

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 05/07/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 05/07/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 05/07/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 30/06/2022, 05/07/2022, 10/07/2022).
- **μ**: il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 05/07).
- **σ**: il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 05/07).

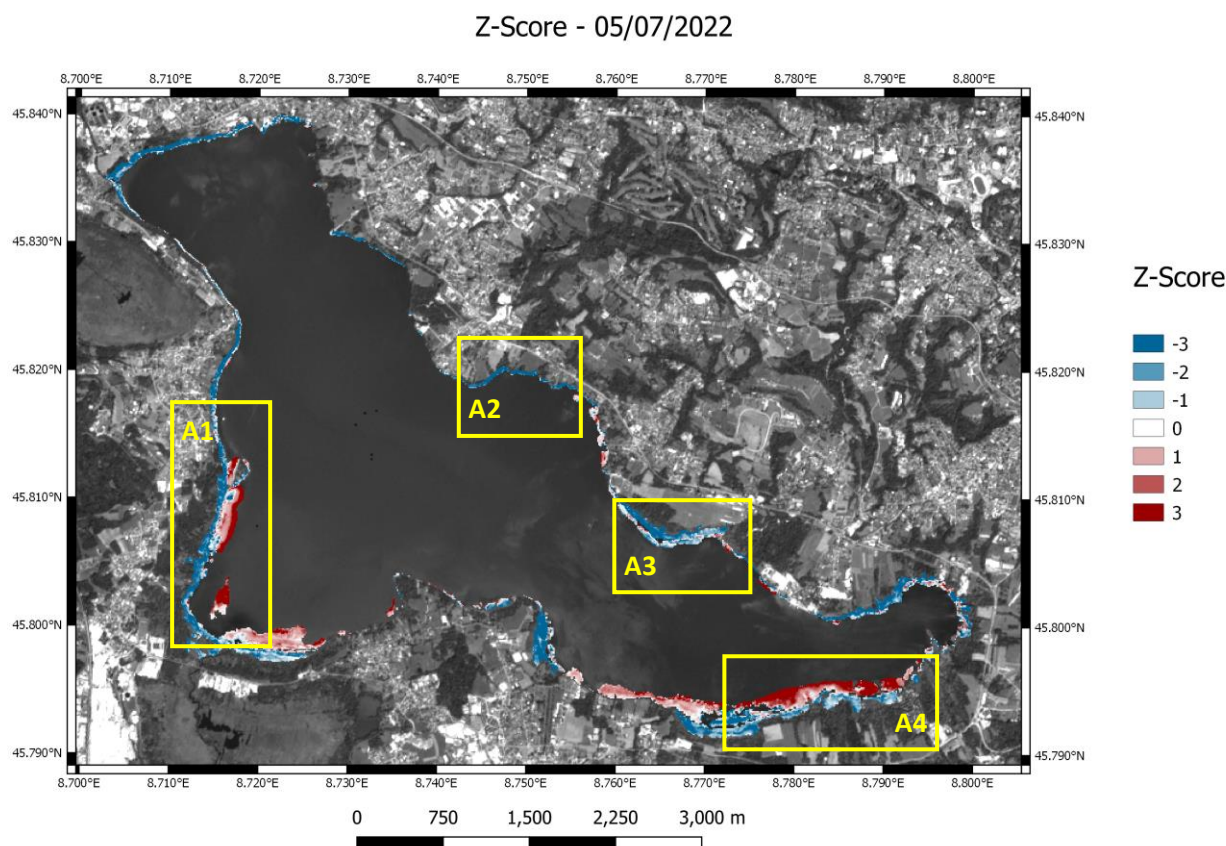


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 05/07/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Le aree in cui si osservano le anomalie più evidenti – che potrebbero indicare la necessità di un controllo *in situ* anche ai fini di eventuali interventi – sono le seguenti:

- Nell'area **A1**, le popolazioni di fior di loto (*Nelumbo nucifera*) nei dintorni di Isolino Virginia continuano a mostrare un rilevante anticipo rispetto al quinquennio precedente, in particolare nelle zone più lontane dalla riva, dove il valore di Z-Score è maggiore di 3 e risulta essere più alto rispetto al precedente bollettino. Il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) non presenta invece significative variazioni.
- Nelle aree **A2** e **A3** non sono state riscontrate significative variazioni rispetto al precedente bollettino.
- Nell'area **A4**, tra il Lido di Bodio e il Porticciolo di Azzate, il lamineto dominato da castagna d'acqua (*T. natans*) – con alcune intrusioni di *Nuphar lutea* – che solitamente occupa questa parte di lago assume valori di densità di biomassa maggiori del quinquennio precedente, e mostra chiari segnali di un'espansione in corso verso la parte più lontana dalla riva (Z-Score intorno a 3 e maggiore rispetto al precedente bollettino).

Altre condizioni di interesse sono le seguenti:

- Per quanto riguarda la situazione della vegetazione riparia (canneto dominato da *Phragmites australis*), permane praticamente su tutta la fascia litoranea dove queste comunità sono presenti la significativa anomalia negativa nello sviluppo della biomassa in questa fase della stagione (Z-Score < -2).

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 10/07/2022

Mariano Bresciani, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 del periodo 1-10 luglio 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

Persistono i problemi dovuti agli angoli di acquisizione del sensore rispetto agli angoli solari che hanno determinato per molti pixel delle immagini dei problemi di sun-glint rendendo i pixel soggetti al disturbo non utilizzabili per la produzione di mappe di qualità delle acque (es. 08/07/2022 non processata).

