioritura algale**

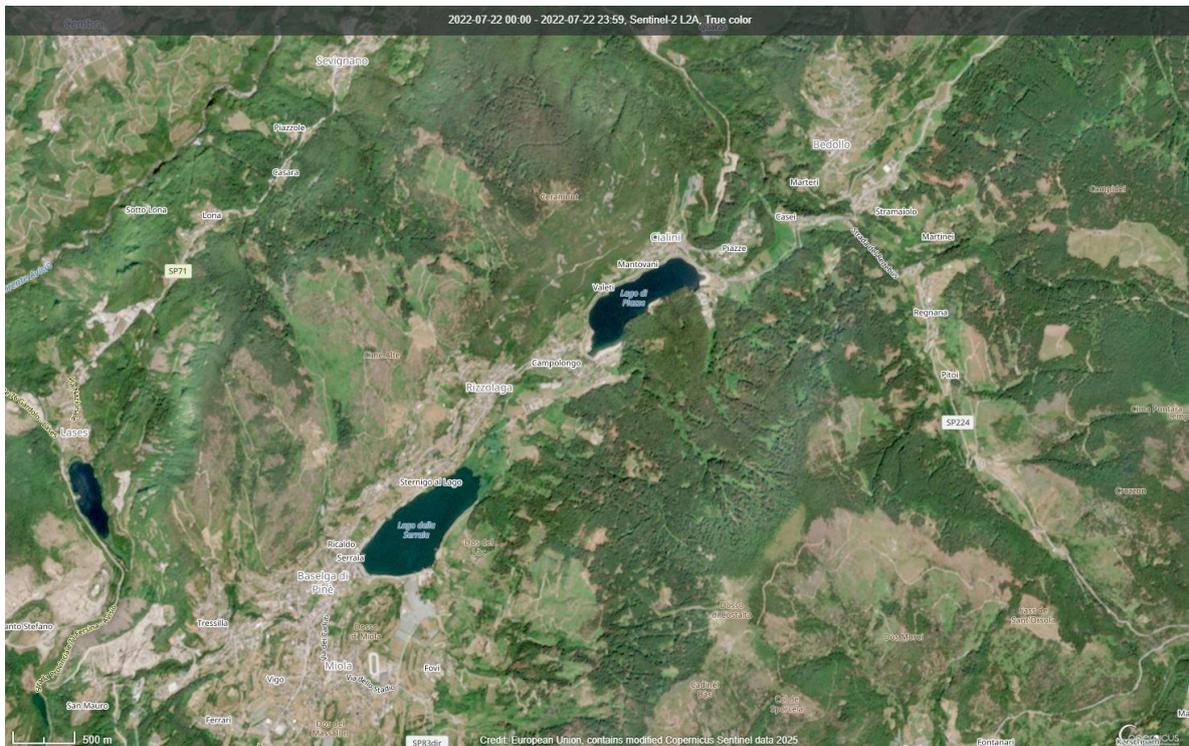


Figura 6: 22 luglio 2022 il lago di serraia appare **brivo di fioritura algale**

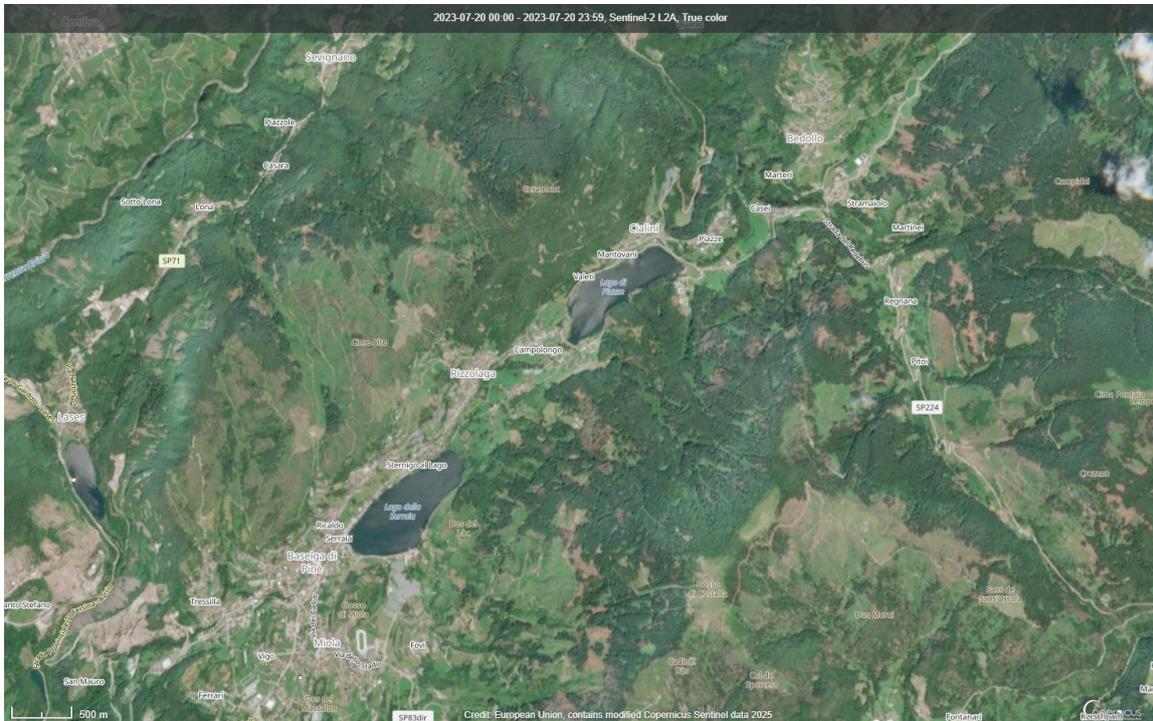


Figura 7: 20 luglio 2023 il lago di Serraita **privo di fioritura algale**

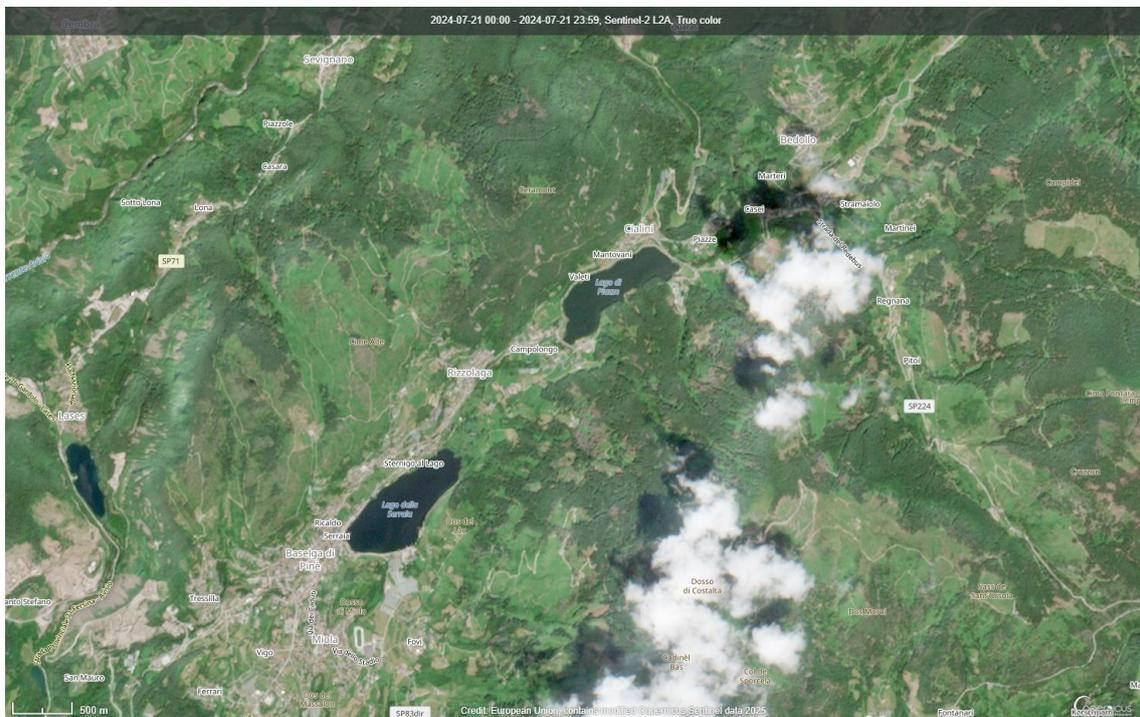


Figura 8: 21 luglio 2024 il lago di **Serraita appare trasparente** mentre il lago di piazza sembra meno trasparente

