

## Sinergia Ottico-SAR per il monitoraggio delle fioriture algali nella Laguna dei Curi

Francesca De Santi, Giulia Luciani, Mariano Bresciani, Giacomo De Carolis, Claudia Giardino, Francesco P. Lovergine, Guido Pasquariello, Nicola Ghiradi

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA) Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Il riscaldamento globale e l'eutrofizzazione causano un aumento della presenza di cianobatteri nelle acque interne. Un'intensa fioritura di questi organismi fitoplanctonici emerge spesso in superficie come uno strato di schiuma (scum) contenente alte concentrazioni di tossine e metaboliti secondari. Il contatto con queste tossine pone un rischio diretto per la salute. Pertanto, il monitoraggio della concentrazione di cianobatteri e la presenza di scum nei laghi sono attualmente argomento di grande interesse (Pearl, Paul, 2012).

Il telerilevamento ottico è uno strumento validato per il rilevamento, il monitoraggio e lo sviluppo di una migliore comprensione dello stato dei laghi. Tuttavia, non può essere utilizzato in caso di copertura nuvolosa rendendo così difficile la caratterizzazione spaziale e temporale delle fioriture algali per un'analisi ecologica completa. Proponiamo quindi un approccio sinergico che coinvolge immagini ottiche e immagini SAR per monitorare la proliferazione di cianobatteri algali nella Laguna dei Curi (Lituania-Russia). Le immagini satellitari sono fornite dai satelliti Sentinel-1,-2 e -3.

Per quanto riguarda i dati ottici, data la bassissima trasparenza tipica delle acque della Laguna dei Curi e la tendenza delle alghe disperse nella colonna d'acqua ad accumularsi vicino alla superficie, le stime satellitari delle concentrazioni di clorofilla (Chl-a) sono rilevanti solo per la parte superiore della colonna d'acqua e quindi possono essere considerati un segnale della presenza di schiuma. La concentrazione di clorofilla si può determinare dal rapporto delle riflettanze nelle bande NIR e RED sfruttando l'elevata differenza di retrodiffusione e assorbimento tra acqua con e senza scum. In particolare, la concentrazione di Chl-a si determina per Sentinel-2 con:

$$\text{Chl-a} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = 78 \frac{\text{Ref}_{705}}{\text{Ref}_{665}} - 51.2 \quad [1]$$

e per Sentinel-3 con:

$$\text{Chl-a} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = 52.19 \frac{\text{Ref}_{705}}{\text{Ref}_{665}} - 32.07 \quad [2],$$

dove con  $\text{Ref}_x$  si intende la riflettanza della banda la cui lunghezza d'onda centrale è  $x$  (Bresciani et al, 2014; Hunter et al, 2017).

Per le immagini SAR proponiamo un approccio "semi-automatico" basato sui prodotti di secondo livello del Sentinel-1, in particolare i prodotti OCN-OWI (Ocean Wind Fields). Essi contengono sia i valori di vento forniti dal modello meteorologico dell'ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), sia quelli stimati a partire dall'immagine SAR mediante l'inversione di un modello geofisico che dipende dalla rugosità della superficie dell'acqua

(Kerbaol, 2007). Differenze significative fra i due campi di vento indicano la presenza di sostanze galleggianti sulla superficie dell'acqua (es. ghiaccio, olio, scum). Analizzando 80 immagini abbiamo empiricamente determinato che un "allarme di scum" può essere lanciato quando il vento SAR è inferiore al 10% del vento ECMWF. Per monitorare la fioritura delle alghe da SAR, definiamo il rapporto

$$WR = \frac{w_{S1}}{w_{ECMWF}} \quad [3],$$

dove  $w_{S1}$  è la velocità del vento stimata da Sentinel 1 e  $w_{ECMWF}$  indica la velocità del vento ECMWF a priori. La condizione  $WR < 0.1$ , nel periodo dell'anno che va da fine giugno a fine ottobre, indica con buona probabilità la presenza di scum.

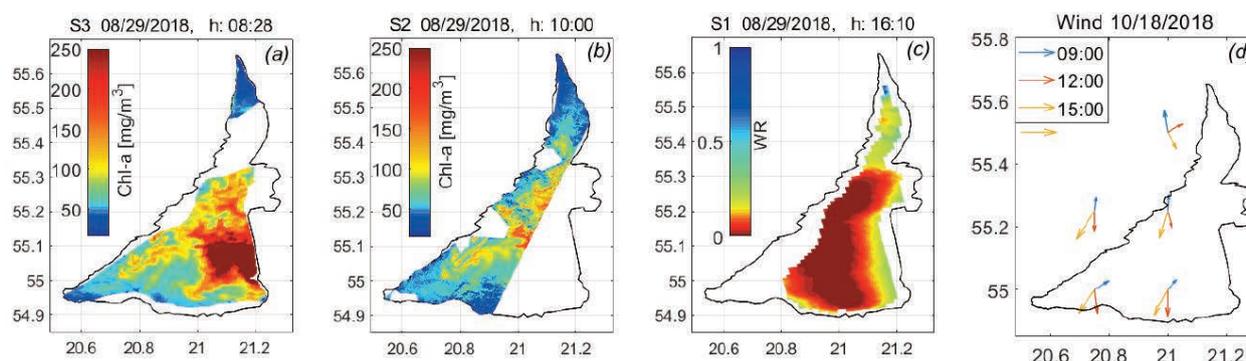


Figura 1 - Confronto qualitativo tra prodotti ottici e radar per acquisizioni nella stessa giornata. Concentrazione di mappe Chl-a derivate da S3 (a) e da S2 (b); mappa dell'indice WR (c). (d) evoluzione spazio-temporale del vettore del vento durante l'intervallo di acquisizione. Il vettore del vento proviene dal database di rianalisi per dati orari a singolo livello di pressione ERA5.

La Figura 1 mostra le mappe delle zone di fioritura per acquisizioni dei tre satelliti effettuate nella giornata del 29 agosto 2018. La mappa ottenuta tramite SAR è consistente con quanto osservato con i dati ottici e con lo stato del vento nell'intervallo di tempo fra l'acquisizione ottica e quella SAR. Tale approccio può quindi essere utilizzato per infittire le serie storiche di fioriture algali nella Laguna dei Curi e quindi migliorarne il monitoraggio.

## Bibliografia

Pearl H.W., Paul V.J. (2012), "Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria", *Water research*, 279: 1349–136

Bresciani M., et al. (2014), "C. Multitemporal analysis of algal blooms with MERIS images in a deep meromictic lake", *European Journal of Remote Sensing*, 46: 445–458

Hunter, P., et al., 2017. INFORM D5.15 INFORM Prototype/Algorithms Validation Report, available at:

[http://www.copernicusinform.eu/sites/default/files/documents/INFORM\\_D5.15\\_v1.0.pdf](http://www.copernicusinform.eu/sites/default/files/documents/INFORM_D5.15_v1.0.pdf)

Kerbaol, V. (2007) "Improved Bayesian wind vector retrieval scheme using ENVISAT ASAR data: principles and validation results"