

Bài báo khoa học

Đánh giá và mô hình hóa hiện trạng phú dưỡng nước hồ Quan Sơn theo không gian và thời gian

Nguyễn Thiên Phương Thảo¹, Phạm Đức Thắng¹, Trần Thị Hiền¹, Nguyễn Thị Thu Hà^{1*}, Phạm Quang Vinh²

¹ Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; nguyenthienphuongthao_t57@hus.edu.vn; phamducthang_t64@hus.edu.vn; tranthihien_t62@hus.edu.vn; hantt_kdc@vnu.edu.vn

² Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; pqvinh@ig.vast.vn

*Tác giả liên hệ: hantt_kdc@vnu.edu.vn; Tel.: +84–2435587062

Ban Biên tập nhận bài: 24/3/2023; Ngày phản biện xong: 4/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

Tóm tắt: Hồ chứa Quan Sơn là nguồn cấp nước chủ yếu cho canh tác nông nghiệp, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản của huyện Mỹ Đức, thành phố Hà Nội. Do đó, thường xuyên đánh giá và giám sát chất lượng nước hồ là vô cùng cần thiết. Nghiên cứu này nhằm xác định hiện trạng phú dưỡng của hồ chứa Quan Sơn và sự thay đổi theo không gian và thời gian của chỉ số dinh dưỡng hồ (*trophic state index: TSI*) dựa vào số liệu đo thực tế hàm lượng chlorophyll-a (Chla), photpho tổng số (TP) và độ trong của nước (SD) thu được từ 78 điểm trong 4 đợt khảo sát từ tháng 11/2021 đến tháng 11/2022. Kết quả cho thấy hồ chứa Quan Sơn đang ở mức phú dưỡng cao với giá trị TSI > 60 ở tất cả các thời điểm đo. Mức độ phú dưỡng nước hồ Quan Sơn có sự thay đổi theo không gian và thời gian, phụ thuộc vào quá trình tích nước của hồ cũng như các hoạt động nhân sinh ven hồ. Kết quả nghiên cứu giúp hiểu rõ hơn hiện trạng và xu thế phú dưỡng nước hồ, từ đó có những giải pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường và cân bằng hiệu quả hệ sinh thái hồ hiệu quả.

Từ khóa: Phú dưỡng; Hồ chứa thủy lợi; Hồ Quan Sơn; TSI; Mô hình hóa.

1. Giới thiệu

Hiện tượng phú dưỡng được đánh giá là một trong những mối đe dọa hàng đầu đến các hệ sinh thái thủy sinh ở cả các thủy vực nội địa lẫn vùng ven biển trên khắp thế giới [1–2]. Theo khảo sát của Ủy ban môi trường hồ quốc tế, 40–50% các hồ và hồ chứa nội địa trên thế giới bị phú dưỡng từ những năm đầu thập kỷ 90 [3]. Hiện tượng này bắt nguồn từ sự dư thừa các chất dinh dưỡng do các nguồn chất thải từ xung quanh hồ dẫn đến sự phát triển quá mức của các loại tảo, rong rêu, vi tảo, ... làm mất cân bằng sinh thái. Phú dưỡng có nguồn gốc tự nhiên thường diễn ra từ từ, kéo dài tới hàng chục năm do quá trình tích tụ tự nhiên của các chất dinh dưỡng, còn phú dưỡng có nguồn gốc do các hoạt động nhân sinh thường diễn ra nhanh chóng chỉ trong vòng vài năm cho đến một thập kỷ có thể dẫn đến suy thoái và mất đi toàn bộ hệ sinh thái trong một hồ [4]. Hiện tượng phú dưỡng diễn ra nhanh và gây nhiều hậu quả kinh tế, sinh thái hơn ở các hồ và hồ chứa ở các nước đang phát triển có điều kiện thời tiết khô nóng [3]. Do phú dưỡng có khả năng làm suy giảm các chức năng môi trường và dịch vụ sinh thái của hồ nên cần phải được kiểm soát và giám sát chặt chẽ [5].