2) IMMAGINI SATELLIATRI PRIMA META' DI AGOSTO dall'anno 2017 all'anno 2024

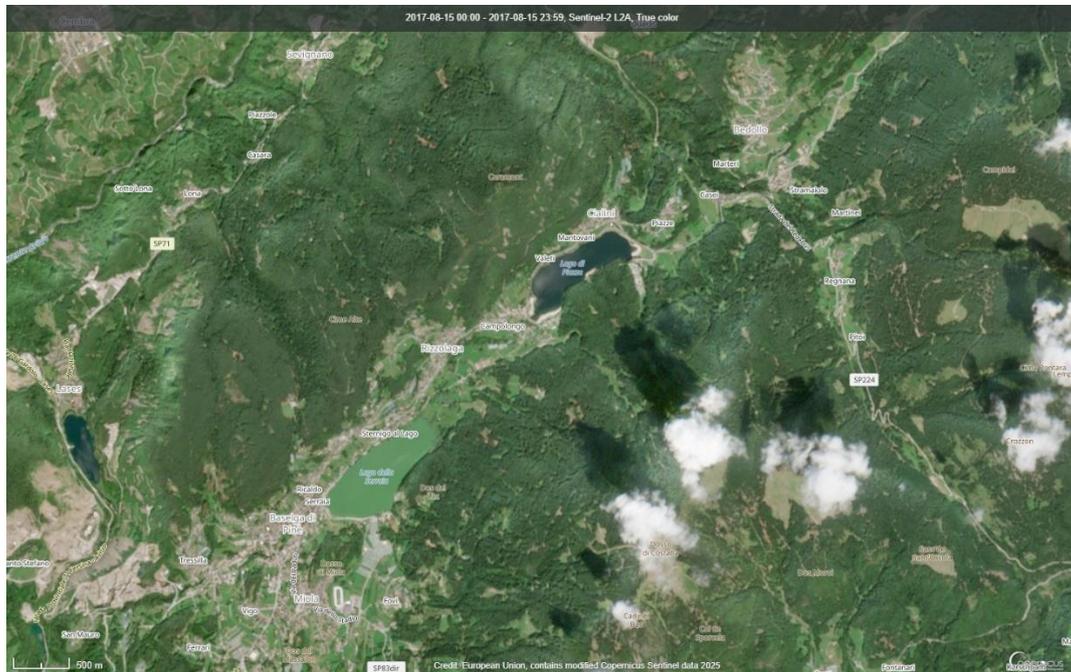


Figura 9: 15 agosto 2017 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

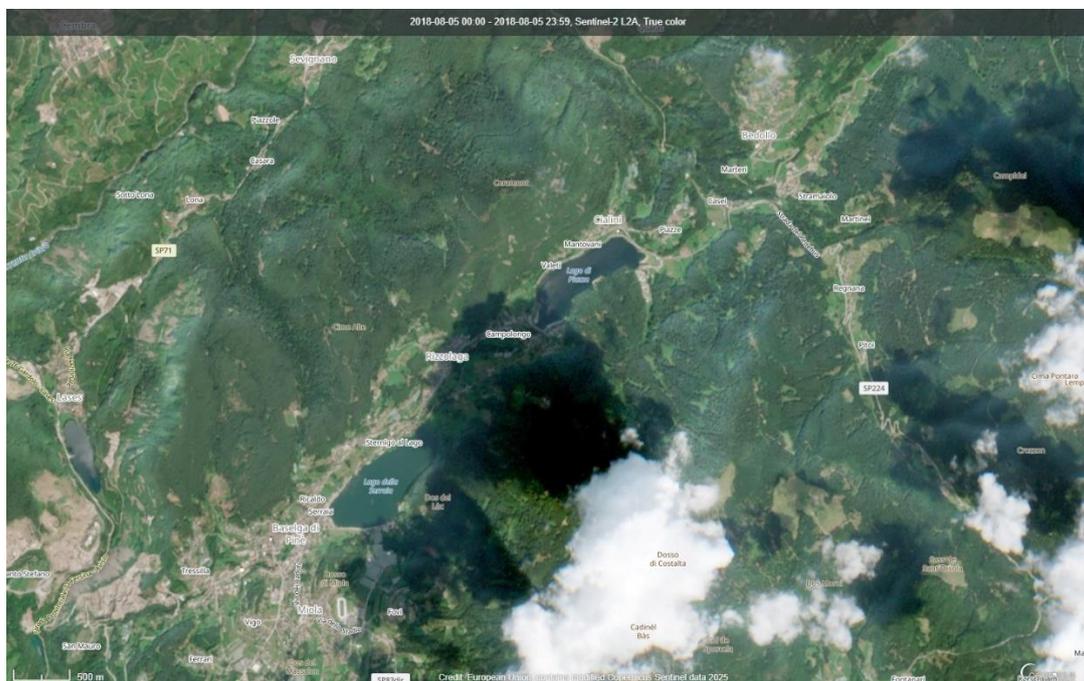


Figura 10: 05 agosto 2018 il lago di Serraia con **inizio di fioritura algale**

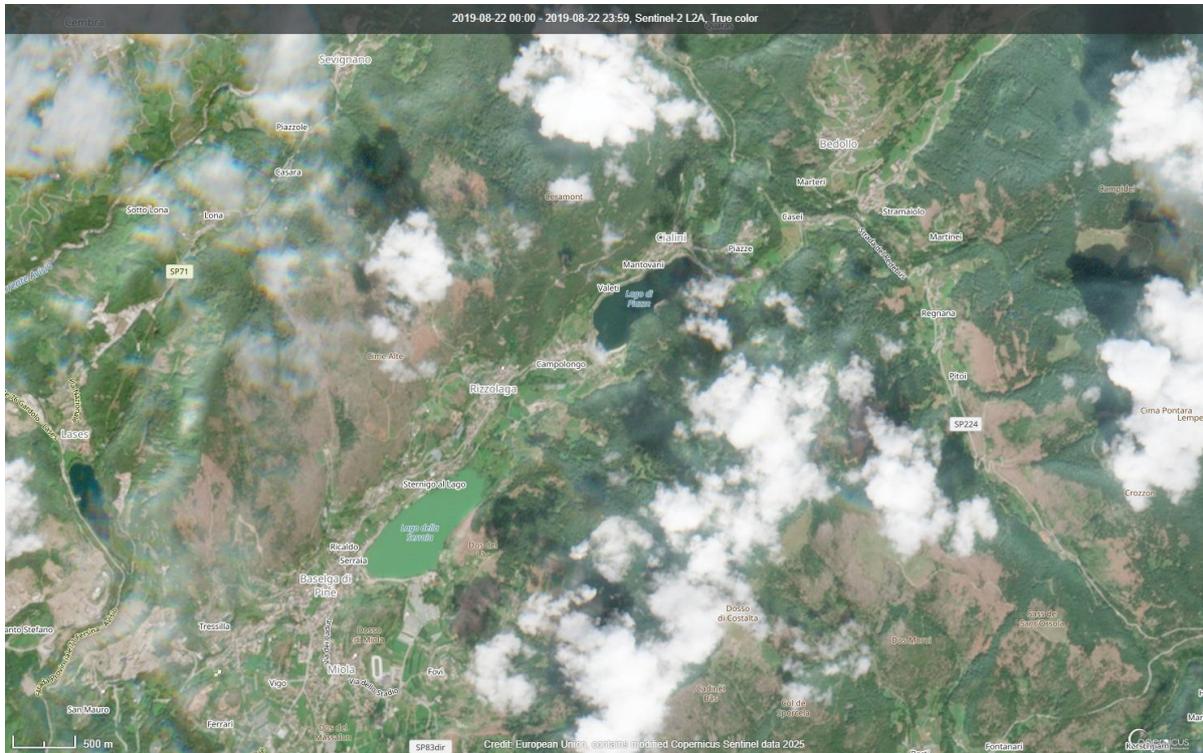


Figura 11: 22 agosto 2019 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

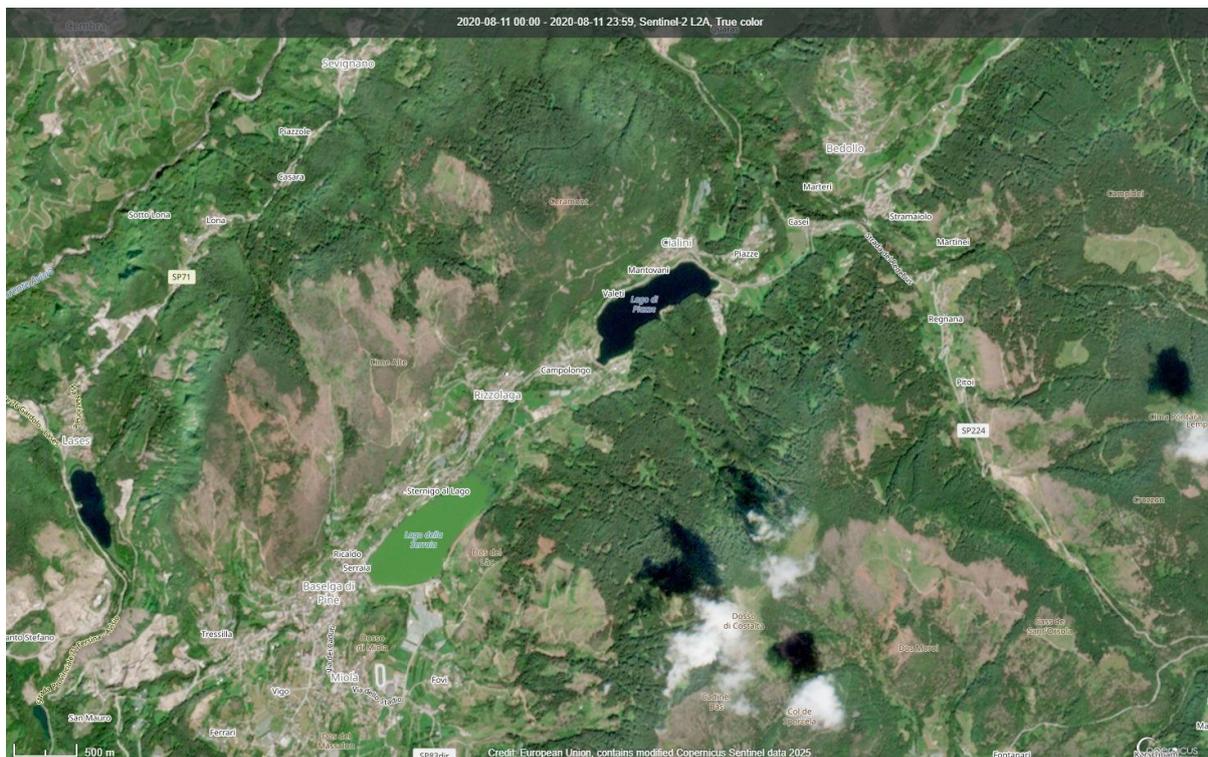


Figura 12: 11 agosto 2020 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

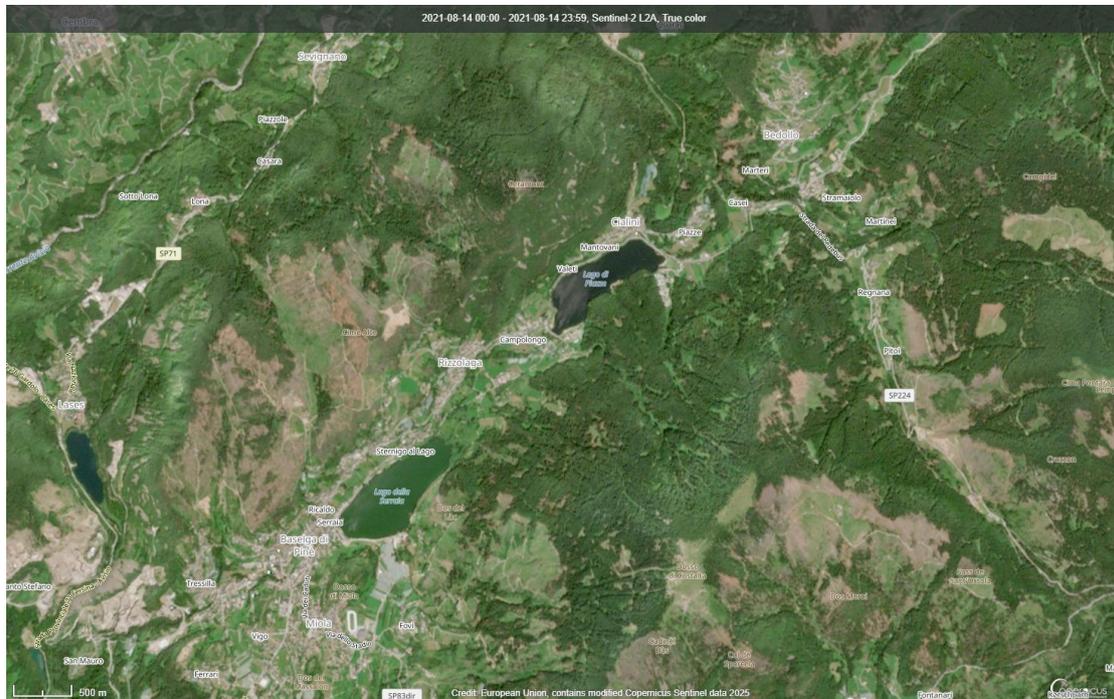


Figura 13: 14 agosto 2021 il lago di Serraia **con fioritura algale presente**

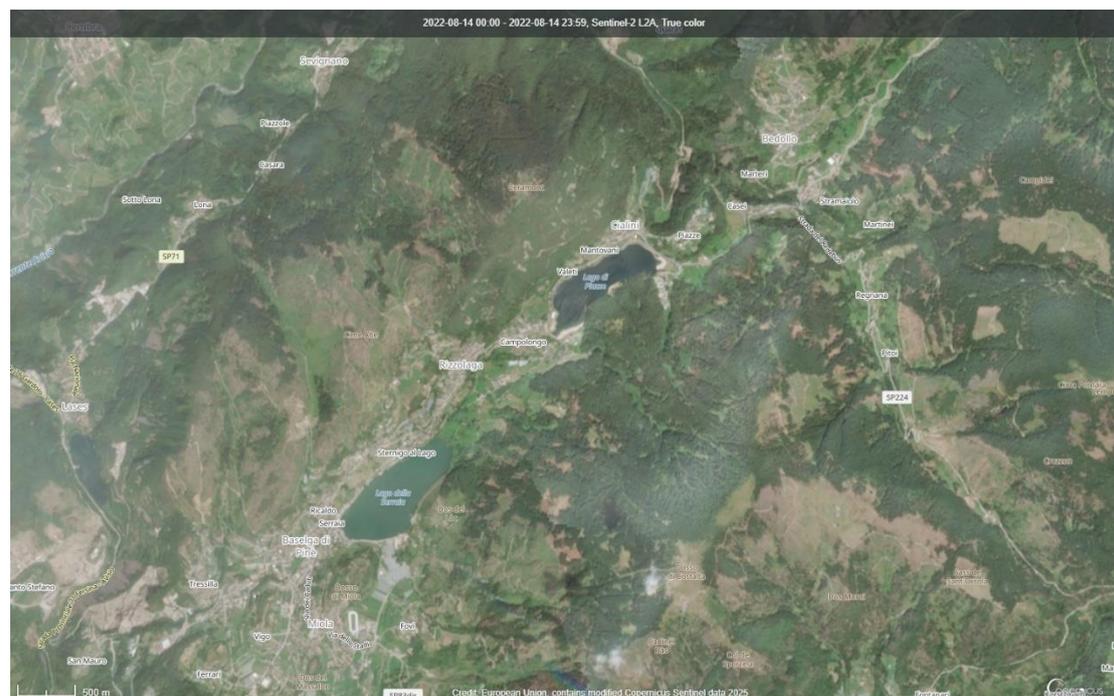


Figura 14: 14 agosto 2022 il lago di Serraia con **fioritura contenuta ma presente**

