

Impianto fotovoltaico galleggiante ubicato presso ex cava Manzona (RA) – Valutazione della compatibilità ecologica dell'intervento sull'ecosistema lacustre – Relazione preliminare

1. PREMESSA

I processi che influenzano la qualità dell'acqua di un lago sono strettamente dipendenti dalla profondità e dal bilancio termico della massa idrica. Durante la stagione invernale le acque di un bacino della regione temperata di profondità massima di circa 10 m, come nel caso del lago dell'ex Cava Manzona, presentano di norma temperature omogenee lungo tutta la colonna d'acqua, arrivando a minimi di 4 °C. Nel caso in esame, considerando l'ubicazione del lago in un'area prossima al mare, in condizioni di isotermità invernale potranno essere rilevate anche temperature maggiori.

In primavera il maggiore riscaldamento da parte dei raggi solari determina un innalzamento della temperatura delle acque superficiali. Inizialmente l'azione meccanica del vento (che può essere anche particolarmente intensa nella zona oggetto di studio, ove possono agire venti di Bora di significativa intensità) può operare una certa distribuzione del calore tra settori superficiali (epilimnio) e profondi (ipolimnio), ma con l'avanzare della stagione calda questo non può più impedire la stratificazione dell'acqua del lago. Essa ha innanzitutto una causa di natura termica: le acque superficiali, più calde e quindi a densità minore, tendono a galleggiare sulle acque sottostanti, più fredde e quindi a densità maggiore. In tal modo tra superficie e fondo si instaura un gradiente di densità che impedisce ogni possibile rimescolamento. Tale gradiente potrà essere rafforzato dall'eventuale ingressione di acqua salata.

Nella stagione calda nell'epilimnio si ha fotosintesi algale e quindi produzione di ossigeno e la biomassa algale, incrementando la torbidità, impedisce alla radiazione luminosa di propagarsi lungo la colonna d'acqua fino a raggiungere l'ipolimnio. Al termine della stagione estiva lungo la verticale del lago si potrà quindi riconoscere uno strato di acque superficiali più o meno uniformemente calde e ossigenate (epilimnio), uno strato di acque profonde più fredde (ipolimnio) ed uno strato intermedio di pochi metri di spessore caratterizzato da una marcata diminuzione della temperatura (termocline).

Nelle acque dell'ipolimnio non può avvenire la fotosintesi e gli unici processi attivi sono quelli che consumano ossigeno, quali respirazione e decomposizione di sostanza organica. Il perdurare nel tempo della stratificazione termica del lago può quindi generare condizioni di ipossia sul fondo o, addirittura, di anossia. La carenza di ossigeno nelle acque di fondo porta ad un potenziale stato di degrado del sistema lacustre (eccessivo accumulo di sostanza organica parzialmente o totalmente indecomposta sul fondo lago, mancato ricircolo dei nutrienti, impoverimento o scomparsa della componente biologica bentonica), con l'insorgenza di condizioni generali di sofferenza per la vita acquatica (fitoplancton, zooplancton, ittiofauna), particolarmente critiche se la situazione descritta risulta essere prolungata nel tempo.

In autunno le acque superficiali vanno incontro a un progressivo raffreddamento; in particolare, diventando più fredde e dense in superficie che sul fondo tendendo quindi a rimescolarsi con le acque di fondo, anche grazie al lavoro meccanico del vento: il risultato è il ripristino di condizioni di isotermità.

L'inserimento di una copertura di pannelli fotovoltaici galleggianti sulla superficie del bacino lacustre può determinare alcuni effetti sui cicli sinteticamente sopra descritti.

- 1) La penetrazione della radiazione solare viene limitata in dipendenza dell'estensione della copertura e delle modalità di posizionamento dei pannelli e delle loro caratteristiche costruttive. Questo può limitare la fotosintesi anche nelle acque superficiali, per cui ci possiamo attendere una riduzione dei livelli di ossigeno disciolto nell'acqua.
- 2) I pannelli fotovoltaici galleggianti possono generare calore che può essere ceduto all'acqua superficiale. In parallelo la copertura può rendere meno efficace il raffreddamento delle acque superficiali e l'azione meccanica di rimescolamento da parte del vento. La stratificazione della colonna d'acqua potrebbe diventare così più stabile e persistente aumentando il rischio di ipossia/anossia delle acque di fondo.