Per i pixel non soggetti a disturbo, l'analisi ha permesso di valutare come le concentrazioni di Clorofilla-a risultino contenute con valori sempre inferiori ai 20 mg m^{-3} con valori medi di $5,5 \text{ mg m}^{-3}$ il 03/07, $4,7 \text{ mg m}^{-3}$ il 05/07 e $5,9 \text{ mg m}^{-3}$ il 10/07 (figura 2).

Non sono stati rilevati pixel con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

In figura 3 sono riportate le mappe di anomalia che evidenziano valori non superiori a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente per la data del 5 luglio (media anomalia di Chl-a pari a $-1,29 \text{ mg m}^{-3}$). Valori leggermente superiori sono stati registrati il 10 luglio, ma con valori medi sui pixel di Chl-a di $+1,82 \text{ mg m}^{-3}$ rispetto alla mappa dei valori medi stagionali di Chl-a misurati nel 2021.

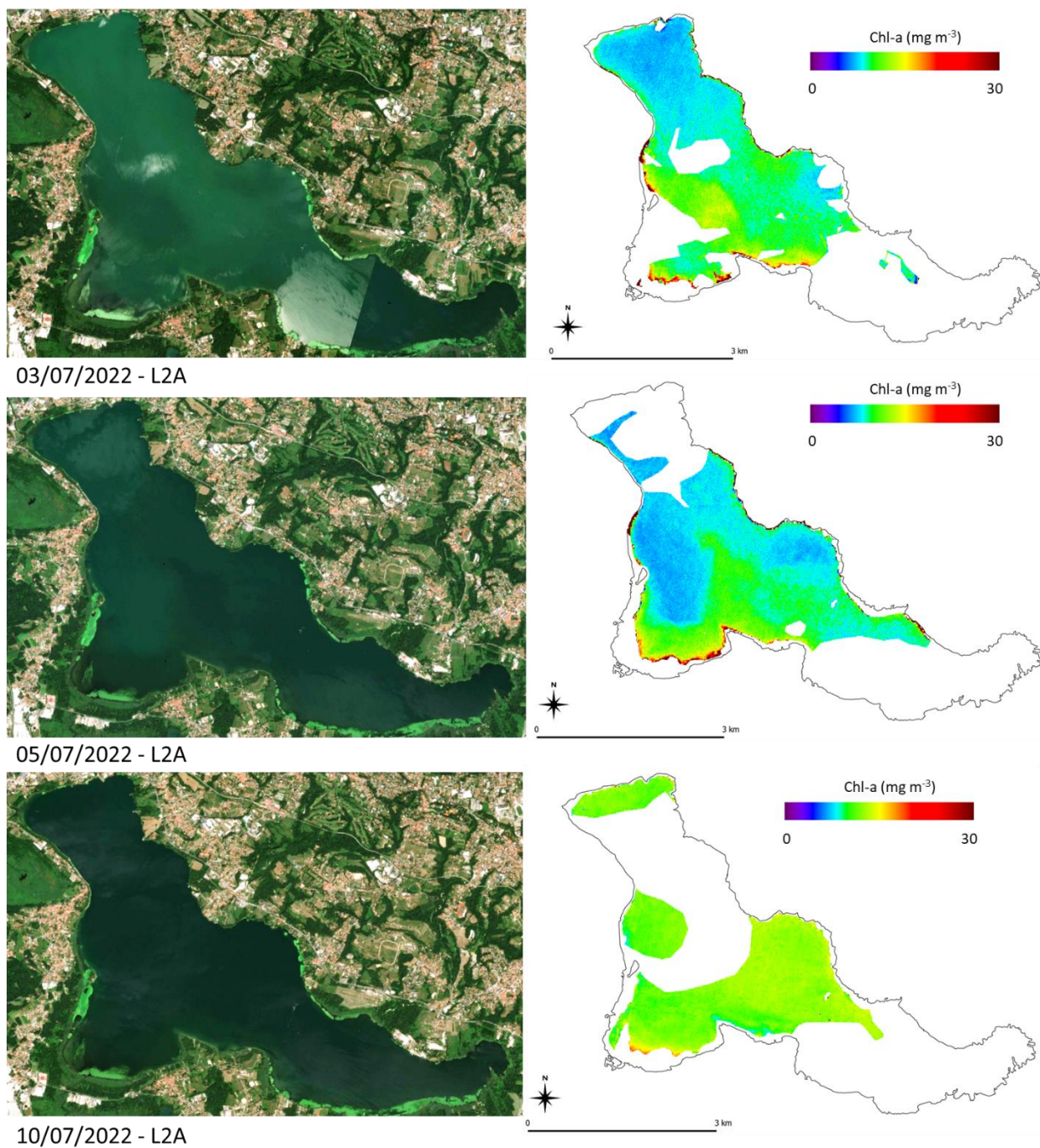
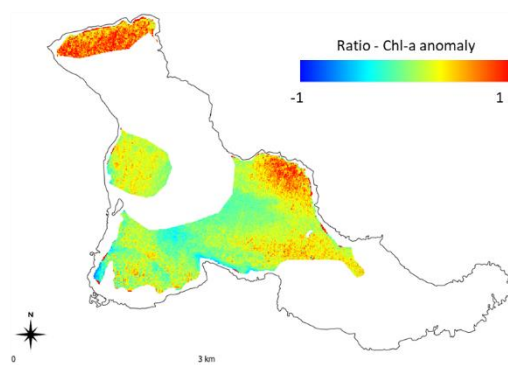
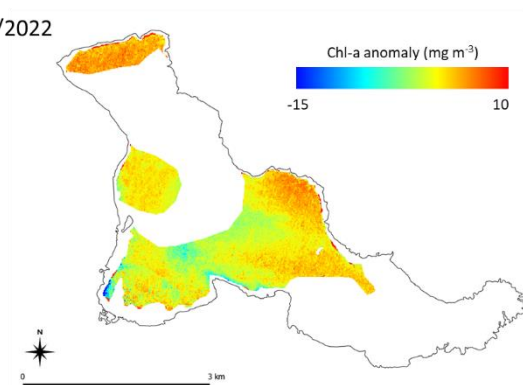


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 del 3, 5 e 10 luglio 2022 in RGB, a destra le mappe di concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dalle rispettive immagini per i pixel non disturbati da glint.