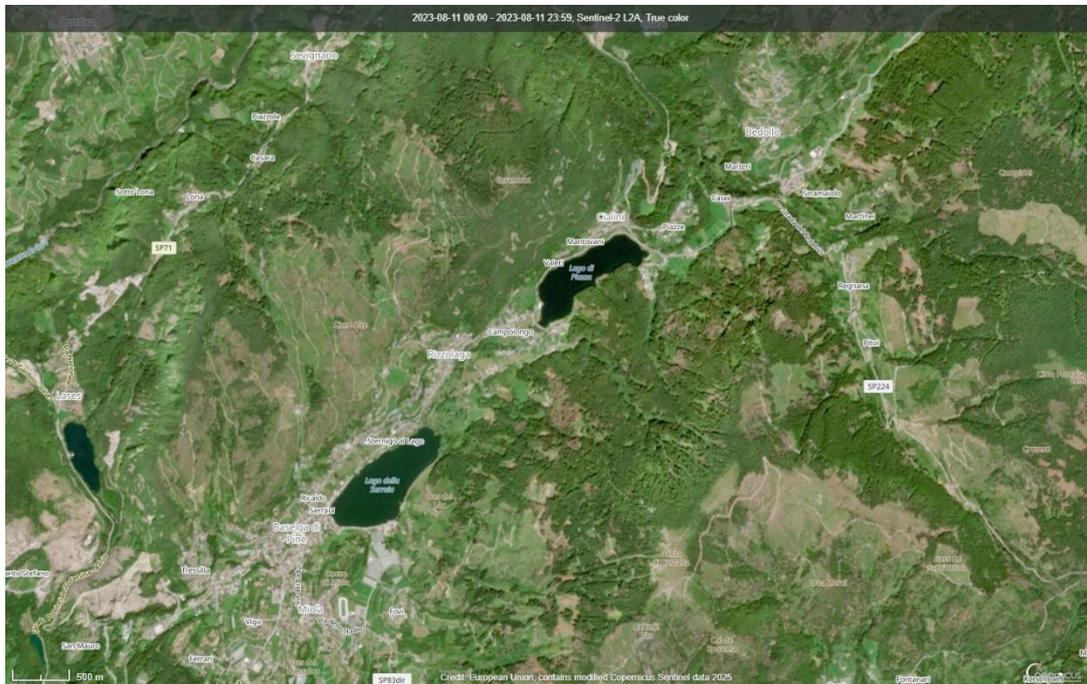


Figura 15: 11 agosto 2023 il lago di Serraia con **fioritura assente**

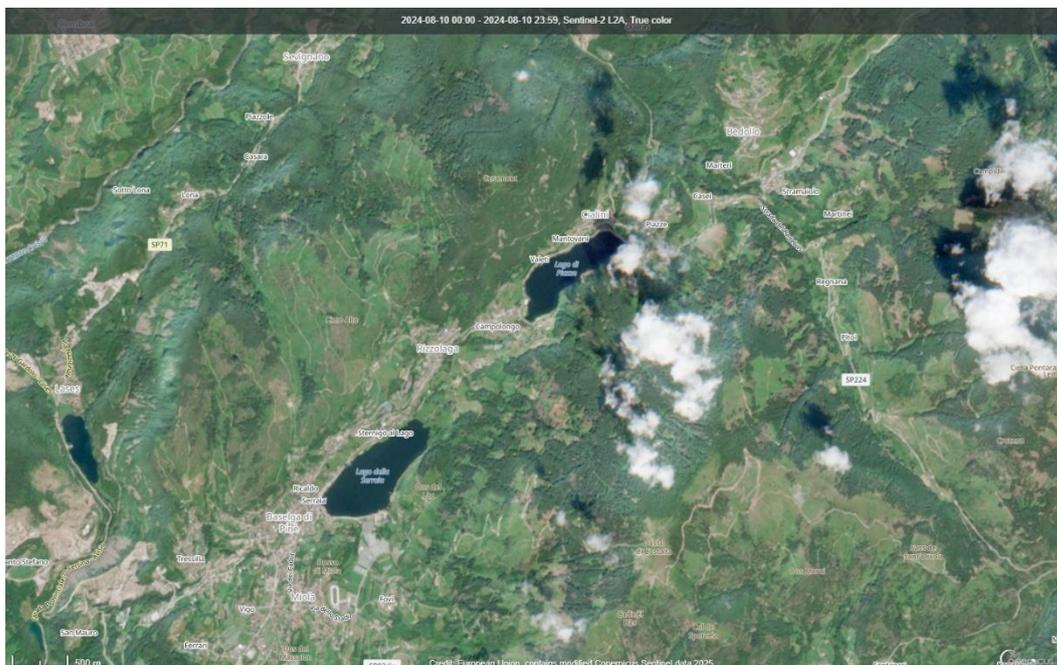


Figura 16: 10 agosto 2024 il lago di Serraia **privo di fioritura algale**

3) **SECONDA META' DI AGOSTO** dall'anno 2017 all'anno 2024

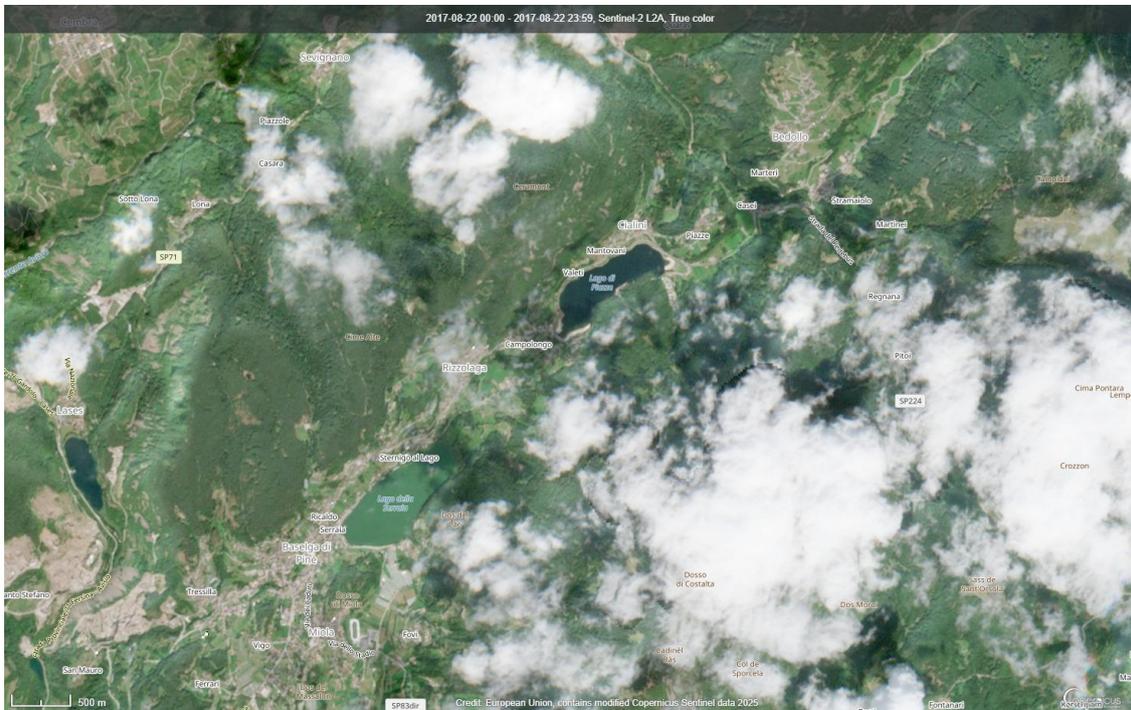


Figura 17: 22 agosto 2017 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente** (immagine ripetuta)

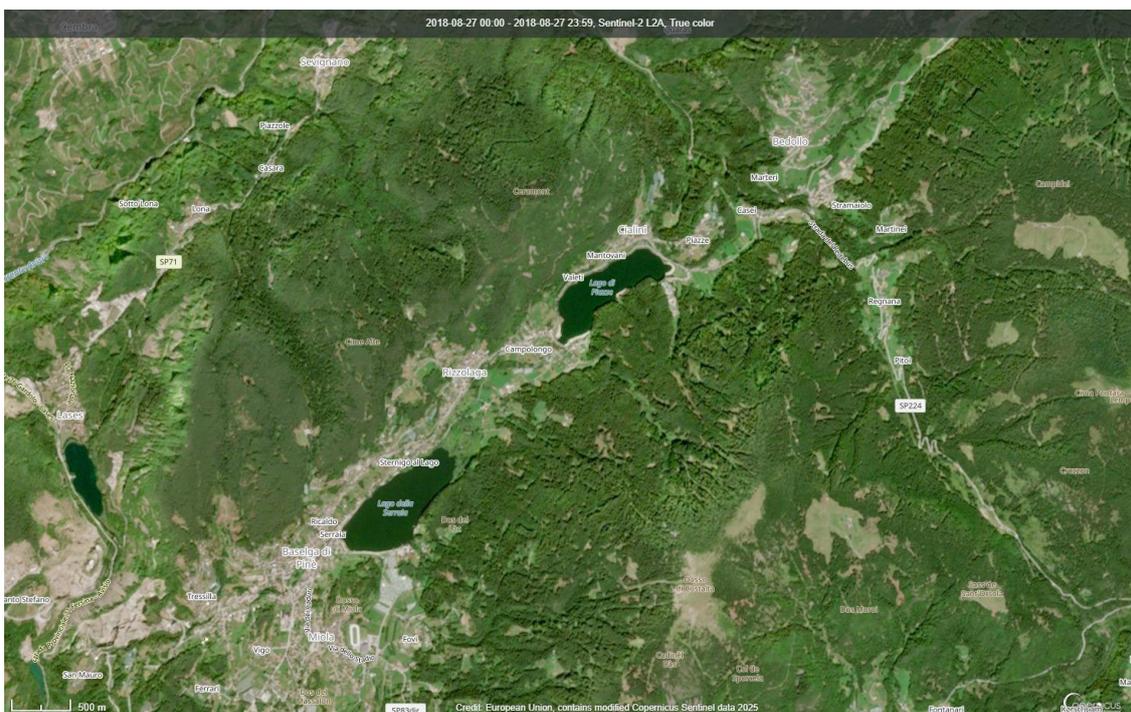


Figura 18: 27 agosto 2018 il lago di Serraia con **fioritura algale quasi assente** (confronto con il lago di Piazza)