2. ANALISI CHIMICO-FISICHE ANTE OPERAM

2.1 Descrizione delle attività svolte: analisi ante operam periodo invernale

Per valutare adeguatamente l'entità degli effetti attesi si rende innanzitutto necessario costruire un "modello" *ante operam* delle dinamiche e delle caratteristiche del bacino lacustre esaminato, tenuto conto anche della futura copertura fotovoltaica in progetto; sono pertanto stati determinati i seguenti aspetti:

- 1) **Conformazione geometrica del lago di cava** (superficie bagnata del lago, profondità della lama d'acqua del lago, conformazione delle sponde, ecc.), definita mediante rilievo batimetrico fornito dai progettisti.
- 2) **Evoluzione stagionale della qualità chimica e biologica delle acque del lago di cava**, determinata con riferimento al profilo verticale ricostruito in almeno 2 punti diversi del bacino stesso; un primo campionamento è stato effettuato il 23 marzo 2021 in corrispondenza dei punti di maggiore profondità della colonna d'acqua nei settori del lago che saranno coperti dai pannelli con un certo ritardo. L'attività è stata posticipata di alcune settimane rispetto al periodo pianificato a causa della pandemia.
 - a) In occasione del campionamento, per ciascuno dei due punti di controllo individuati, è stata misurata la profondità e sono stati determinati mediante sonda multiparametrica i seguenti parametri chimico-fisici (rilevamenti effettuati sul profilo verticale del lago dalla superficie al fondo, per ogni metro di profondità):
 - i. Ossigeno disciolto;
 - ii. Conducibilità;
 - iii. pH;
 - iv. Temperatura;
 - v. Trasparenza (rilevata mediante scomparsa del Disco di Secchi).
 - b) Per ciascuno dei due punti di controllo individuati sono stati prelevati ulteriori campioni di acqua su tutto il profilo verticale del lago, alle profondità di 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m e 5/6 m (quota prossima al fondo lago in base alle misurazioni effettuate in situ); sui campioni prelevati sono stati determinati, mediante analisi di laboratorio, i seguenti parametri chimici e biologici utili a definire il rischio di eutrofizzazione del bacino idrico:
 - i. Nitrati;
 - ii. Nitriti;
 - iii. Ammoniaca;
 - iv. Fosforo reattivo;
 - v. Silice reattiva;
 - vi. Clorofilla-a fitoplanctonica nello strato fotico (a differenza dei casi precedenti per questo parametro sono stati raccolti campioni nella porzione superficiale del lago).

2.2 Esiti delle prime analisi svolte nel periodo invernale e commento preliminare dei risultati

Metodologie

In occasione del campionamento, la Cava Manzona presenta una profondità massima misurata dello specchio d'acqua di 6.0 m. Per il campionamento sono stati selezionati 2 punti in cui la profondità dello specchio d'acqua è risultata superiore a 5 m (Figura 1).

I parametri chimico-fisici di temperatura (°C), pH, salinità (‰), conducibilità elettrica (EC, 20 °C) e ossigeno disciolto (OD%) sono stati misurati tramite una sonda multi-parametrica (Aquaprobe AP-2000).