Nước ta hiện nay có khoảng hơn 6.600 hồ chứa lớn nhỏ với tổng dung tích khoảng 11 tỷ mét khối [6]. Hệ thống hồ chứa này mang lại các nguồn lợi vô cùng to lớn về kinh tế, môi

trường và nguồn nước cho các địa phương. Tuy nhiên, cùng với quá trình vận hành, các hồ chứa này cũng đang phải đối mặt và tạo ra rất nhiều nguy cơ như các vấn đề an toàn hồ đập, vận hành chưa hợp lý hay suy thoái và ô nhiễm nguồn nước; đặc biệt, các nguy cơ này xảy ra càng cao ở các hồ đập có tuổi thọ lớn như các hồ chứa thủy lợi trên địa bàn Hà Nội với hơn 80% hồ được xây dựng trước những năm 1970 [7]. Cũng như các hồ chứa khác trên thế giới, hệ sinh thái và môi trường các hồ chứa ở nước ta nói chung và trên địa bàn thành phố Hà Nội nói riêng đang chịu tác động bởi các hiện tượng thời tiết cực đoan và ô nhiễm môi trường, đặc biệt là hiện tượng phú dưỡng xảy ra mạnh mẽ [8–10], gây suy thoái hệ sinh thái hồ, ảnh hưởng đến chất lượng cây trồng và sinh vật khi các hồ này được sử dụng là nguồn cấp nước. Chính vì vậy, các nghiên cứu nhằm xác định được mức độ phú dưỡng nước hồ và các nguy cơ có thể liên quan đến hiện tượng phú dưỡng của hồ này cần được tiến hành nhằm có đủ thông tin cung cấp cho công tác quản lý môi trường địa phương, từ đó có những hành động phù hợp để ứng phó chủ động, tránh các sự cố môi trường xảy ra.

Trên thế giới, mức độ phú dưỡng của nước hồ được đánh giá bằng nhiều phương pháp khác nhau thông qua việc xác định một số thông số chất lượng nước như hàm lượng photpho tổng số (TP) [11–12], ni-tơ tổng số [13], chlorophyll-a (Chla) [14–15] hay độ trong của nước (SD) [16–17] và các thang phân loại dinh dưỡng [18–19]. Dựa vào đặc trưng của từng thủy vực mà thang phân loại hay chỉ số dinh dưỡng phù hợp được sử dụng để đánh giá mức độ phú dưỡng [20]. Đối với các hồ nội địa, việc sử dụng chỉ số trạng thái dinh dưỡng (Trophic State Index: TSI) theo phương pháp của Carlson [21] thường được sử dụng nhiều hơn cả do các thông số để tính toán TSI theo phương pháp này tương đối dễ xác định và phản ánh đầy đủ các khía cạnh đa dạng về mức độ phú dưỡng của hồ [20]. Thêm vào đó, TSI được xác định theo giá trị số (nằm trong khoảng từ 0 đến 100) có thể giúp xác định không chỉ mức độ phú dưỡng của nước hồ mà còn xác định được định lượng trạng thái cao hay thấp trong cùng mức phú dưỡng ấy. Sử dụng TSI, sự chênh lệch trong mức độ phú dưỡng nước hồ theo không gian dễ dàng được khoanh định, từ đó giúp nhận diện các nguồn, điểm gây phú dưỡng được dễ dàng hơn [22]. Việc sử dụng giá trị TSI của Carlson cũng giúp cho việc phản ánh, mô tả hiện trạng phú dưỡng nước hồ theo không gian thuận tiện hơn, giúp cho thông tin này đến người sử dụng và ra quyết định được chính xác hơn [22].