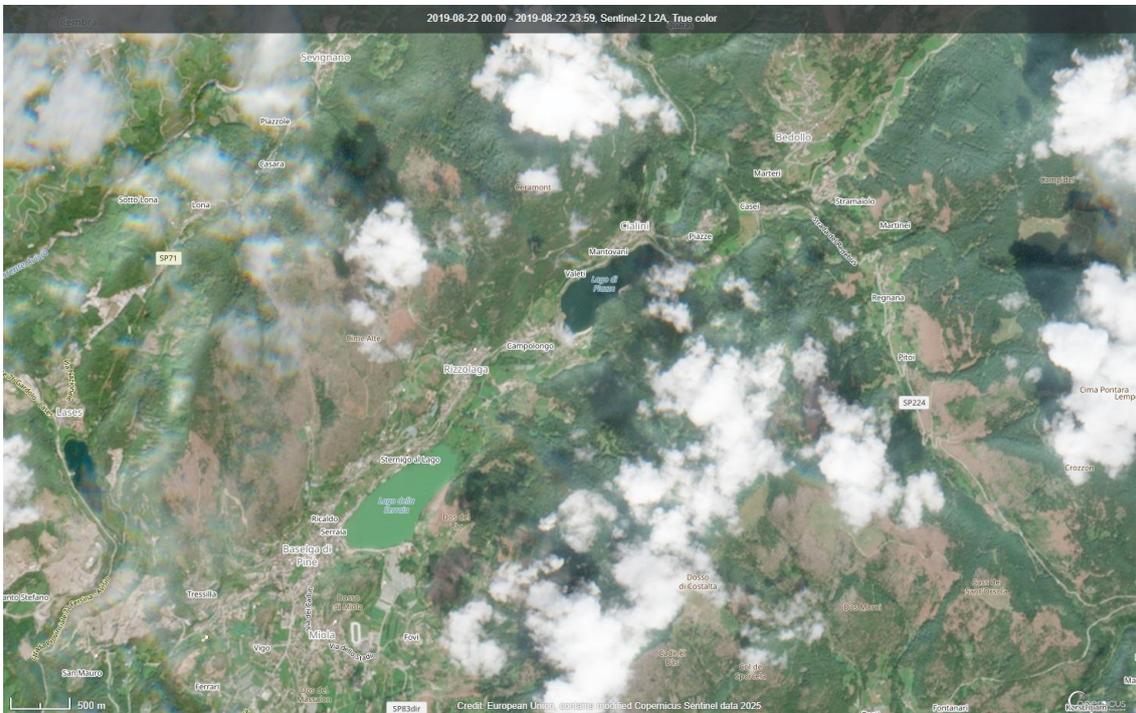


Figura 19: 22 agosto 2019 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

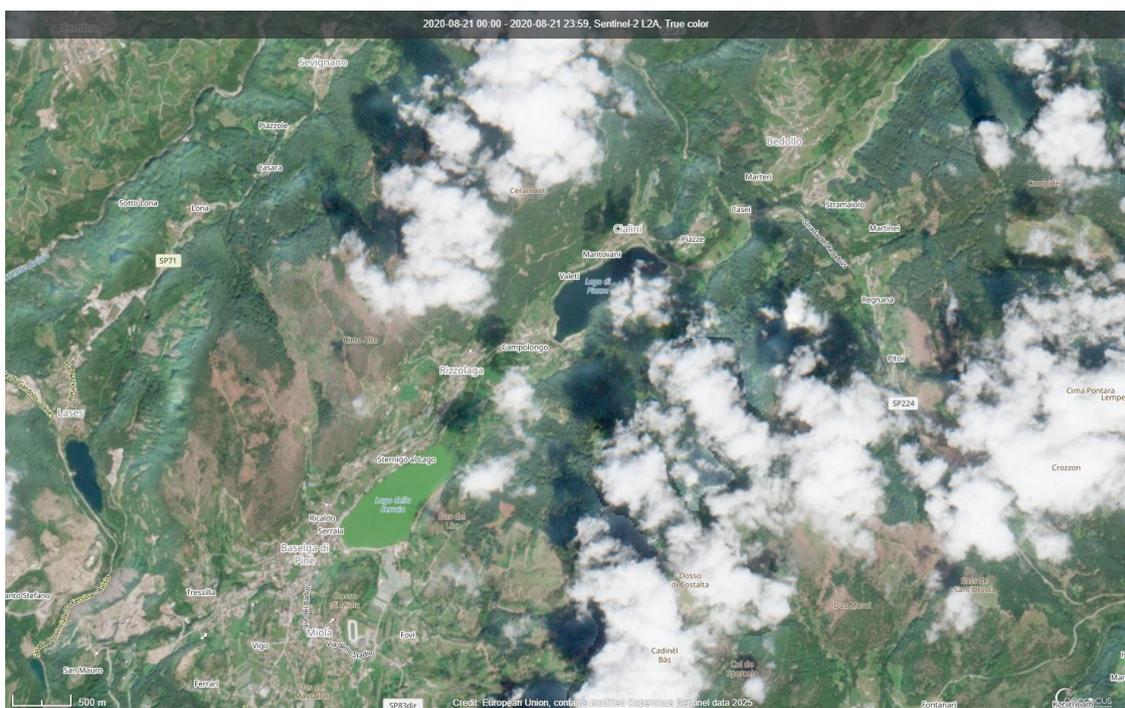


Figura 20: 21 agosto 2020 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

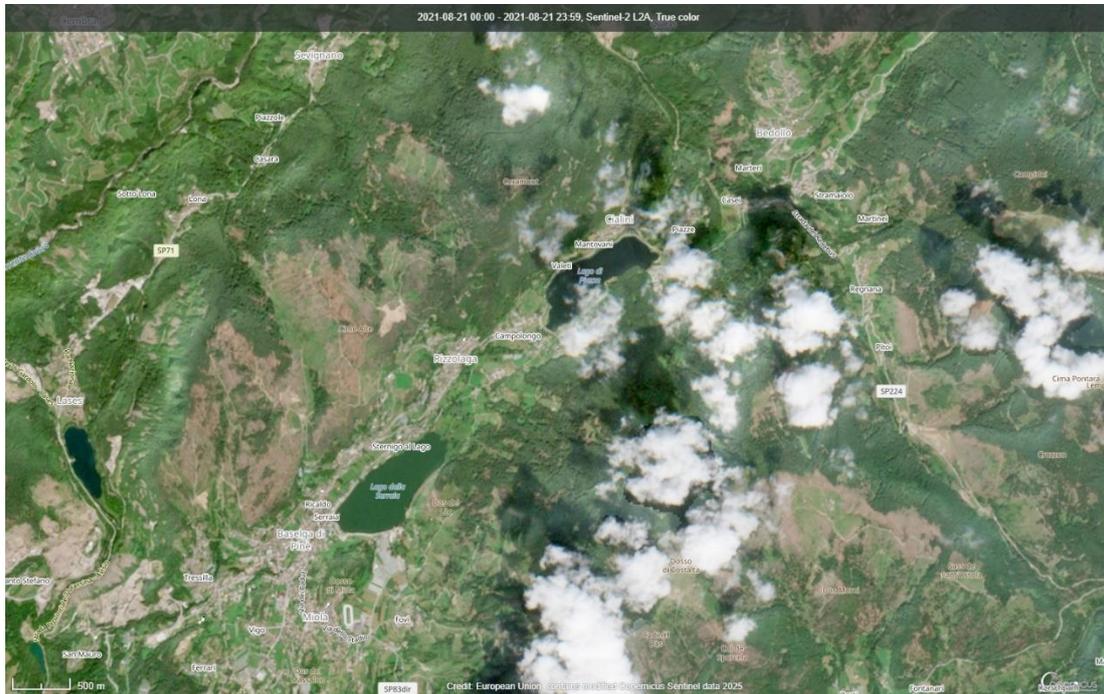


Figura 21: 21 agosto 2021 il lago di Serraia con **iniziale fioritura algale**

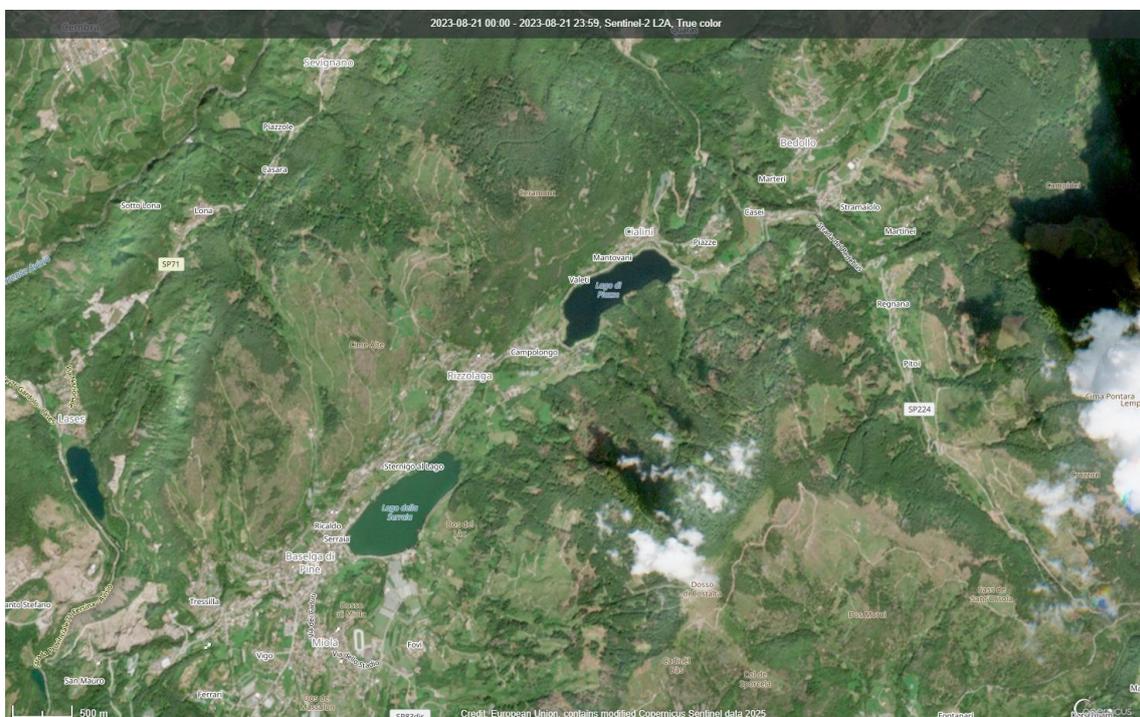


Figura 22: 21 agosto 2023 il lago di Serraia con **fioritura algale presente**

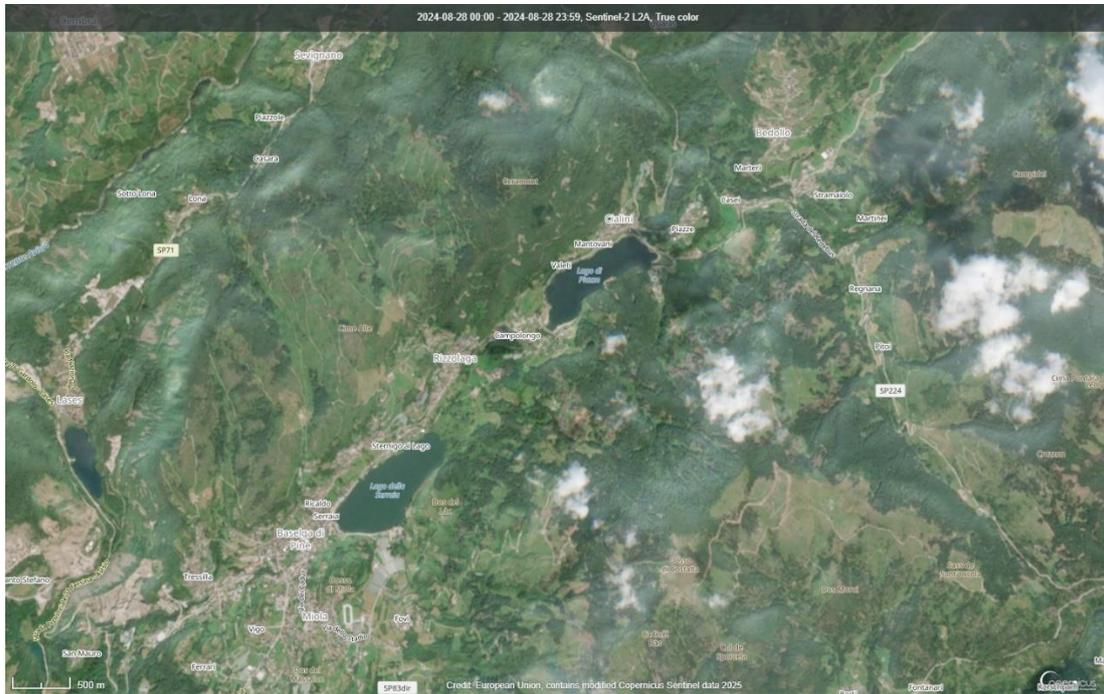


Figura 23: 28 agosto 2024 il lago di Serrai **con fioritura algale contenuta**

4) SETTEMBRE dall'anno 2017 all'anno 2024

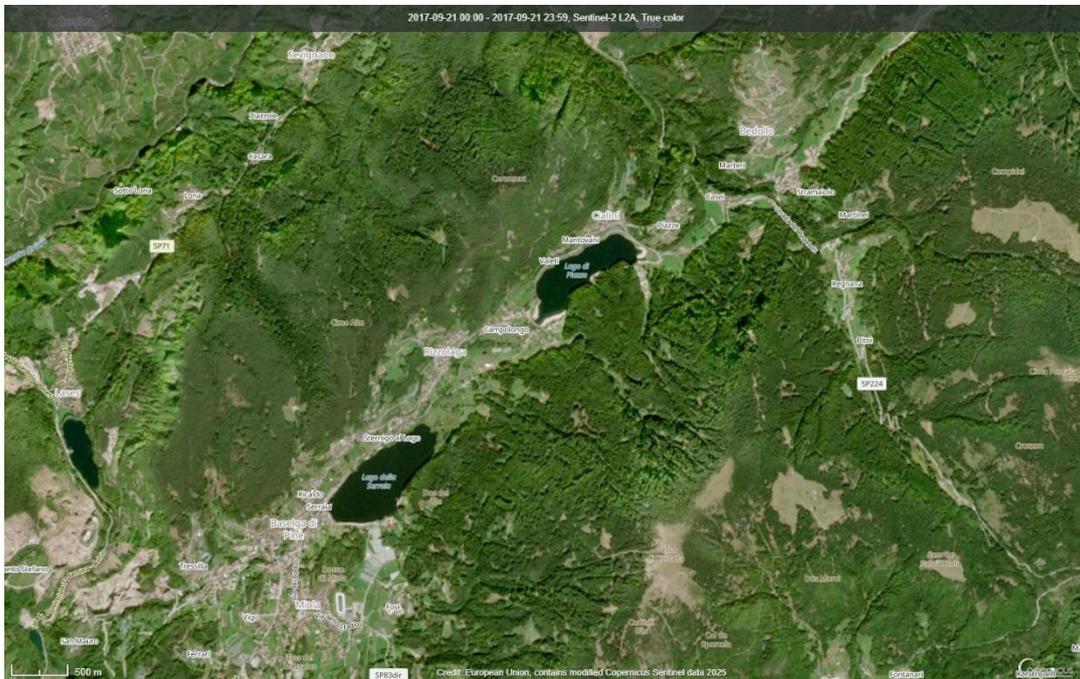


Figura 24: 21 settembre 2017 il lago di Serraia **con fioritura algale assente**

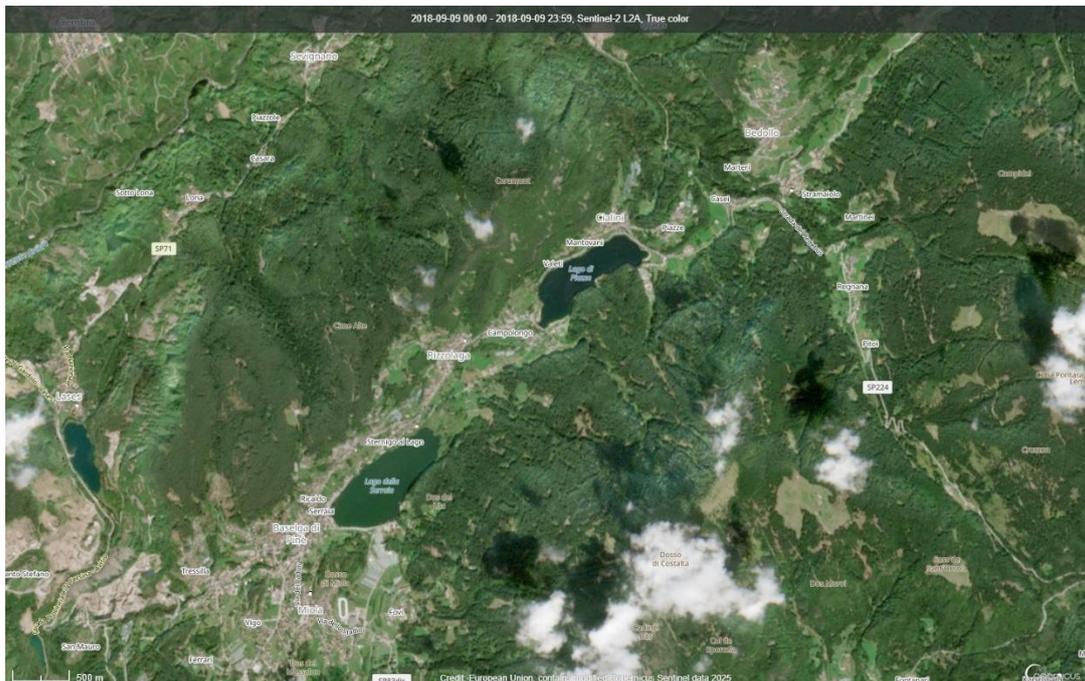


Figura 25: 09 settembre 2018 il lago di Serraia **con inizio di fioritura algale**

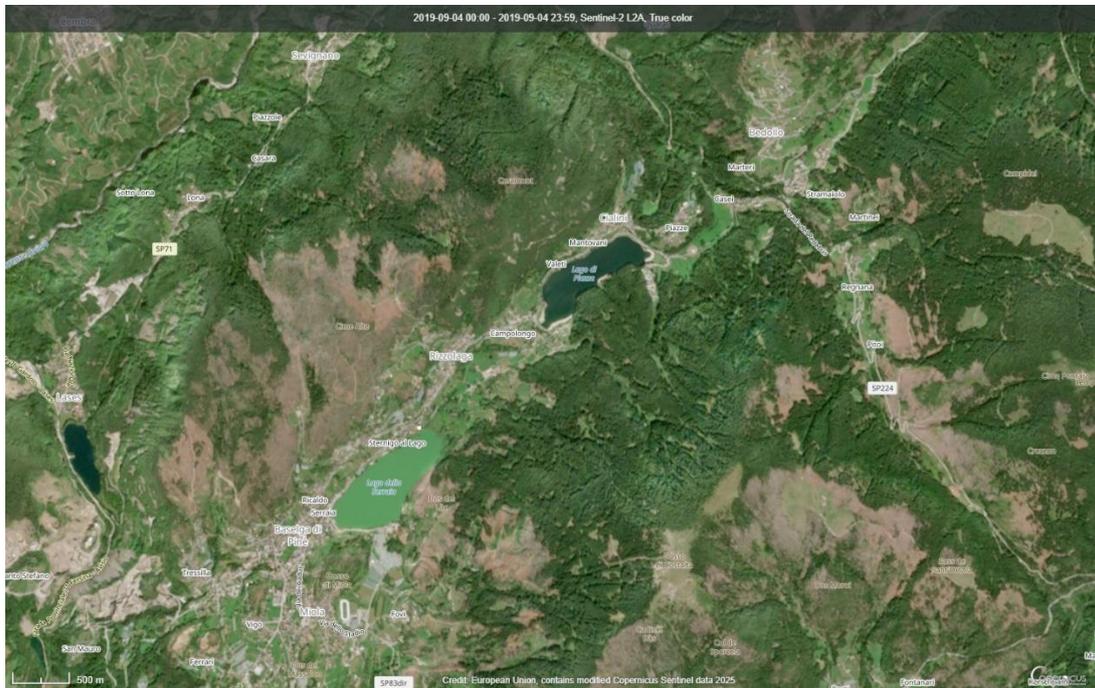


Figura 26: 04 settembre 2019 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