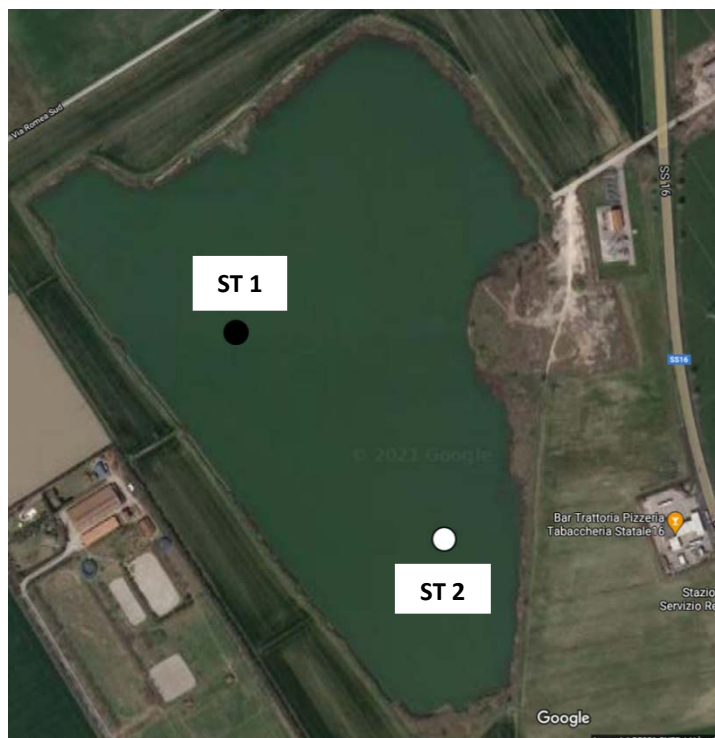


Figura 1 – Immagine della Cava Manzona (Google Maps, 2021) con le due stazioni di campionamento scelte: stazione 1 (ST 1, 12.278012 E; 44.311929 N) e stazione 2 (ST 2, 12.281257 E; 44.609911 N). Il sistema di riferimento delle coordinate è il sistema WGS 84.

I campioni d'acqua sono stati prelevati per mezzo di un campionatore di tipo Ruttner e poi trasferiti in bottiglie di PET per l'analisi in laboratorio. Nella stazione 1, profonda 5.6 m, sono stati misurati i parametri chimico-fisici appena al di sotto della superficie dell'acqua e alle profondità di 1, 2, 3, 4 e 5 m e sono stati prelevati campioni d'acqua appena al di sotto della superficie dell'acqua e alle profondità di 1, 2, 3 e 5 m. Nella stazione 2, profonda 6 m, sono stati misurati i parametri chimico-fisici appena al di sotto della superficie dell'acqua e alle profondità di 1, 2, 3, 4, 5 e 6 m e sono stati prelevati campioni d'acqua appena al di sotto della superficie dell'acqua e alle profondità di 1, 2, 3 e 6 m (Figura 1).

Risultati

L'acqua della cava si presentava già alla vista molto torbida e la profondità di scomparsa del disco di Secchi è risultata simile nelle due stazioni (St 1 = 85 cm; St 2 = 80 cm). La causa della elevata torbidità è imputabile a due fattori principali: 1) alla componente organica particellata in colonna d'acqua e 2) all'ingresso di componenti inorganiche portate dal vento, come materiale fine dai terreni limitrofi, fenomeno caratteristico della zona (torbidità siltosa).

I parametri chimico-fisici, rilevati tramite la sonda multi-parametrica, non hanno evidenziato una stratificazione apprezzabile della colonna d'acqua (Figura 2).

La temperatura è risultata compresa tra 10.6 e 12.6 °C, mostrando un lieve aumento nello strato superficiale dovuto all'innalzamento stagionale della temperatura atmosferica. Anche i valori di pH sono stabili nei due profili effettuati, oscillando tra un valore minimo di 8.97 ad un massimo di 9.20. Si tratta di valori elevati per la tipologia di ambiente studiato, imputabili all'attività fotosintetica del fitoplancton che assimilando CO₂ modifica gli equilibri del carbonio inorganico disciolto (responsabile delle variazioni di pH).