Hồ chứa Quan Sơn được xây dựng từ năm 1960, có diện tích lưu vực vào khoảng 80 km² [23], là nguồn cung cấp nước chính cho hoạt động trồng trọt và chăn nuôi của các xã Hợp Tiến, Hồng Sơn, Tuy Lai và Thượng Lâm (huyện Mỹ Đức, Hà Nội) đồng thời đóng vai trò quan trọng trong điều tiết nước mặt giảm ngập lụt, cung cấp cảnh quan đẹp và điều hòa vi khí hậu cho các khu vực lân cận. Trong những năm gần đây, hồ Quan Sơn là một điểm du lịch được yêu thích ở Hà Nội. Tuy nhiên, qua hơn 60 năm khai thác và sử dụng, hiện nay hồ đang có nhiều biểu hiện suy thoái như nước hồ bị đục hóa, nhiều rong tảo, nhiễm bẩn hữu cơ, nông hóa đáy hồ, làm giảm giá trị cảnh đẹp của hồ. Tính đến hiện tại, chưa có bất cứ một công trình công bố nào về chất lượng nước cũng như đánh giá hiện trạng phú dưỡng của hồ Quan Sơn. Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp các thông tin, bằng chứng khoa học cần thiết cho việc quản lý môi trường nước và hệ sinh thái hồ. Mục tiêu của nghiên cứu này là làm rõ mức độ phú dưỡng nước hồ tại 4 thời điểm khảo sát từ tháng 11/2021 đến tháng 11/2022, phân tích và đánh giá sự thay đổi của mức độ phú dưỡng nước hồ theo không gian và thời gian trong mối quan hệ với các hoạt động nhân sinh và các yếu tố tự nhiên khác.

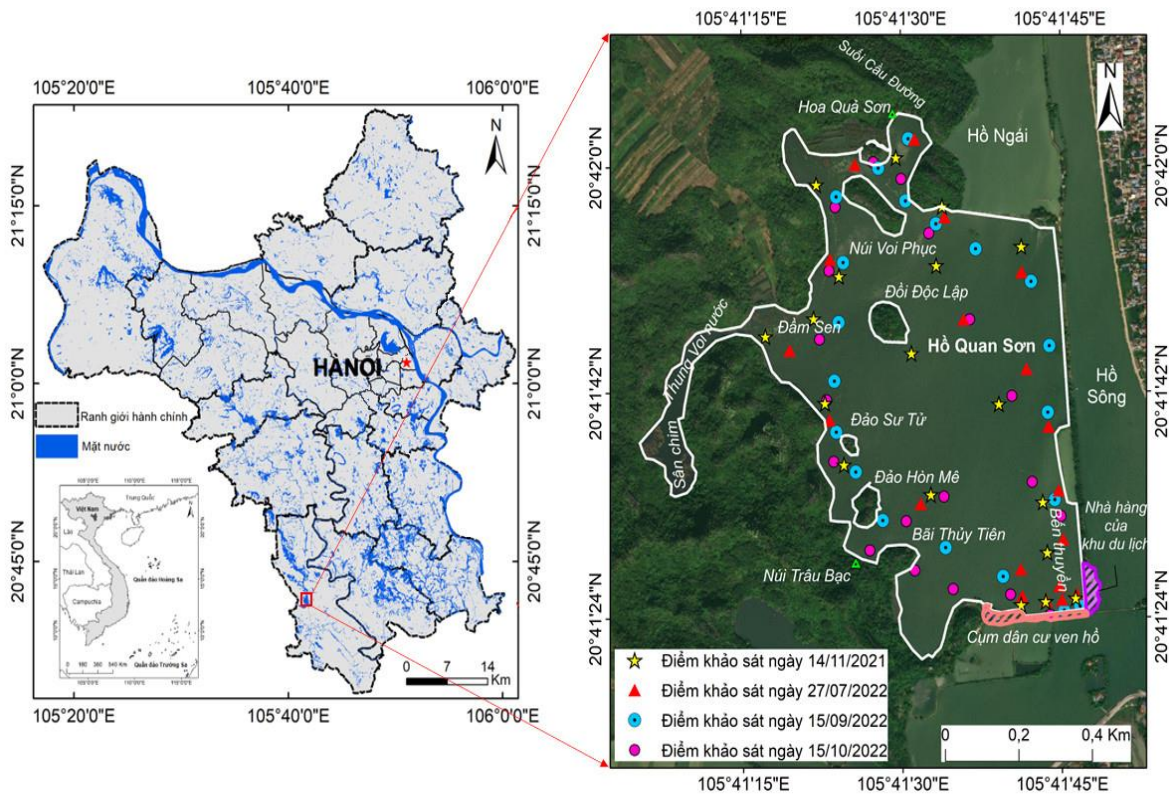
2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đo đạc và xác định các thông số