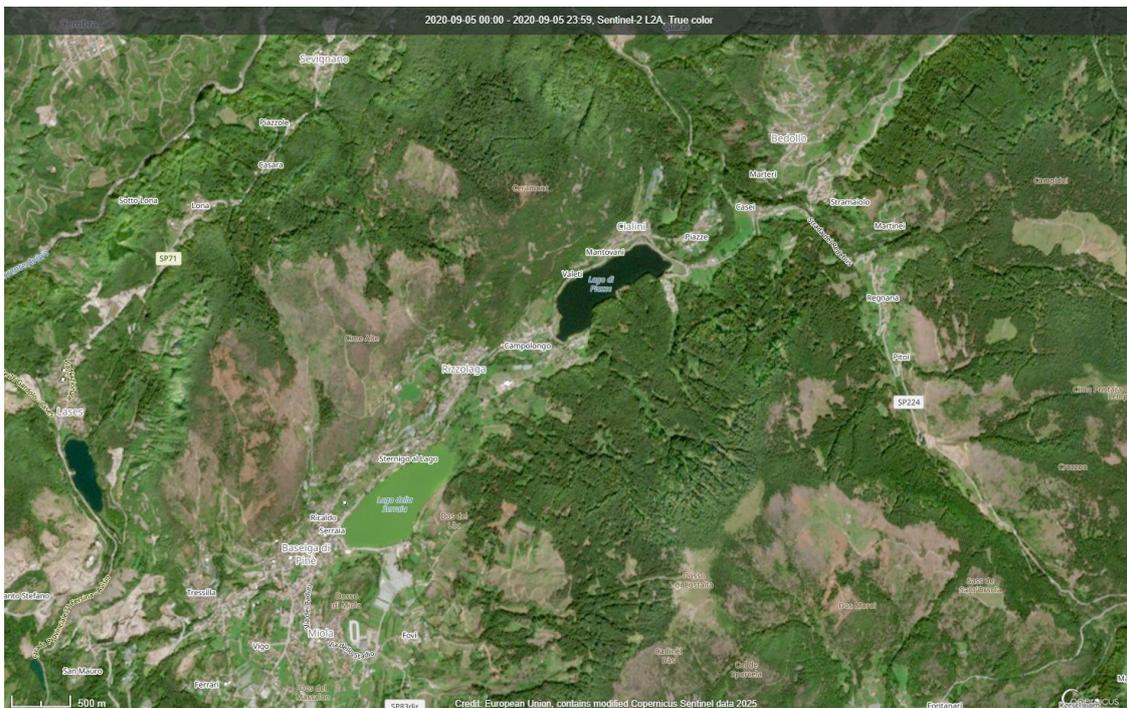


Figura 27: 05 settembre 2020 il lago di Serraia con **fioritura algale consistente**

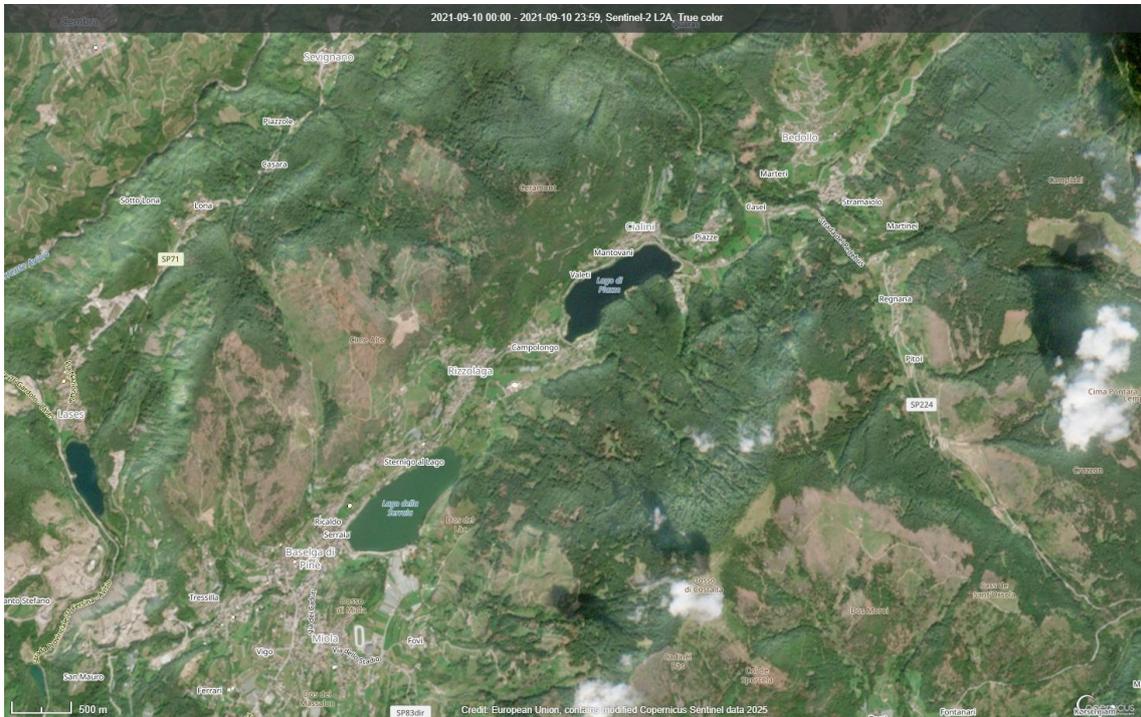


Figura 28: 10 settembre 2021 il lago di Serraià con **fioritura algale presente**

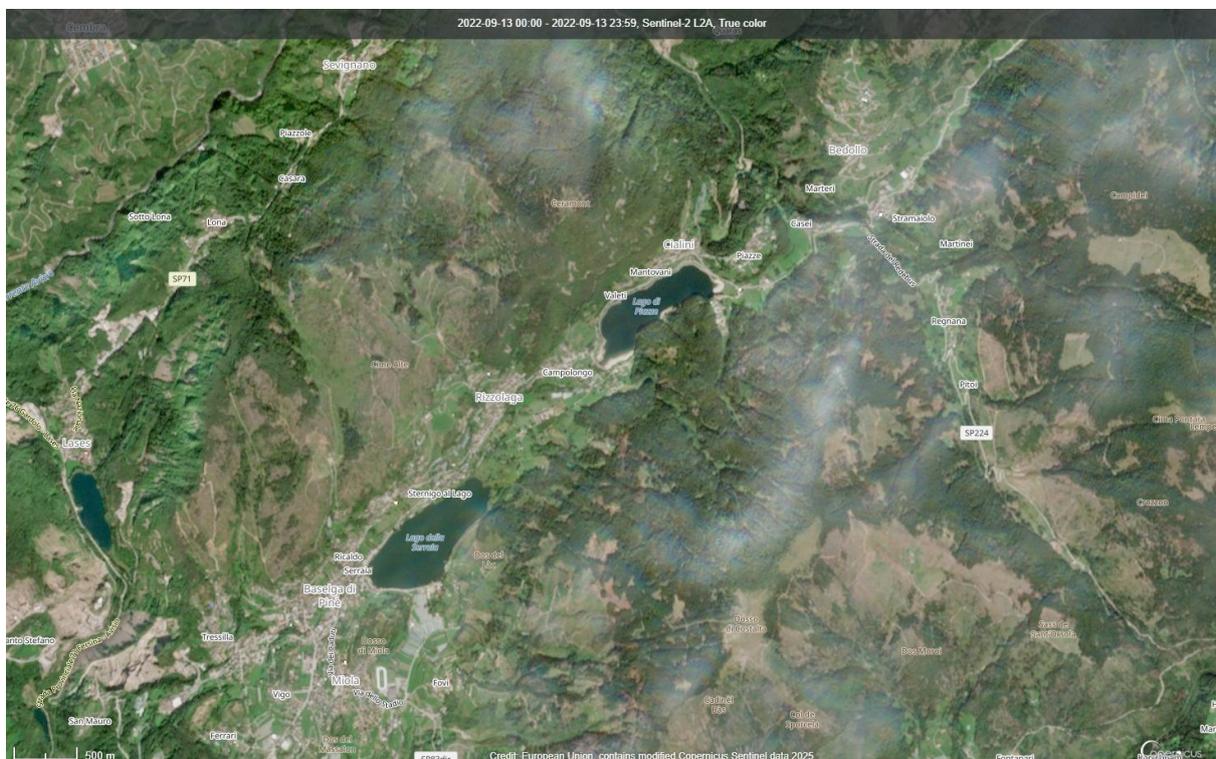


Figura 29: 13 settembre 2022 il lago di Serraià **con accennata fioritura algale**

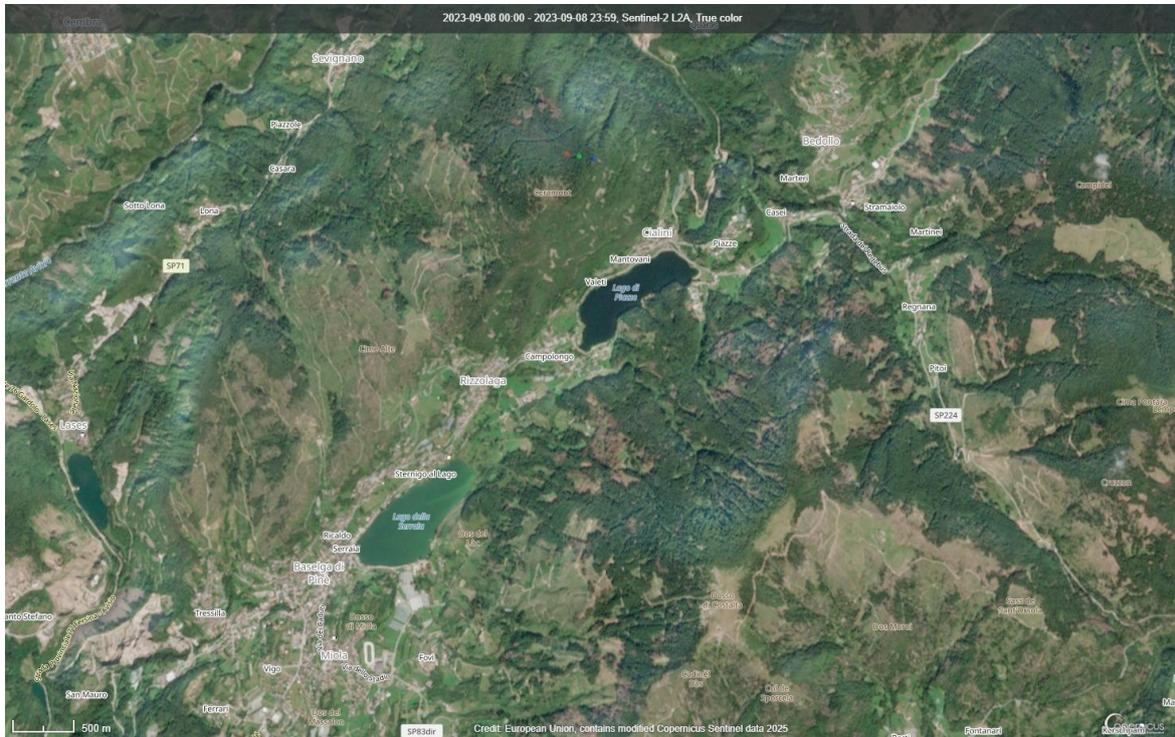


Figura 30: 08 settembre 2023 il lago di Serraia con **fioritura algale presente**