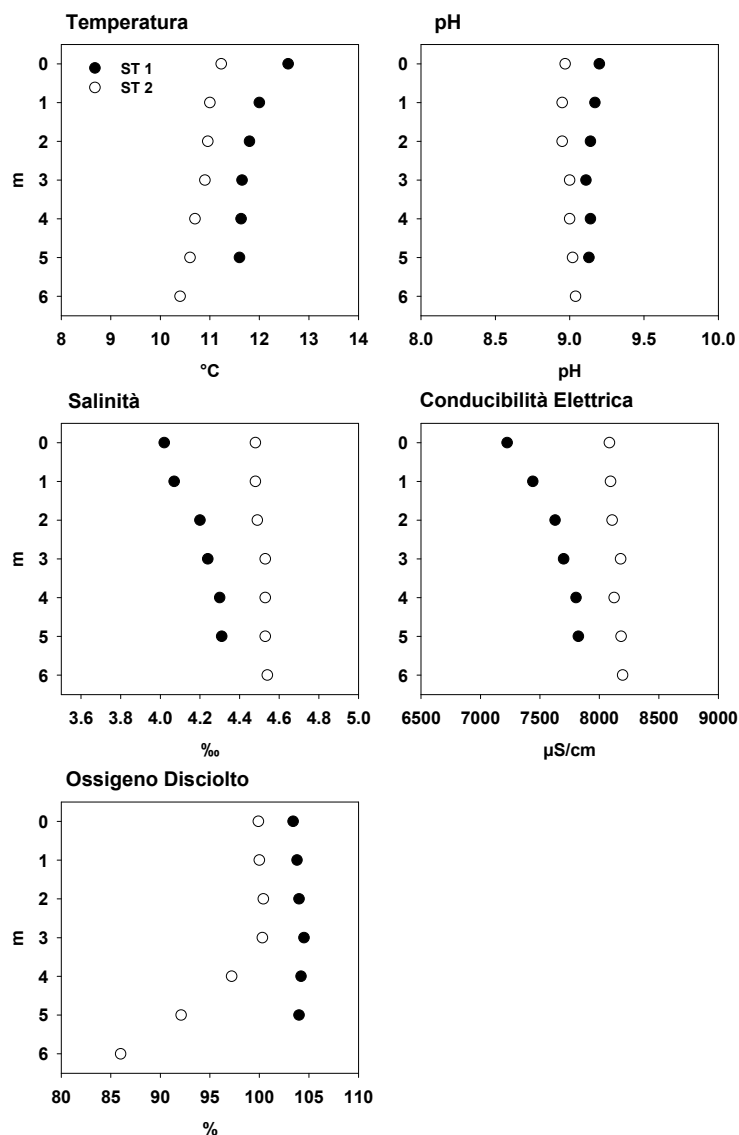


Figura 2 – Temperatura (°C), pH, salinità (‰), conducibilità elettrica (EC, 20°C) e ossigeno disciolto (OD%) nelle diverse profondità campionate della stazione 1 (ST 1, in nero) e della stazione 2 (ST 2, in bianco). I parametri sono stati misurati in situ tramite una sonda multi-parametrica (Aquaprobe AP-2000).

Salinità e conducibilità elettrica presentano un andamento simile tra le due stazioni (Figura 2). Nella stazione 1 in particolare entrambi i parametri aumentano con la profondità e questo è causato probabilmente da un'ingressione salina proveniente dal fondale della cava, fenomeno comune data la prossimità al mare.

L'ossigeno disciolto, infine, ha mostrato delle differenze con la profondità tra le due stazioni. Nella stazione 1, la saturazione dell'ossigeno disciolto è stabile e si mantiene elevata lungo tutta la colonna d'acqua (min. = 103.4%, max. = 104.5%) ad indicare buone condizioni di ossigenazione. Nella stazione 2 il livello di ossigenazione si mantiene alto fino a 3 m di profondità per poi calare progressivamente verso il fondo, passando da 97.2% a 3 m a 86.0% a 6 m. Si tratta di una modesta sotto-saturazione che potrebbe però aumentare nella stagione calda. La stazione 2 è infatti in una zona del lago riparata, al punto che durante il campionamento l'intensità del vento in situ risultava meno forte rispetto alla stazione 1.

Le concentrazioni di azoto, fosforo e silice nelle forme inorganiche disciolte nei campioni d'acqua prelevati alle diverse profondità sono relativamente basse e denotano un basso potenziale trofico (Figura 3). Tale situazione potrebbe però dipendere da fioriture fitoplanctoniche molto recenti, avvenute nei giorni precedenti.