10/07/2022



05/07/2022

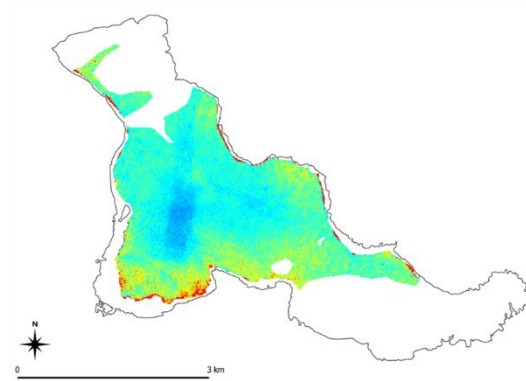
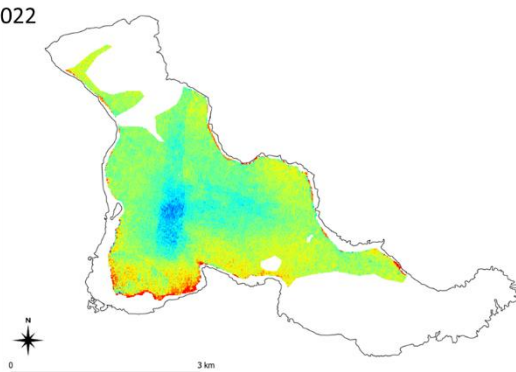


Figura 3. Mappe di anomalia di Clorofilla-a in valori assoluti (a sinistra) e in rapporto (a destra), ottenute confrontando le mappe del 10/07 e del 05/07/2022 con la mappa dei valori medi stagionali di chl-a misurati nel 2021.

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 15/07/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 05/07/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 15/07/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 10/07/2022, 15/07/2022, 20/07/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 15/07).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 15/07).

Z-Score - 15/07/2022

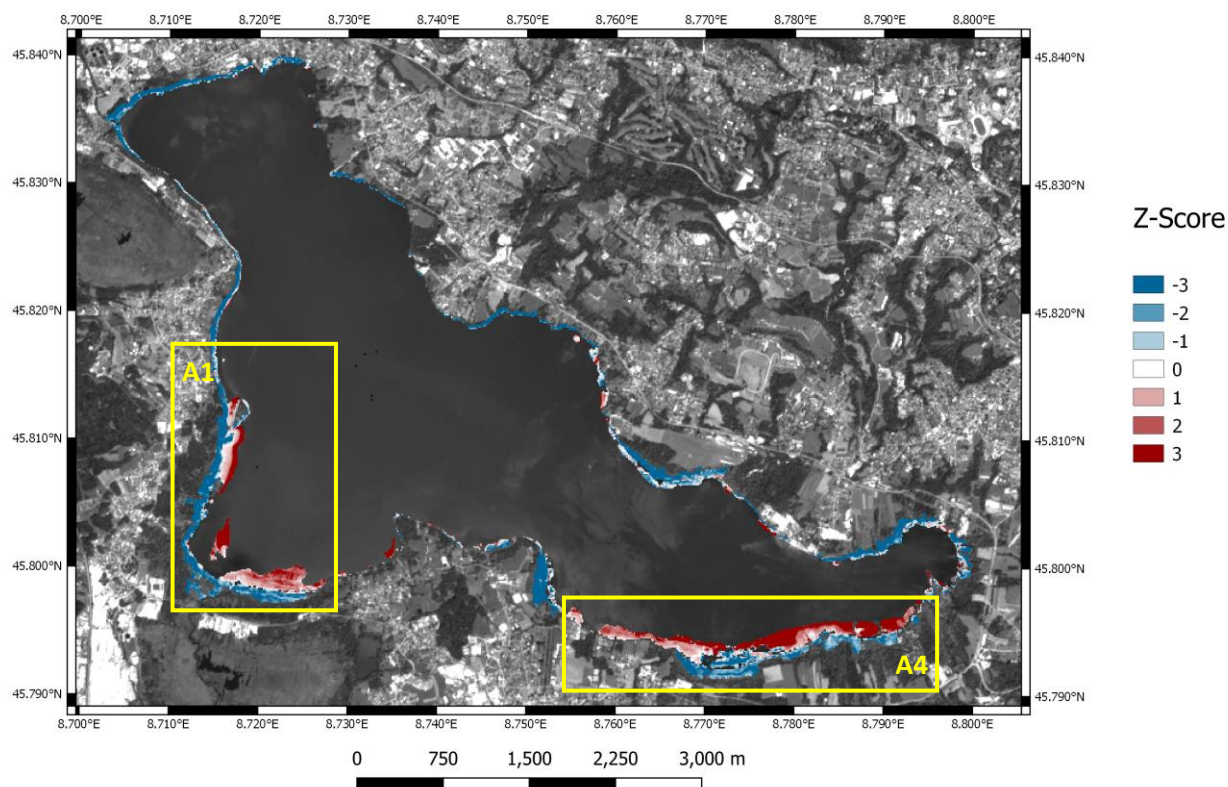


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 15/07/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Le aree in cui si osservano le anomalie più evidenti rispetto ai precedenti bollettini sono le seguenti:

- Nell'area **A1**, le popolazioni di fior di loto (*Nelumbo nucifera*) a sud di Isolino Virginia, presentano un valore di Z-Score in diminuzione rispetto al precedente bollettino nelle zone più vicino a riva, segno che il picco di densità fogliare per questa stagione dovrebbe essere stato raggiunto, ma continuano a mostrare segni chiari di espansione verso il largo (Z-score > 3). Il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) nell'ansa a sud-ovest del lago si mostra sempre in significativo anticipo sul quinquennio precedente, con un lieve ma diffuso incremento di Z-score rispetto alla mappa del 05/07/2022.
- Nell'area **A4**, tra il Lido di Bodio e il Porticciolo di Azzate, il lamineto dominato da castagna d'acqua (*T. natans*) – con alcune intrusioni di *Nuphar lutea* – assume per la stagione in corso valori di densità di biomassa e di estensione areale eccezionali rispetto al quinquennio precedente (Z-Score diffusamente > 3).
- Nelle altre aree del lago non si riscontrano significative variazioni rispetto al precedente bollettino.

Altre condizioni di interesse sono le seguenti:

- Per quanto riguarda la situazione della vegetazione riparia (canneto dominato da *Phragmites australis*), probabilmente a causa del basso livello delle acque e della perdurante carenza di precipitazioni, si intensifica lungo tutta la fascia litoranea la significativa anomalia negativa nello sviluppo della biomassa in questa fase della stagione (Z-Score < -3).

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 20/07/2022

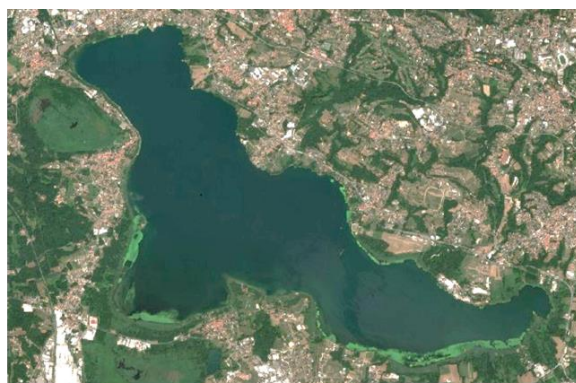
Mariano Bresciani, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 del periodo 13-20 luglio 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

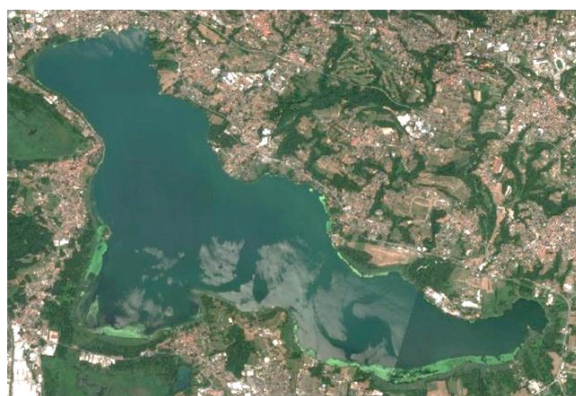
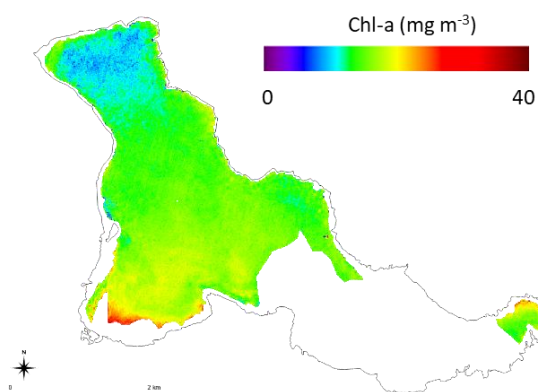
Sono nuovamente presenti i problemi dovuti agli angoli di acquisizione del sensore rispetto agli angoli solari che hanno determinato per molti pixel delle immagini dei problemi di sun-glint (zone mascherate nelle mappe) rendendo i pixel soggetti al disturbo non utilizzabili per la produzione di mappe di qualità delle acque (es. 15 e 18/07/2022).

L'analisi ha permesso di valutare come le concentrazioni di Clorofilla-a risultino contenute con valori mediani sempre inferiori ai 20 mg m^{-3} , con le porzioni di lago più a nord e nord-est caratterizzati da minori valori di Chl-a. In particolare, i valori medi del lago per la data del 15/07, 18/07 e 20/07 sono risultati rispettivamente pari a 9.1, 8.5 e 13.1 mg m^{-3} (figura 2). Non sono stati rilevati pixel con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