Tổng số 78 kết quả đo từ các điểm khảo sát tại hồ Quan Sơn vào 4 đợt khảo sát đã được thu thập. Các đợt khảo sát này được diễn ra vào ngày 14/11/2021, 27/07/2022, 15/09/2022 và 15/10/2022. Các điểm đo trong 4 đợt khảo sát được phân bố và thể hiện trong hình 1. Các

điểm đo này được lựa chọn nhằm phản ánh được đầy sự thay đổi của các thông số chất lượng nước và thuận tiện cho việc khảo sát thay vì phân bố đồng đều trên mặt nước như khuyến cáo của Karabork [24]. Trong nghiên cứu này, các vùng nước ven bờ hồ là nơi có sự thay đổi rõ ràng về màu sắc, độ trong, nguồn cấp nước vào hồ và hoạt động nhân sinh nên được ưu tiên lựa chọn bố trí nhiều điểm đo đặc. Trong khi đó, vùng nước ở trung tâm hồ có sự trao đổi mạnh mẽ và tương đối đồng nhất nên số lượng các điểm đo dù ít vẫn phản ánh được hiện trạng.

Tại mỗi điểm khảo sát, độ trong của nước (SD) được đo bằng đĩa Secchi chuẩn (Model 58-B10) có đường kính 20 cm của hãng Wildco (Hoa Kỳ) theo phương pháp của Lind [25]. Mẫu nước được thu thập trên mặt nước (0-30 cm) và đưa về phân tích ngay trong ngày để xác định Chla và TP theo phương pháp đo phổ theo TCVN 6662: 2000 [26] và TCVN 6202: 2008 [27] bằng máy quang phổ tử ngoại khả kiến UV-VIS Hach DR6000 (Hoa Kỳ).



Hình 1. Vị trí hồ Quan Sơn tại thành phố Hà Nội và các điểm lấy mẫu.

2.2. Phương pháp đánh giá mức độ phú dưỡng

Giá trị TSI được xác định là giá trị trung bình cộng của các chỉ số đơn tính toán từ Chla (TSI_{Chla}), SD (TSI_{SD}) và TP (TSI_{TP}) theo các công thức được đơn giản hóa bởi Carlson & Simpson [28] như sau:

$$TSI_{Chla} = 9,81 \times \ln(Chla) + 30,6 \tag{1}$$

$$TSI_{SD} = 60 - 14,4 \times \ln(SD) \tag{2}$$

$$TSI_{TP} = 14,42 \times \ln(TP) + 4,15 \tag{3}$$

$$TSI = (TSI_{Chla} + TSI_{SD} + TSI_{TP})/3 \tag{4}$$

Trong đó đơn vị của Chla là $\mu\text{g/L}$, SD là m, TP là $\mu\text{g/L}$ và TSI_{Chla} , TSI_{SD} , TSI_{TP} là các đại lượng không thứ nguyên. Dựa vào giá trị TSI, trạng thái phú dưỡng của hồ được chia thành 4 mức: 1) nghèo dinh dưỡng (oligotrophy, $TSI < 30$); 2) dinh dưỡng trung bình (mesotrophy, $TSI = 30$ đến 50); 3) phú dưỡng (eutrophy, $TSI = 50$ đến 70); 4) siêu phú dưỡng (hypereutrophy, $TSI > 70$).