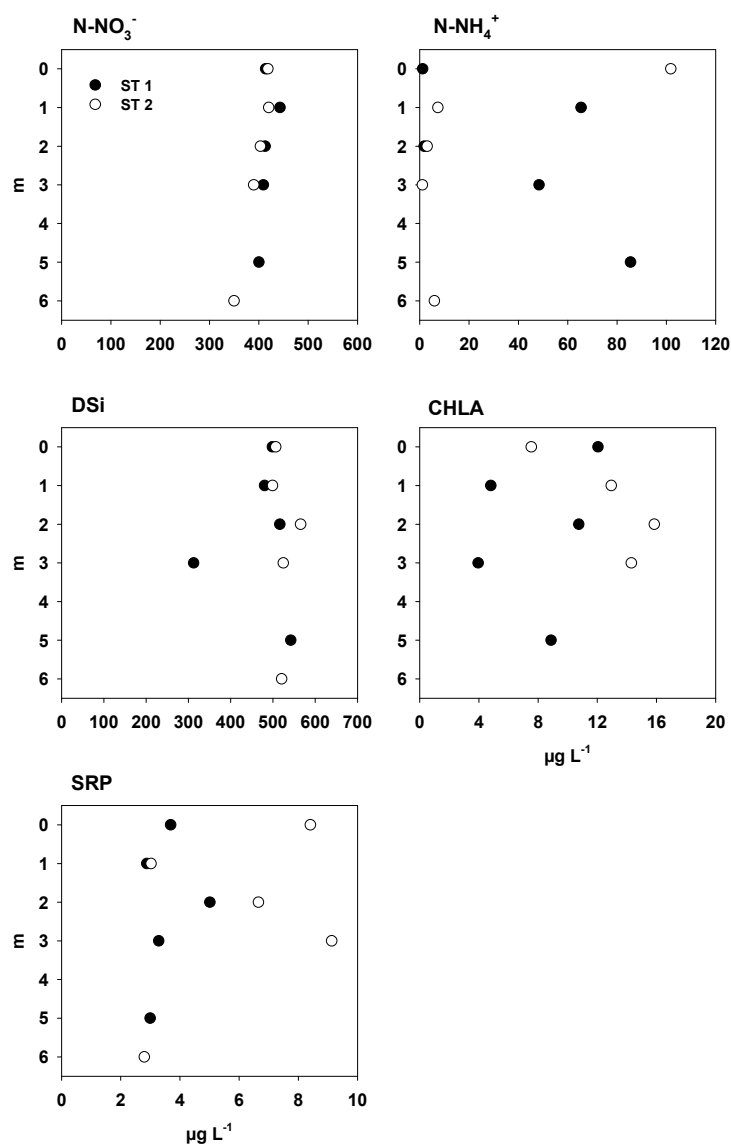


Figura 3 – Concentrazioni di azoto nitrico (N-NO_3^-), azoto ammoniacale (N-NH_4^+), silice disciolta (DSi), clorofilla-a (CHLA) e fosforo reattivo solubile (SRP) nelle diverse profondità campionate nella stazione 1 (ST 1, in nero) e nella stazione 2 (ST 2, in bianco). Le concentrazioni sono espresse in $\mu\text{g L}^{-1}$.

Per questo motivo è stato analizzato anche il fosforo totale (non riportato in grafico) che, secondo lo schema di classificazione a valori fissi dell'OECD (Vollenweider & Kerekes, 1982), con una concentrazione media di $36.7 \pm 1.3 \mu\text{g P L}^{-1}$ indica condizioni meso-eutrofiche (mesotrofia = $10\text{-}35 \mu\text{g P L}^{-1}$, eutrofia = $35\text{-}100 \mu\text{g P L}^{-1}$).

Le concentrazioni di clorofilla (min. = $4.8 \mu\text{g L}^{-1}$, max. = $15.9 \mu\text{g L}^{-1}$) sono risultate a loro volta basse (Figura 3). La crescita fitoplanctonica già avvenuta nella data di campionamento è probabilmente la causa delle basse concentrazioni non solo di SRP ma anche di DIN ($438 \pm 17 \mu\text{g L}^{-1}$) e di DSi ($497 \pm 22 \mu\text{g L}^{-1}$).