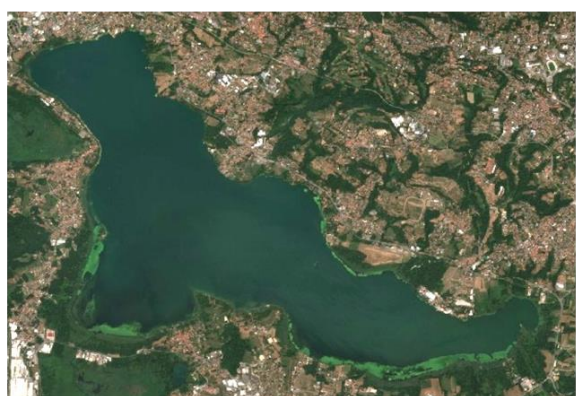
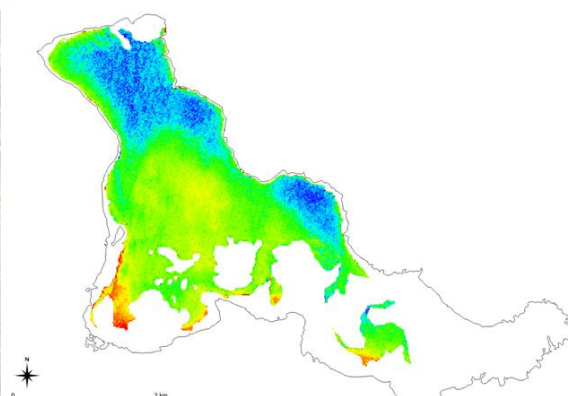
In figura 3 è mostrata la mappa di anomalia del 20/07 che evidenzia una tendenza all'aumento dei valori di Chl-a (valore medio dell'intero lago pari $+5,5 \text{ mg m}^{-3}$) rispetto a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente (media estiva).



15/07/2022 - L2A



18/07/2022 - L2A



20/07/2022 - L2A

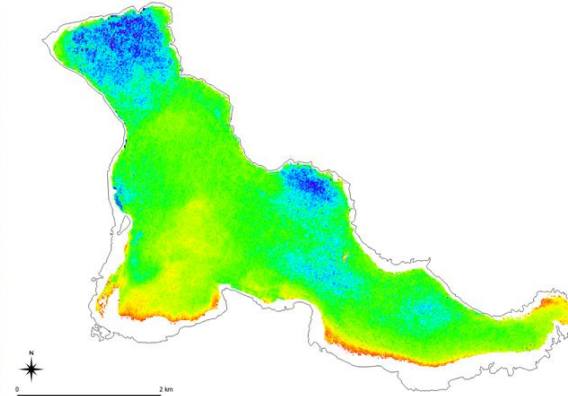


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 del 15, 18 e 20 luglio 2022 in RGB, a destra le mappe di concentrazione di Chl-a ottenuta dalle rispettive immagini per i pixel non disturbati da glint.

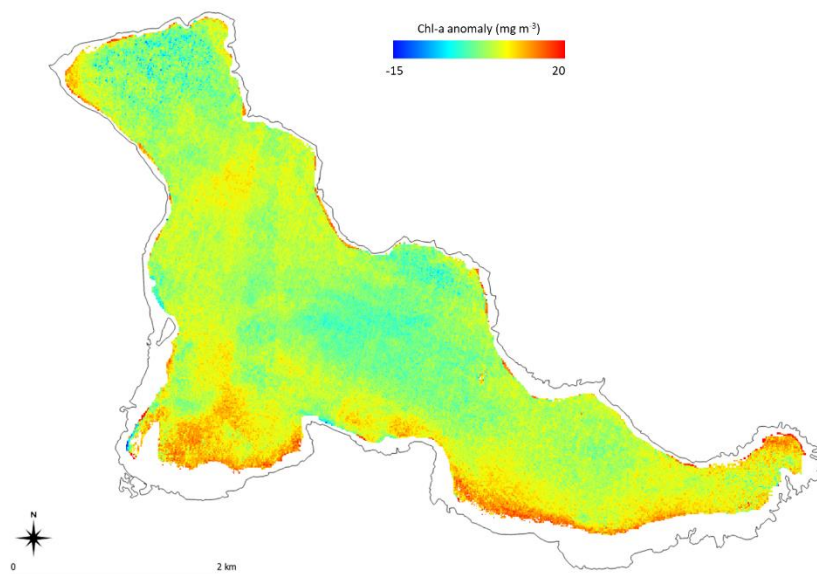


Figura 3. Mappa di anomalia di Chl-a in valori assoluti ottenuta confrontando la mappa del 20/07 con la mappa dei valori medi stagionali di Chl-a misurati nel 2021.

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 25/07/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 25/07/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 25/07/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 20/07/2022, 25/07/2022, 30/07/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 25/07).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 25/07).