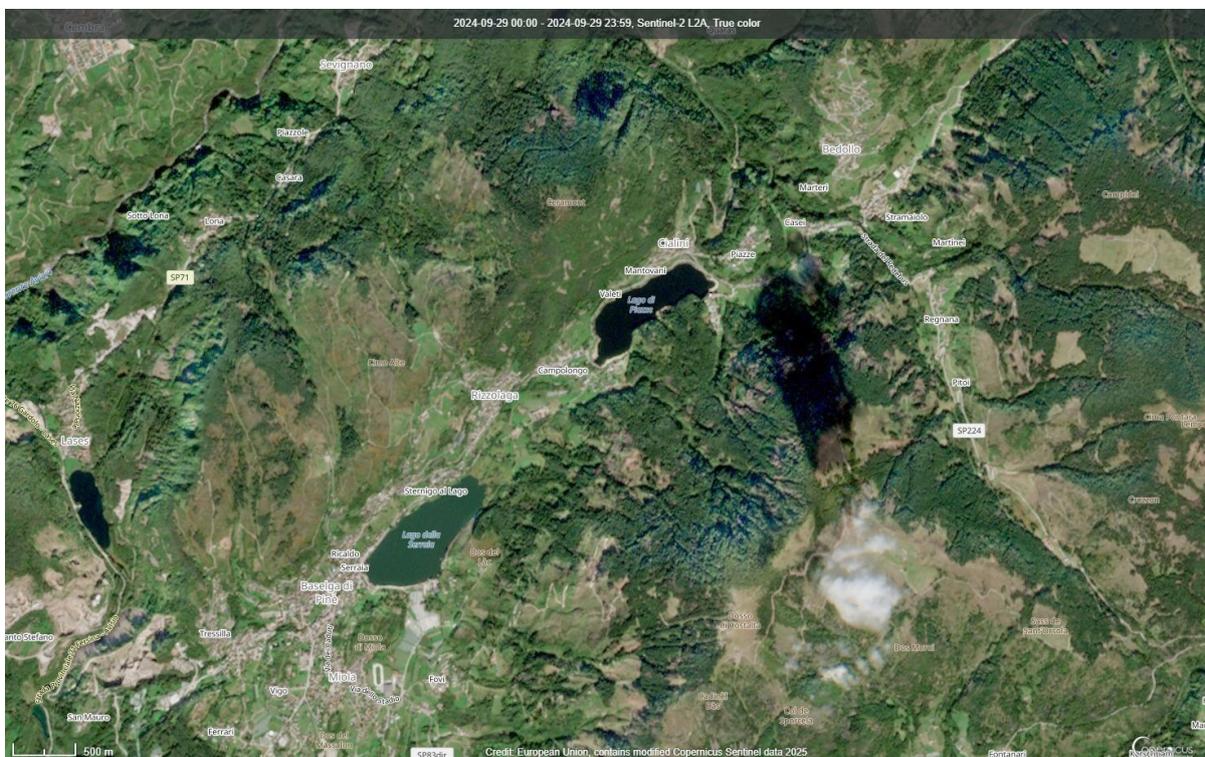
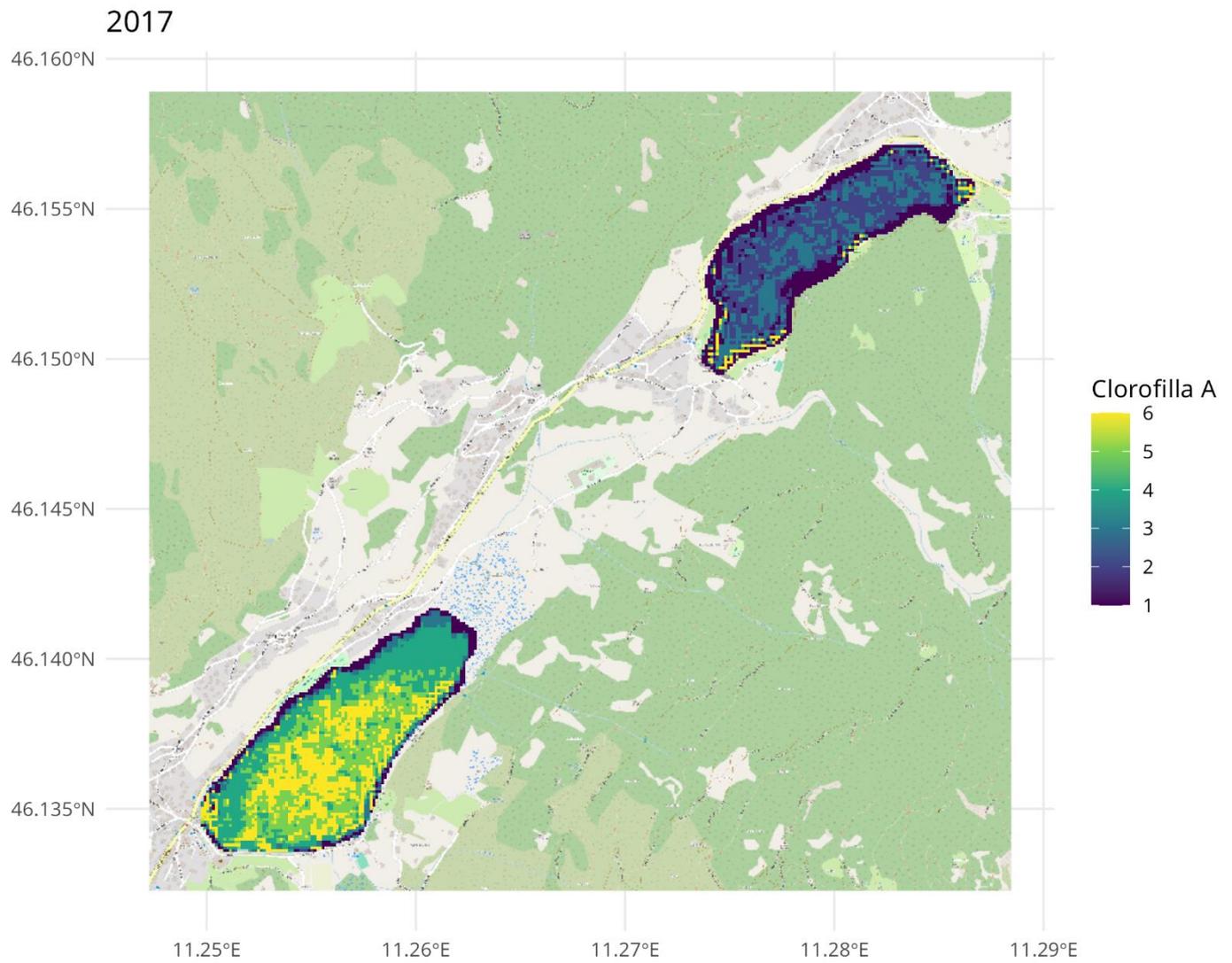
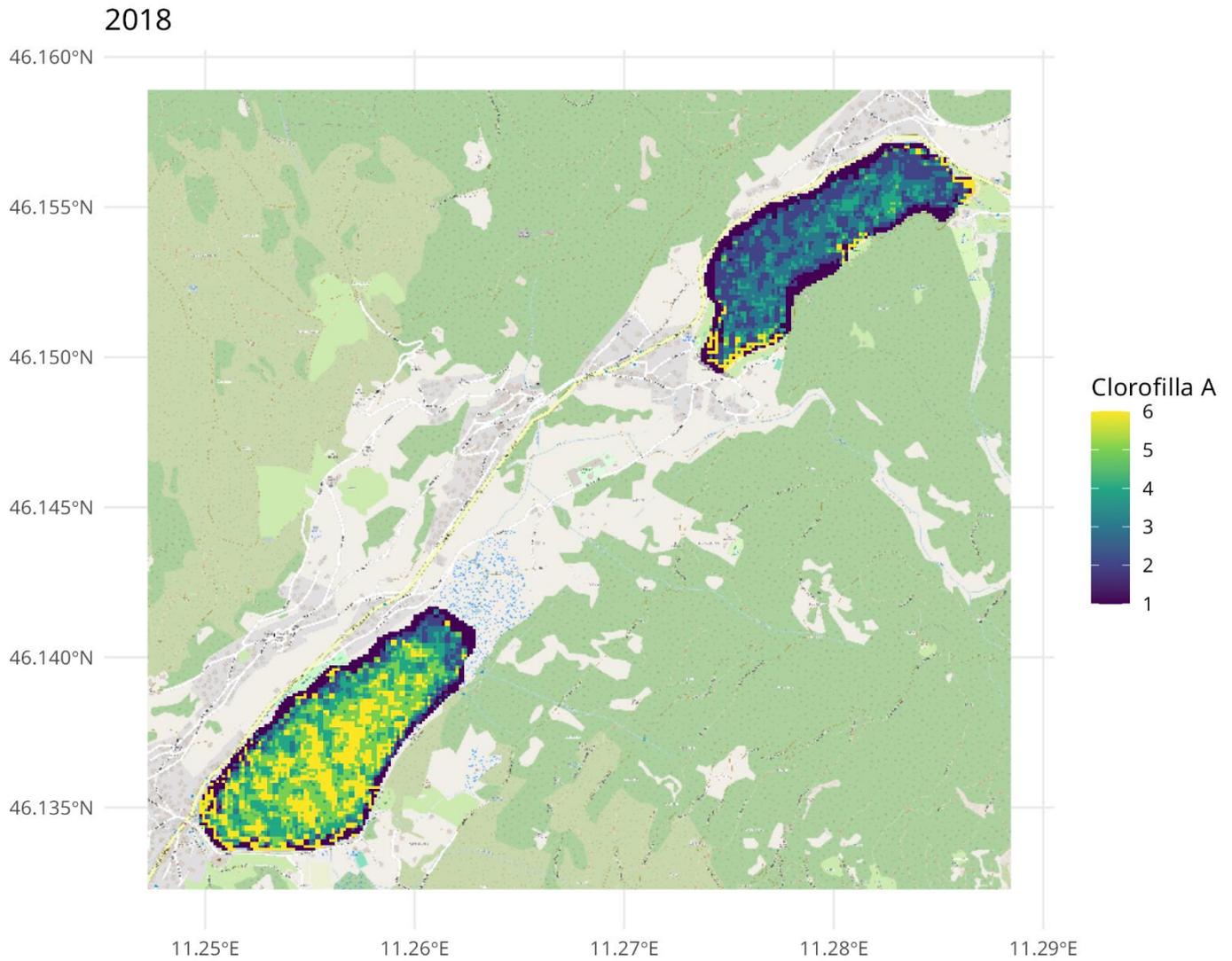


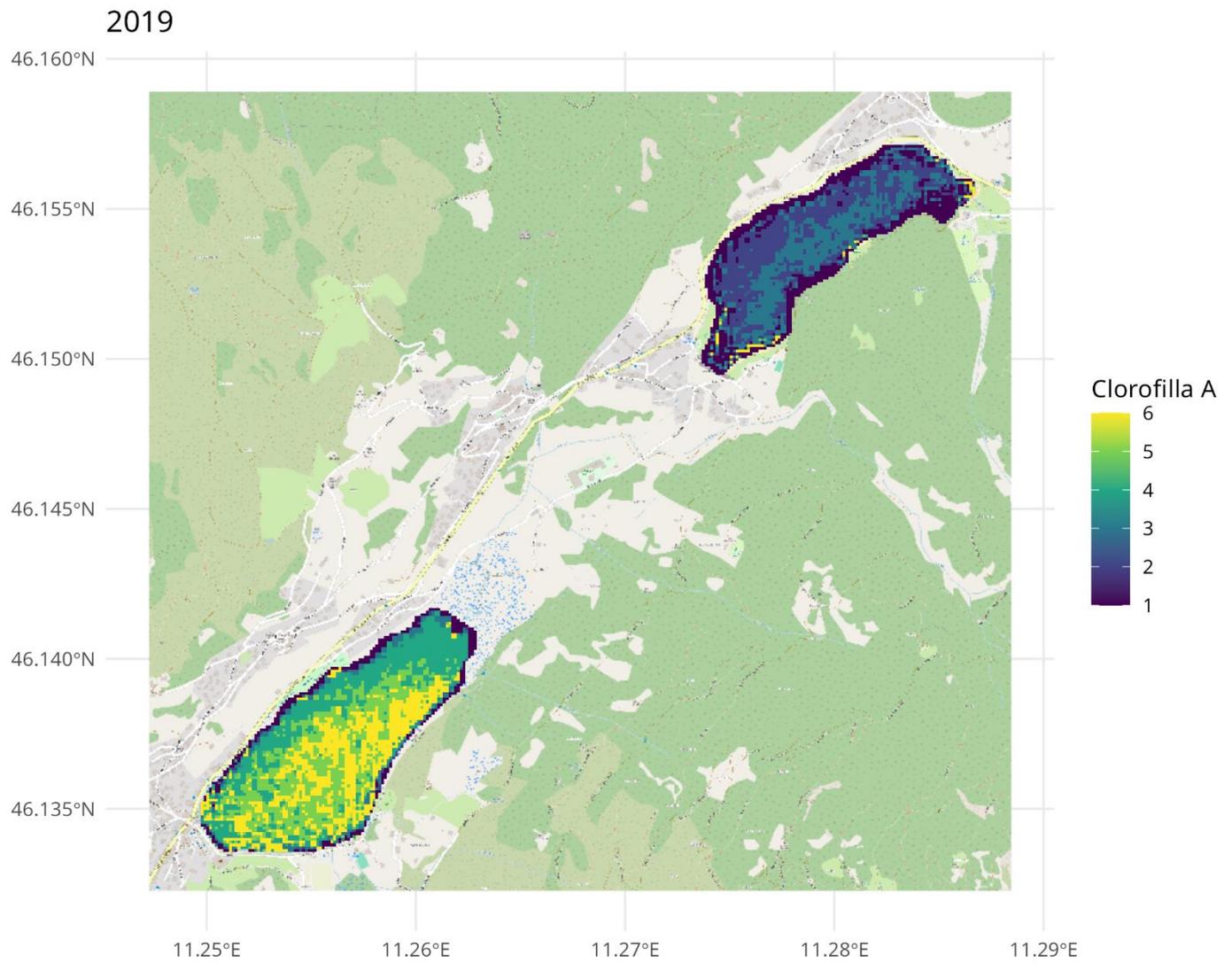
Figura 31: 29 settembre 2024 il lago di Serraia con **fioritura algale presente**