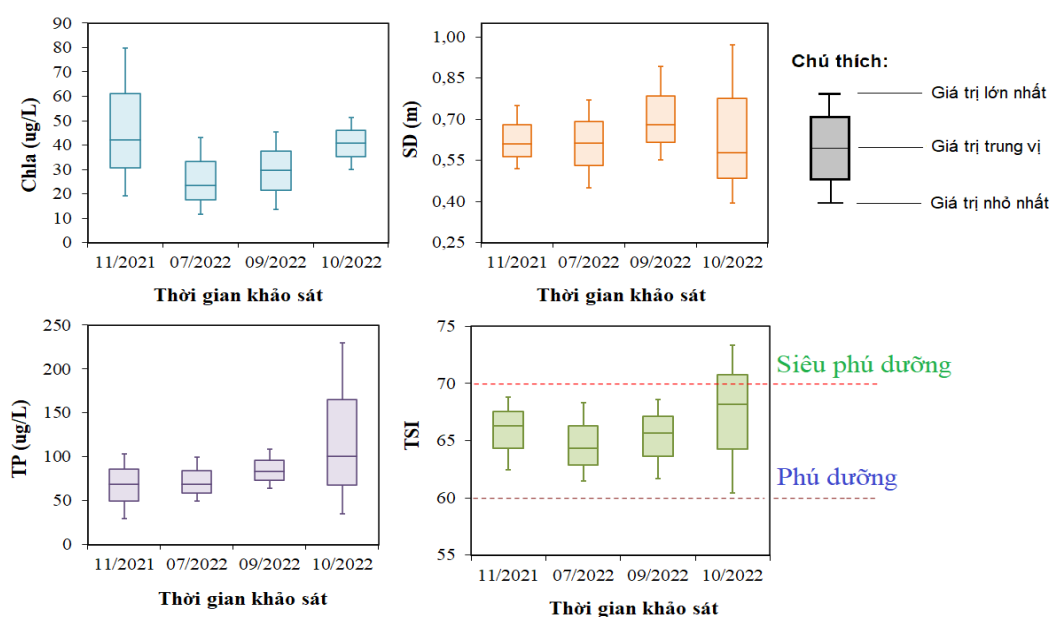
2.3. Phương pháp phân tích thống kê và lập sơ đồ

Để hiểu được sự thay đổi của giá trị TSI và hiện trạng phú dưỡng nước hồ theo không gian, phương pháp nội suy – địa thống kê đa biến (*co-kriging*) được lựa chọn để thành lập sơ đồ phân bố TSI tại các thời điểm đo. Với hệ số xác định (R^2) giữa giá trị đo đạc thực tế và giá trị ước tính từ phép nội suy đều lớn hơn 0,80 (lần lượt là 0,81; 0,86; 0,99 và 0,98) cho bộ dữ liệu các ngày 14/11/2021, 27/07/2022, 15/09/2022 và 15/10/2022 và sai số toàn phương trung bình của các phép nội suy đều xấp xỉ hoặc nhỏ hơn 1 (lần lượt là 1,16, 1,02; 0,12; 0,32) cho thấy phương pháp này phù hợp để mô hình hóa sự phân bố không gian của giá trị TSI trong nước hồ nghiên cứu. Sơ đồ phân bố giá trị TSI được thành lập sử dụng công cụ phân tích địa thống kê tích hợp trong phần mềm ArcGIS 10.5. Ngoài ra, các phân tích thống kê cơ bản như xác định giá trị lớn nhất (GTLN), giá trị nhỏ nhất (GTNN) giá trị trung bình (GTTB), hệ số tương quan (r) và biểu đồ hộp (*box-plot*) của dữ liệu thu được từ các đợt khảo sát cũng được thực hiện sử dụng phần mềm IBM SPSS 26.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng phú dưỡng nước hồ