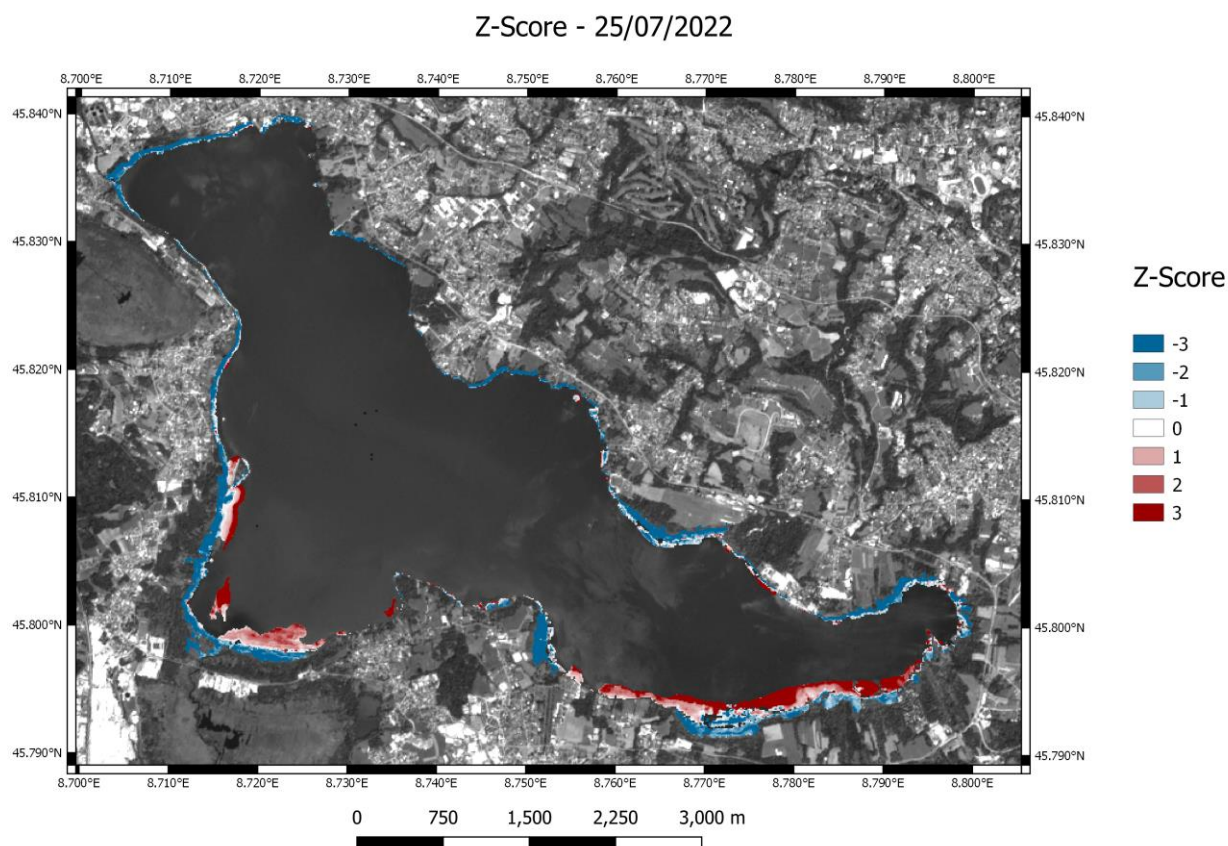


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 25/07/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Dal momento che la situazione a scala di lago sembra essere ormai stabilizzata, con il picco di sviluppo vegetativo della biomassa aerea ormai raggiunto, possiamo sintetizzare i pattern di anomalia più evidenti per la stagione 2022 in due categorie:

- le comunità di lamineto, composte da idrofite flottanti ed emergenti - in particolare quelle dominate da fior di loto (*Nelumbo nucifera*) e castagna d'acqua (*Trapa natans*) - sono caratterizzate da valori di densità di biomassa ed estensione areale significativamente più grandi (Z-score positivo, con picchi superiori a 3) del quinquennio precedente, che sono state favorite dalle alte temperature e alle condizioni meteo eccezionali della primavera-estate di quest'anno;
- le comunità di elofite ripariali, composte da canneti dominati da *Phragmites australis*, mostrano segni di sostanziale decrescita della densità di biomassa rispetto al quinquennio di riferimento (2017-2021), probabilmente dovuti a stress idrico derivante dal basso livello delle acque e carenza di precipitazioni del 2022.

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 24/08/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 24/08/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti ed elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 24/07/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 19/08/2022, 24/08/2022, 29/08/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 24/08).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 24/08).