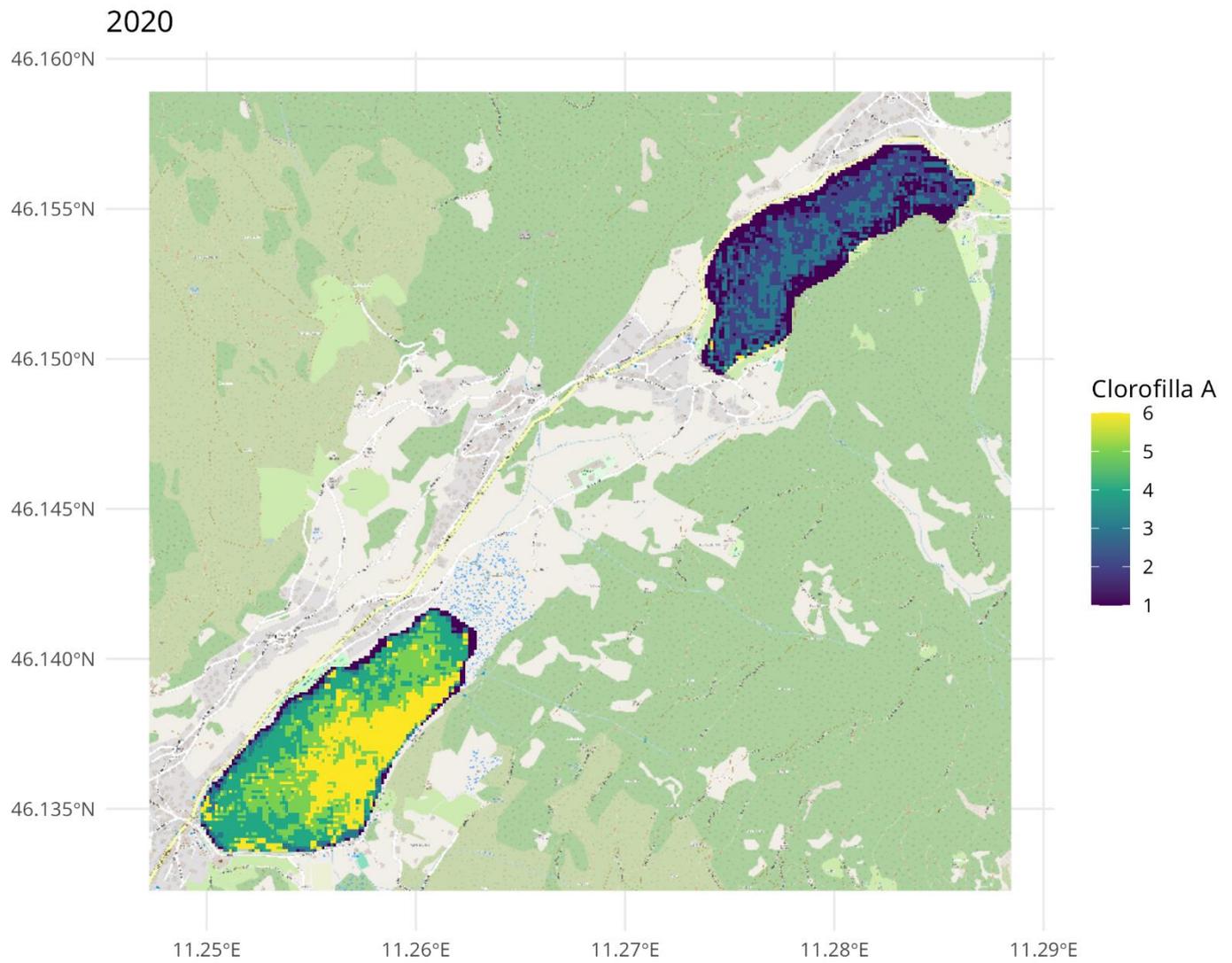
*Figura 32: confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2017*



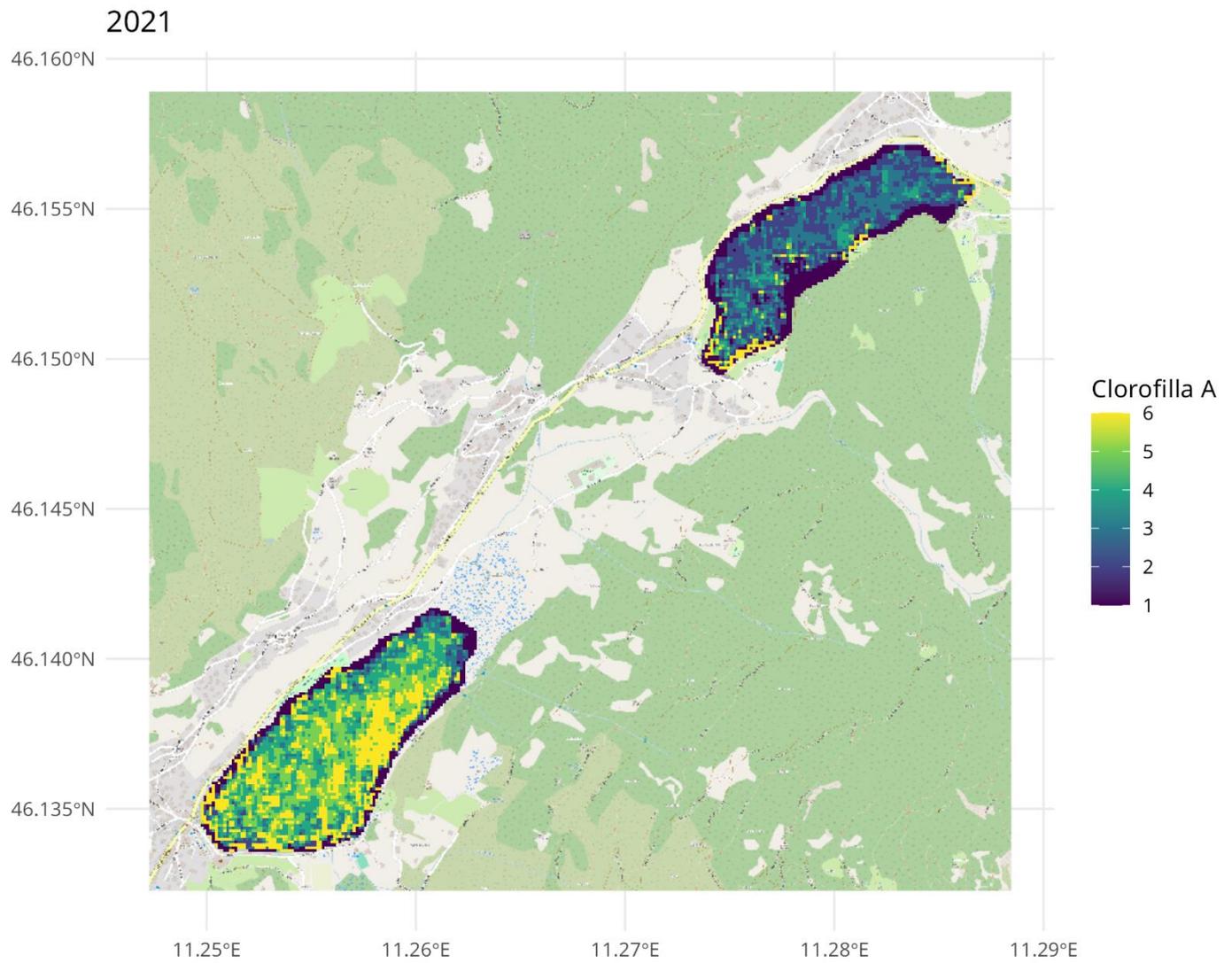
*Figura 33: confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2018*



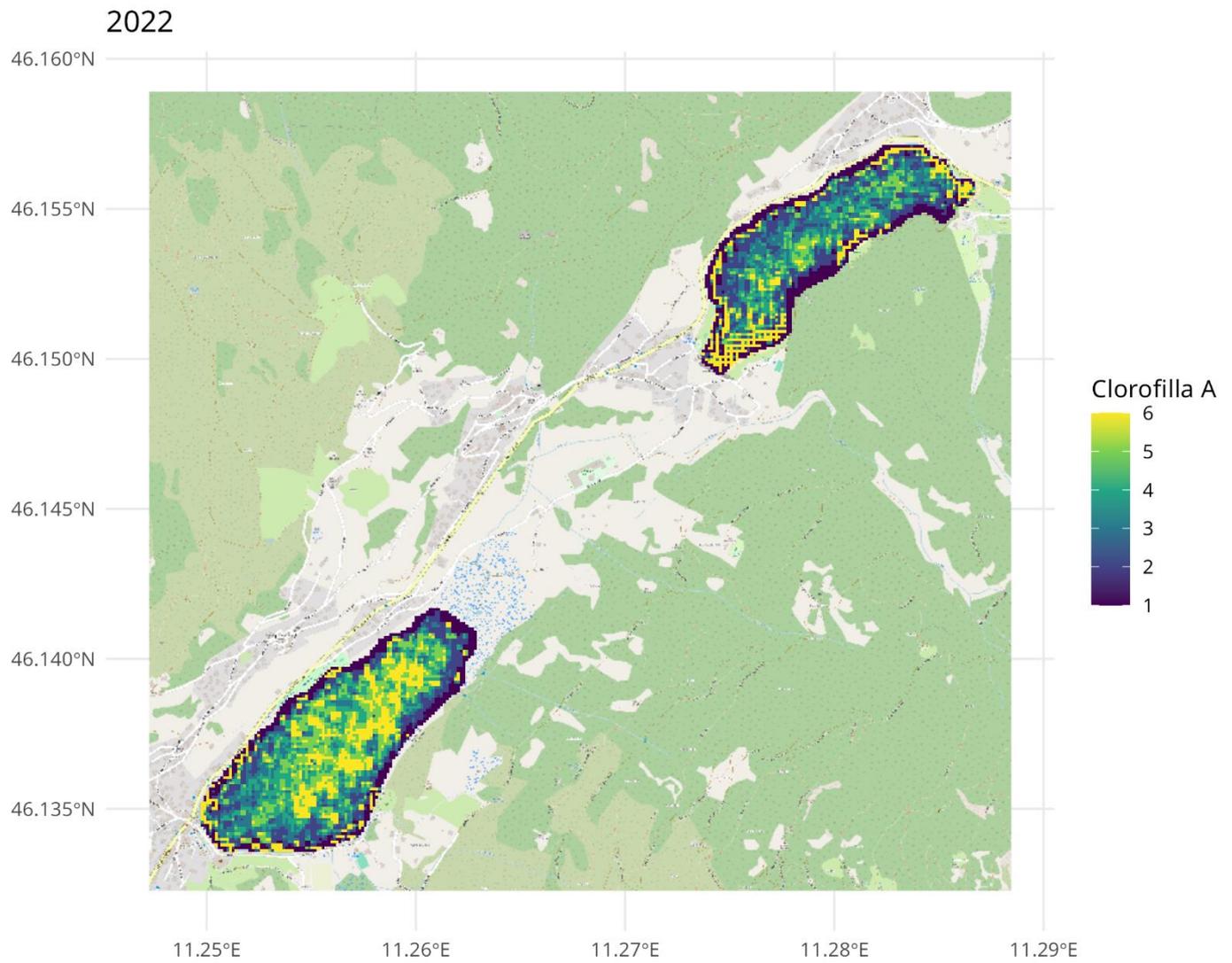
**Figura 34:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2019



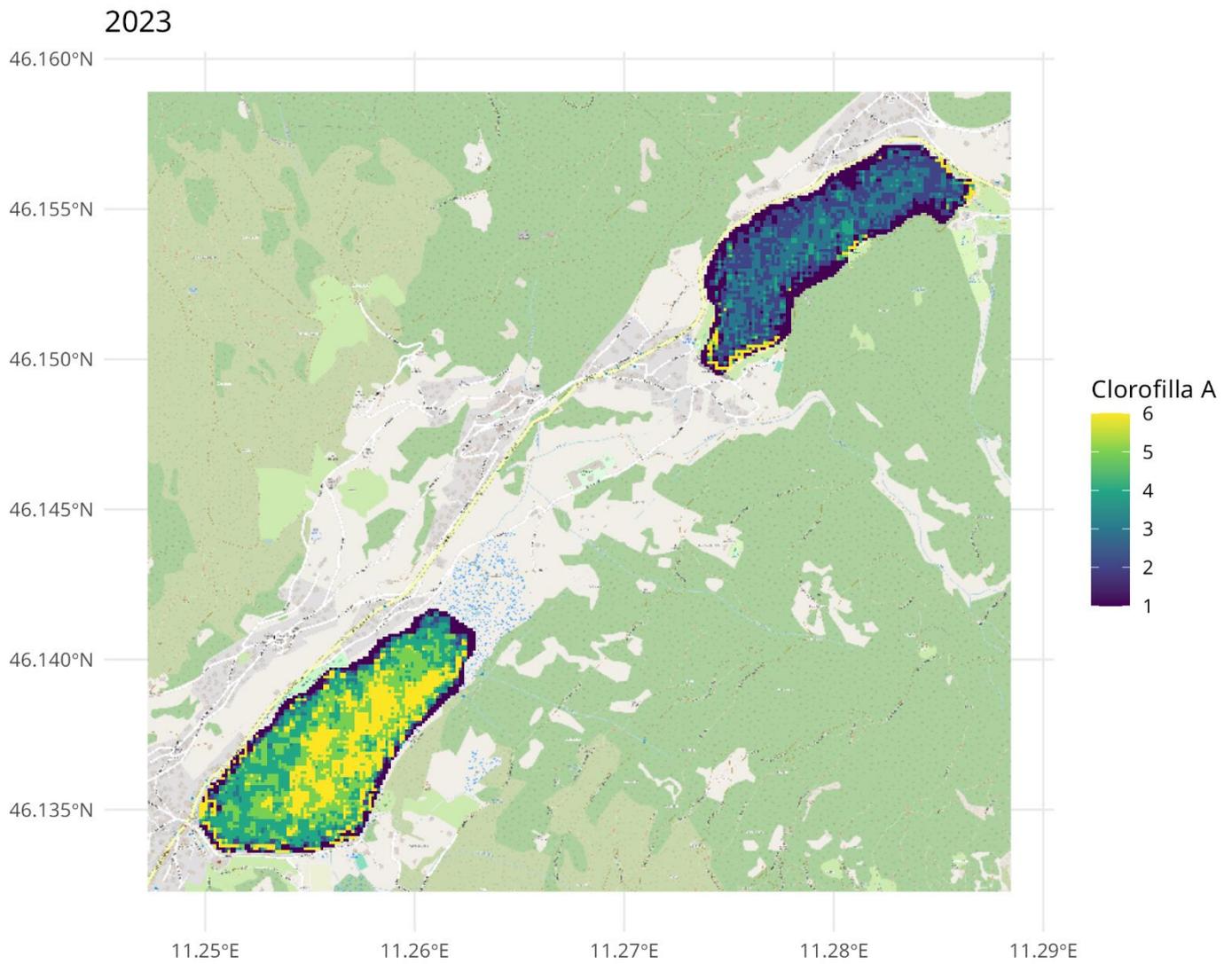
**Figura 35:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2020