Non sono stati evidenziati gradienti lungo il profilo verticale né per le concentrazioni di clorofilla né per le concentrazioni dei nutrienti (Figura 3).

Il campionamento condotto ad inizio primavera non ha evidenziato differenze sostanziali nei parametri chimico-fisici analizzati tra le due zone campionate del lago di cava né gradienti lungo il profilo verticale.

Le basse concentrazioni di azoto, fosforo e silice possono essere conseguenza di precedenti fioriture fitoplanctoniche tardo invernali. Situazioni analoghe sono state verificate in altri laghi di cava lungo l'asta del Po (Viaroli et al., 2001). La disponibilità di questi nutrienti dovrà però essere valutata in periodi critici come quello che si verifica nella tarda estate. Infatti, le misure di salinità di questo primo campionamento inducono a prevedere una stratificazione termosalina nel periodo estivo. A determinarla saranno fattori come l'innalzamento della temperatura atmosferica e la contemporanea ingressione salina già ora riscontrata nell'ipolimnio profondo del lago di cava.

Per monitorare la temperatura e la penetrazione della luce nei diversi strati sono state posizionate a diverse profondità delle due stazioni delle sonde in grado di registrare temperatura e radiazione totale. Quest'ultima misura dovrà essere vagliata dopo aver valutato la presenza di eventuali epifiti sulle sonde stesse.

2.3 Completamento delle analisi ante operam nel periodo estivo

Al primo set di analisi invernali descritto nel presente Report seguiranno ulteriori analisi che verranno effettuate nel periodo estivo (indicativamente verso fine agosto-inizio settembre con stratificazione termica della colonna d'acqua); in particolare si ripeteranno nei medesimi 2 punti di controllo le analisi dei parametri già elencati alla precedente lettera 2a) del § 2.1 e del parametro clorofilla-a fitoplanctonica richiamato al punto vi della precedente lettera 2b) dello stesso § 2.1.

Al termine del ciclo completo di analisi, che sarà ultimato con la procedura di VIA-PAUR in corso e i cui risultati saranno messi a disposizione degli Enti, sarà possibile effettuare una valutazione più completa degli effetti attesi sul bacino lacustre in seguito alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico galleggiante.

In particolare:

- 1) **Saranno determinati in via previsionale i possibili effetti determinati dall'ombreggiamento del lago di cava;** nello specifico i dati raccolti saranno utilizzati per stimare in via preliminare la riduzione percentuale della radiazione solare in ingresso nel lago, prima e dopo la realizzazione dell'impianto, e per effettuare quindi alcune considerazioni previsionali, sia pur approssimative, in merito agli effetti indotti dall'ombreggiamento sulla produttività del bacino stesso.
- 2) **Saranno determinati in via previsionale i possibili effetti determinati dall'impianto in progetto sulla stratificazione termica del bacino lacustre e sulla concentrazione di ossigeno disciolto lungo il profilo verticale del lago.**
- 3) **Qualora risultasse necessario, saranno definite anche eventuali misure di mitigazione finalizzate a limitare la stratificazione termica del bacino lacustre favorendo il rimescolamento, la riossigenazione e il raffreddamento delle masse d'acqua, in particolare delle acque superficiali.** Le eventuali misure di mitigazione saranno basate in particolare sui parametri (attesi e rilevati) riguardanti la % di saturazione dell'ossigeno disciolto nell'acqua. Altre considerazioni potranno essere effettuate in merito alla giusta elevazione dei moduli sopra il livello dell'acqua affinché sia garantita una buona circolazione dell'aria e il conseguente raffreddamento delle acque superficiali.

VOLLENWEIDER R.A., KEREKES J.J., 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control, 1st edn. OECD, Paris

VIAROLI P., ROSSETTI G., BERNINI F., BARTOLI M., FERRARI I., 2001. Studi ecologici e problemi gestionali in un lago di cava della gola del Po. Atti del 14° Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, Garda (VR), pp. 89-98.