Z-Score - 24/08/2022

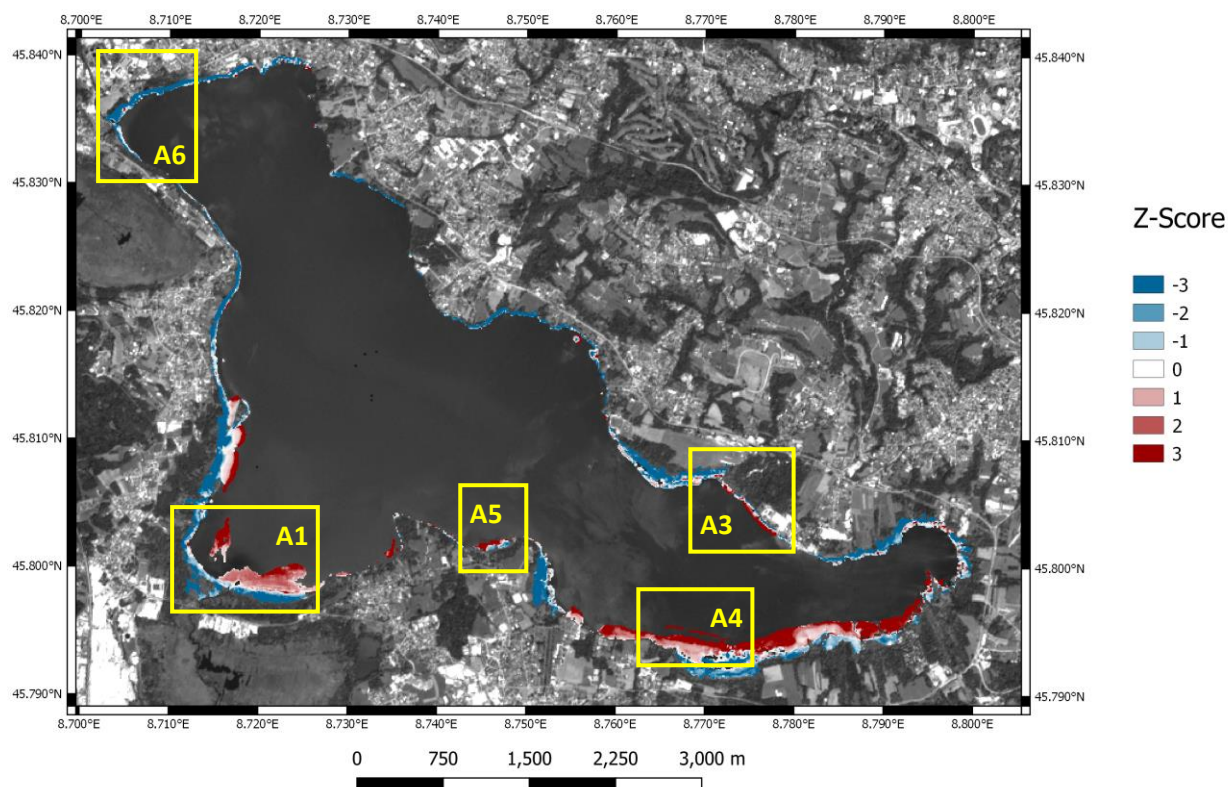


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 24/08/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Rispetto alla situazione delle comunità di piante acquatiche rappresentata nel precedente bollettino (relativo alle condizioni a fine Luglio), si riportano nel seguito note su alcune piccole ma significative evoluzioni avvenute durante il mese di Agosto:

- Nell'area **A1**, il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) mostra ancora segnali di progressione nell'estensione areale e maggiore densità di biomassa rispetto al quinquennio precedente, con un lieve aumento dello Z-Score per le aree più lontane da riva.
- Nell'area **A3** (Calcinato del Pesce) si segnala l'espansione verso Nord-Ovest dell'area occupata da *L. hexapetala* (Z-Score pari a 3).
- Nell'area **A4**, sulla sponda meridionale a Nord del comune di Galliate, sul fronte del lamineto dominato da castagna d'acqua (*T. natans*) la mappa mostra la comparsa di una formazione sub-affiorante parallela alla costa, risultato di un possibile distacco dalla massa macrofittica di *T. natans* o dell'emergenza di specie sommerse subaffioranti.
- Nell'area **A5**, sulla sponda meridionale (Cazzago Brabbia), si nota un sensibile, localizzato incremento di Z-Score (da circa 0 nel precedente bollettino a 3), probabilmente causato dall'abbassamento del livello del lago che ha permesso l'emersione di macrofite subaffioranti o la crescita di piante avventizie su substrato quasi asciutto.

Per quanto riguarda la situazione del canneto ripario, che rimane in estrema sofferenza generale in tutte le zone del Lago, sembrano essere visibili in alcune aree localizzate a Nord-Ovest (Gavirate) e Sud-Ovest (Cazzago Brabbia) segni di lieve recupero della densità di biomassa soprattutto per i primi metri di fascia litoranea (vedi aree **A1** e **A5**), che mostrano un lieve aumento di Z-Score (fino a raggiungere lo 0), rispetto al bollettino precedente.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 29/08/2022

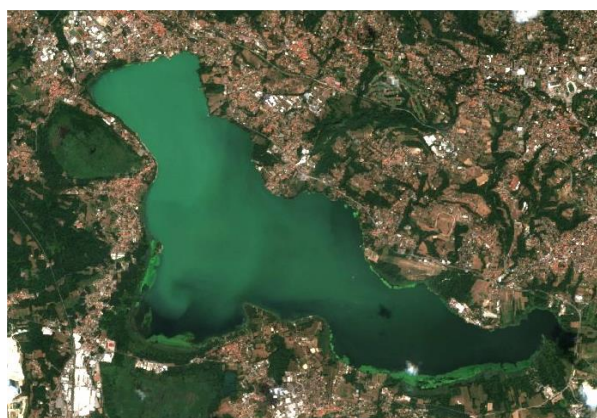
Mariano Bresciani, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 del periodo dal 25 luglio al 29 agosto 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

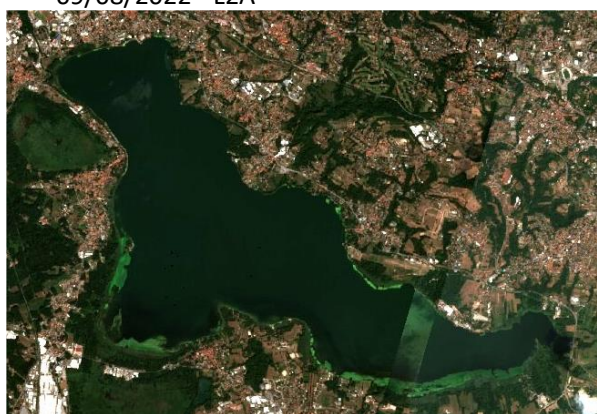
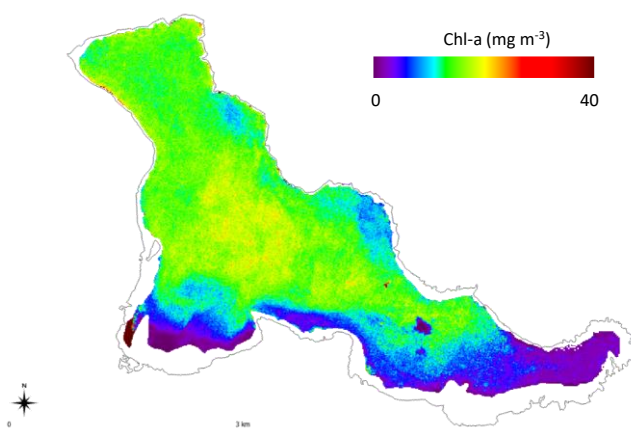
Anche nel periodo investigato di piena estate alcune immagini non sono state utilizzate per problemi legati alla copertura nuvolosa, alle ombre delle nuvole e al *sun-glint*, che riducono i pixel utili o non permettono la creazione di mappe di qualità dell'acqua (es. 28 e 30 luglio; 4 e 12 agosto). In figura 2 sono riportate le immagini del 9, 24 e 29 agosto, ultima acquisizione utile. L'immagine del 22 agosto e i relativi prodotti non sono riportati per similitudine di condizioni alla data del 24 agosto.