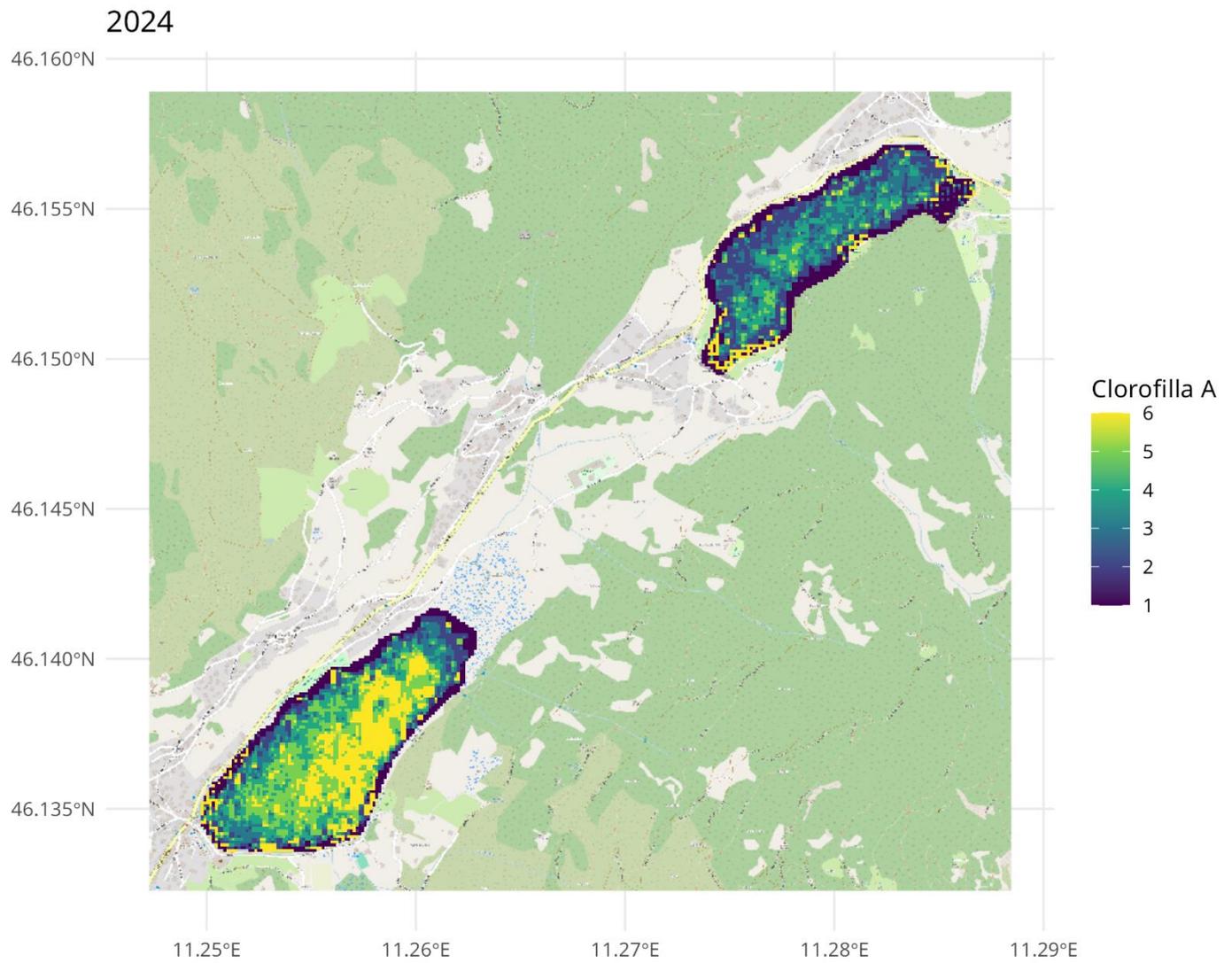
**Figura 36:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2021



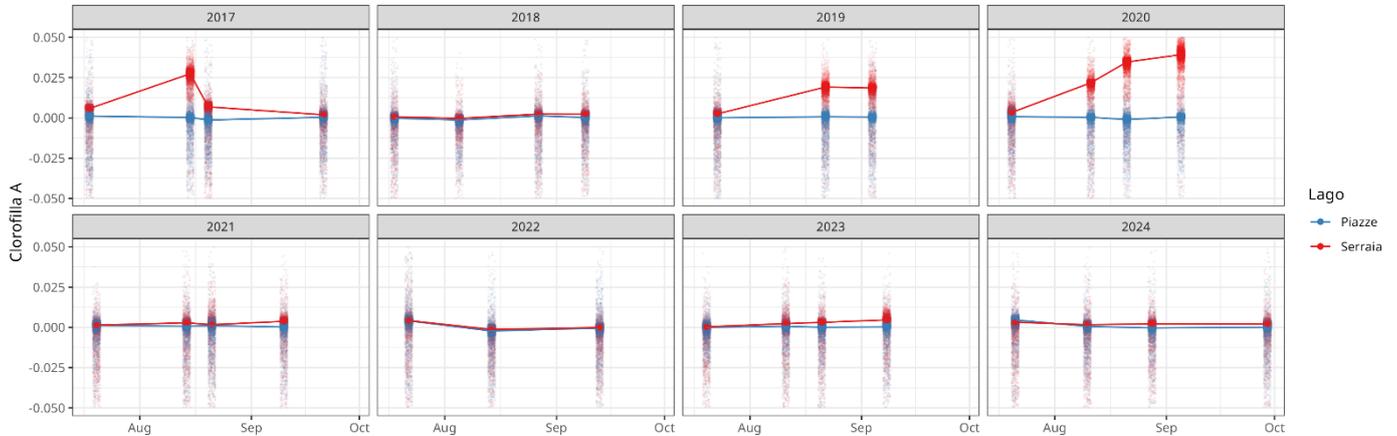
**Figura 37:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2022



**Figura 38:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2023



**Figura 39:** confronto degli indici medi di clorofilla a, geolocalizzati per i due laghi, nel periodo luglio-settembre 2024



**Figura 40:** Il diagramma mostra la sequenza temporale della distribuzione (non spazializzata) dei valori della **clorofilla a** nei due laghi di Serraià e Piazza per le quattro finestre estive selezionate (tre per gli anni 2019 e 2022).

**Osservazione del confronto tra il contenuto di clorofilla a nei due laghi ed alle diverse date.**

Risultano evidenti e macroscopicamente anomali ed elevati i valori di clorofilla di Serraià relativi alle estati del **2020**, **2019** e **2017**. Tre annate caratterizzate da fioriture intense e precoci (già intensa a luglio) ed hanno proseguito fino a settembre, con valori a fine estate particolarmente elevati nel **2020** e **2019**. La differenza tra i due laghi in queste annate risulta elevatissima. L'annata **2017** si discosta dalle altre due citate per un diverso andamento temporale.

Le immagini sono eloquenti, ci danno la situazione al suolo in un arco temporale preciso. Si evidenzia come i due anni in assoluto peggiori sono stati caratterizzati da pompaggi idroelettrici abnormi: nel **2019**, 2.395.810 mc. e nel **2020**, 2.281.140 mc. La fioritura algale estiva in questi due anni è esplosa rendendo il lago di Serraià non fruibile per attività ricreative per l'intera stagione estiva (vedasi anche le immagini in true color nella prima parte del dossier, in particolare le **Figure N° 11-12-19-20-26-27**).

Abbiamo provato a recuperare alcuni dati climatici per queste tre estati con fioriture eccezionali, comparando la piovosità estiva e le temperature medie mensili con la media trentennale. È prematuro tranne conclusioni, ci limitiamo ad osservare una estate decisamente più piovosa della media per il **2020** e al contrario, siccitosa per il **2019** (**Figura 41**) mentre le temperature estive sono state decisamente sopra la media per i mesi di giugno, luglio e agosto per le due annate **2017** e **2018** (**Figura 42**) ma non altrettanto evidente nel **2020**.

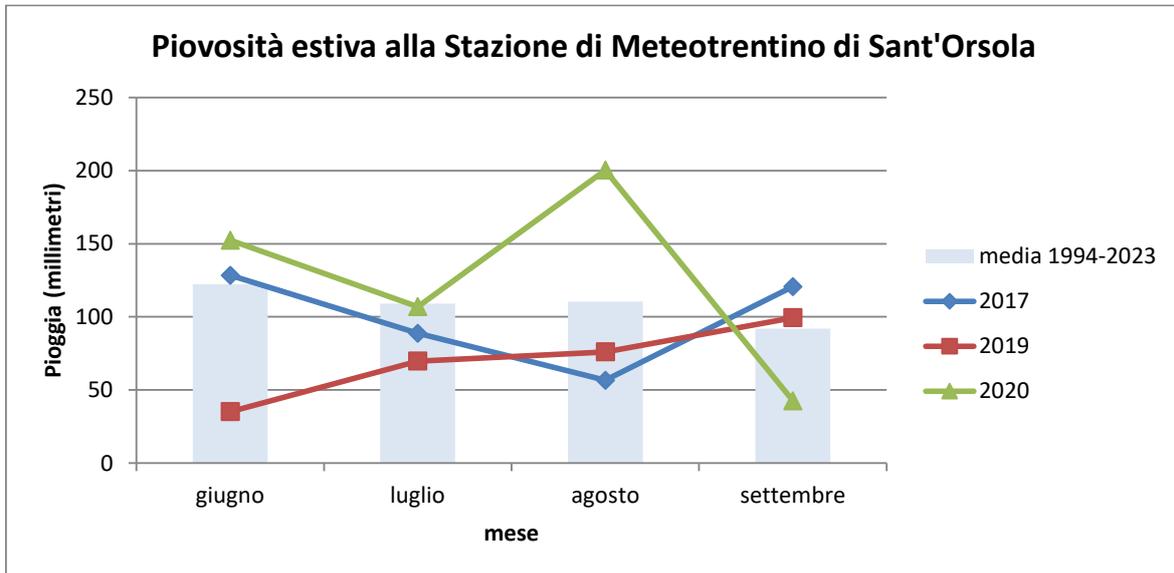


Figura 41: pioggia mensile cumulata per le tre annate con fioriture algali eccezionalmente intense (2017-19-20) nel raffronto con il trentennio

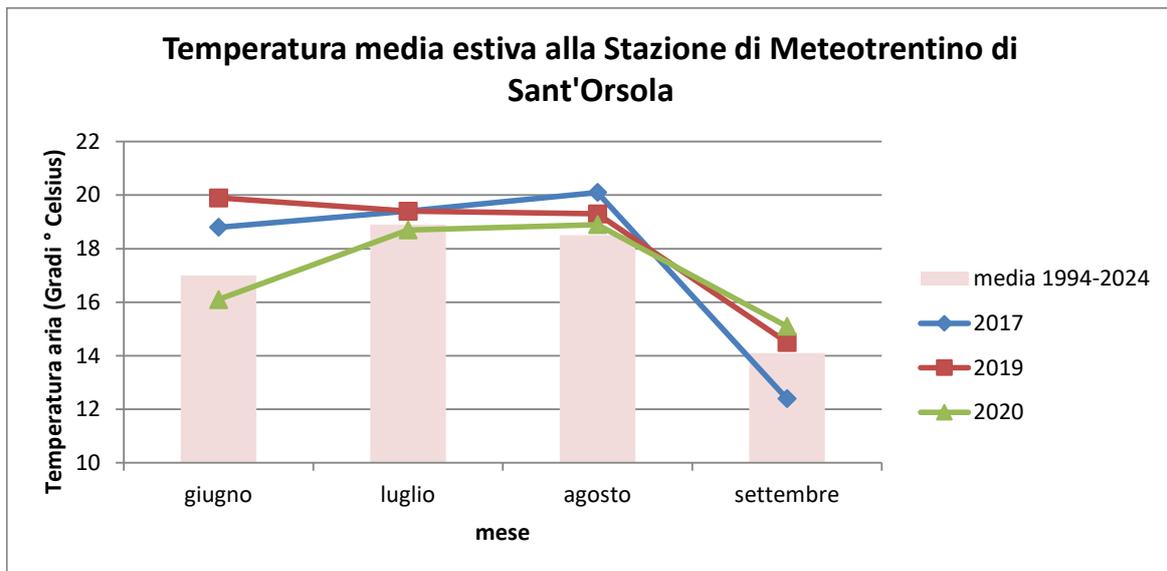


Figura 42: temperature mensili media per le tre annate con fioriture algali eccezionalmente intense (2017-19-20) nel raffronto con il trentennio

Anche le estati del **2018**, **2021**, **2024** e soprattutto **2023** (quella della grande e prolungata fioritura di cianobatteri *Microcystis*) hanno presentato valori di **clorofilla a** significativamente superiori nel lago di Serrai, particolarmente evidenti nella seconda metà di agosto ed a settembre. Anche per l'anno 2024 appena trascorso, in assenza di pompaggi estivi, le immagini ci restituiscono un lago visivamente migliorato, specie nella prima metà della stagione (vedasi le **Figure N° 8, 16, 23 e 31**).

Solo nella estate **2022** la distribuzione dei valori di **clorofilla a** si è mantenuta del tutto sovrapponibile per tutta l'estate nei due laghi di Piazza e Serrai. Una annata estremamente siccitosa e con i pompaggi estivi fermi.