L'analisi ha permesso di valutare come i valori medi di Chl-a nel Lago siano pari a 12.5 mg m^{-3} sia il 9 che il 24 agosto e pari a 10.7 il 29 agosto. I valori medi presentano deviazioni standard maggiori il 9 agosto ($10.7 \pm 11.6 \text{ mg m}^{-3}$) rispetto alle altre due date, come si evidenzia dalla variabilità del colore delle mappe di concentrazione di Chl-a mostrate in figura 2. Nel periodo analizzato non sono state rilevate porzioni di lago con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

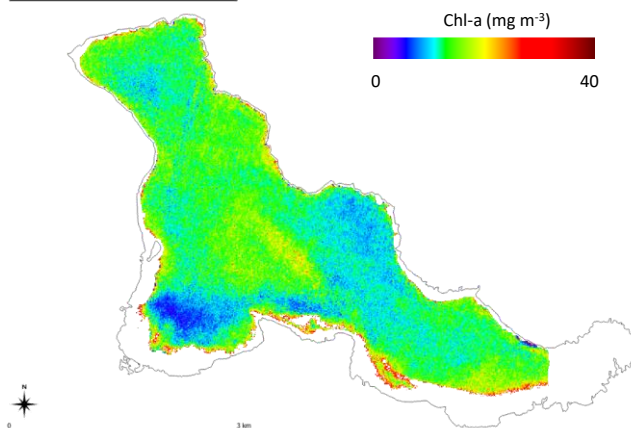
In figura 3 è riportata la mappa di anomalia (ratio) derivata dal confronto della mappa dei valori medi di Chl-a misurati ad agosto 2022 (9, 24 e 29) con i valori medi stagionali estivi del 2021. Si mostra una certa eterogeneità nelle acque del lago con valori di anomalia che mostrano porzioni di lago con concentrazioni inferiori (a sud), simili (al centro) o superiori (a nord) rispetto a quelli misurati nello stesso periodo del 2021. Comunque attualmente non si evidenziano situazioni di particolare criticità della qualità delle acque del Lago di Varese.



09/08/2022 - L2A



24/08/2022 - L2A



29/08/2022 - L2A

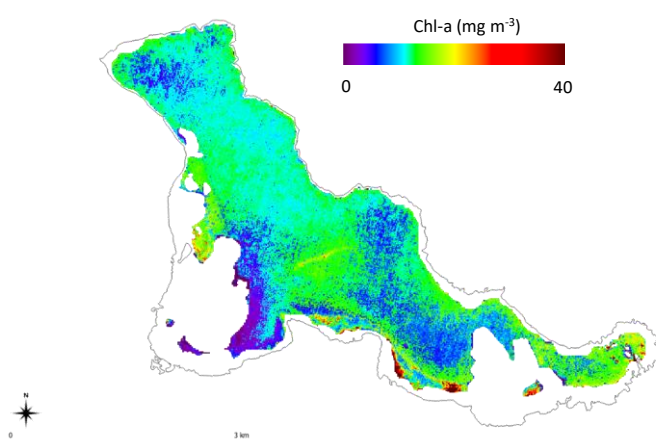


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 del 9, 24 e 29 agosto 2022 in RGB, a destra le mappe di concentrazione di Chl-a ottenute dalle rispettive immagini per i pixel non disturbati da *glint* o nuvole.

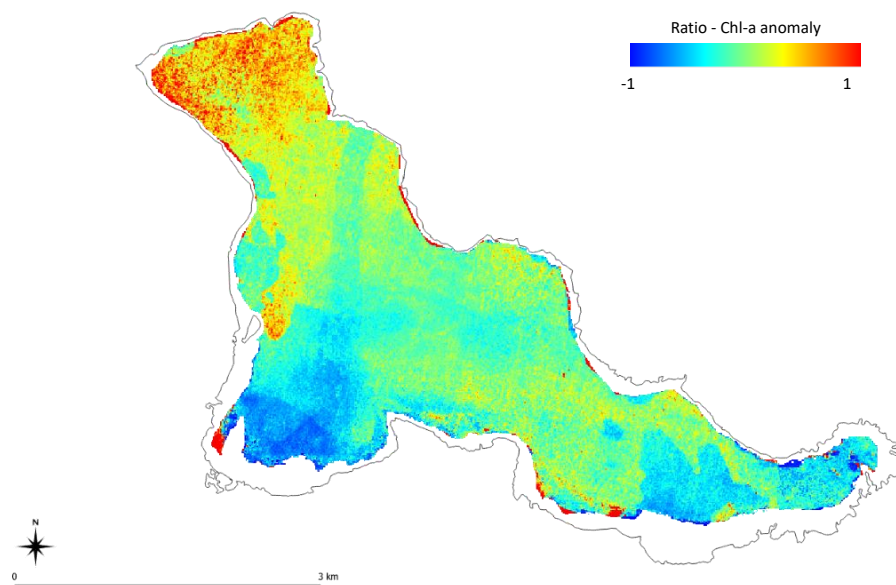


Figura 3. Mappa di anomalia di Chl-a in rapporto ottenuta confrontando la media delle mappe di agosto 2022 con la mappa dei valori medi estivi di Chl-a misurati nel 2021.