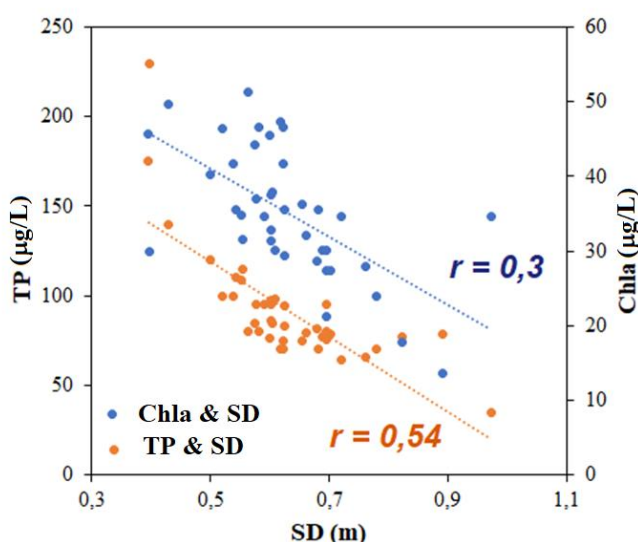
Kết quả Chla, SD, TP và TSI thu được trong nước hồ Quan Sơn của bốn đợt khảo sát được thể hiện trong Hình 2. Theo đó, Chla trong nước hồ dao động từ 19,13 $\mu\text{g/L}$ (vào tháng 11/2021) đến 51,25 $\mu\text{g/L}$ (vào tháng 10/2022), trung bình đạt 42,13 $\mu\text{g/L}$ vào ngày 14/11/2022, 23,62 $\mu\text{g/L}$ vào ngày 27/07/2022, 29,59 $\mu\text{g/L}$ vào ngày 15/09/2022 và 40,71 $\mu\text{g/L}$ vào ngày 15/10/2022. Kết quả này cho thấy mật độ tảo trong nước hồ có sự dao động mạnh giữa mùa mưa (tháng 7–9) và tăng lên cao vào mùa khô (cuối tháng 10 đến tháng 11) (Hình 2A). Nguyên nhân có thể do hồ Quan Sơn là khu vực úng trũng ngập nước, đặc biệt bao xung quanh là nhiều dãy núi đá vôi hang động Karst, vào mùa mưa, hồ là nơi trữ nước phục vụ mục đích tưới tiêu. Trước thời gian khảo sát ngày 27/07/2022 và 15/09/2022, khu vực hồ Quan Sơn có mưa rào và dông [29–30], lượng mưa lớn với mực nước tăng cao hòa loãng một phần mật độ tảo trong nước hồ. Trong thời điểm cuối tháng 10/2022 và tháng 11/2021, nhiệt độ ghi nhận tương đối cao lên đến 34°C [31], đồng thời do nguồn nước mưa cung cấp trong thời kỳ này giảm xuống nên làm cho tảo gia tăng hoạt động và tăng mật độ trong mùa khô.



Hình 2. Biến thiên các thông số chất lượng nước của hồ Quan Sơn trong các đợt khảo sát: A) Hàm lượng chlorophyll-a (Chla); B) hàm lượng photpho tổng số (TP); C) độ trong của nước (SD); D) chỉ số dinh dưỡng – TSI.

Tương tự với Chla, hàm lượng TP trong nước hồ dao động từ 30 µg/L (vào tháng 11/2021) đến 230 µg/L (vào tháng 10/2022) (Hình 2B), thể hiện mức độ biến động lớn của thông số này trong khoảng thời gian quan trắc. Vào thời gian mùa khô, TP có xu hướng cao hơn mức 100 µg/L cho thấy nguồn dinh dưỡng bị cô đọng trong nước hồ vào mùa khô là rất cao. Kết quả đo đạc SD của nước hồ cũng tương đối phù hợp với kết quả xác định Chla và TP, nước hồ có độ trong dao động từ 0,52 m đến 0,97 m, trong hơn vào mùa mưa và đục hơn vào mùa khô (Hình 2C). Kết quả tính toán TSI từ bốn đợt khảo sát cho thấy giá trị TSI trung bình của hồ chứa dao động từ 64,3 (tháng 07/2022) đến 68,2 (tháng 10/2022), ứng với trạng thái phú dưỡng cao. Tuy nhiên, tại một số điểm lấy mẫu trong tháng 10/2022 đã có giá trị TSI cao hơn 70 cho thấy mức trạng thái siêu phú dưỡng (còn gọi là phì dưỡng) đã xuất hiện trên hồ Quan Sơn. Điều này cho thấy, chất lượng nước của hồ chứa đang có nguy cơ bị ô nhiễm, gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh của hồ.

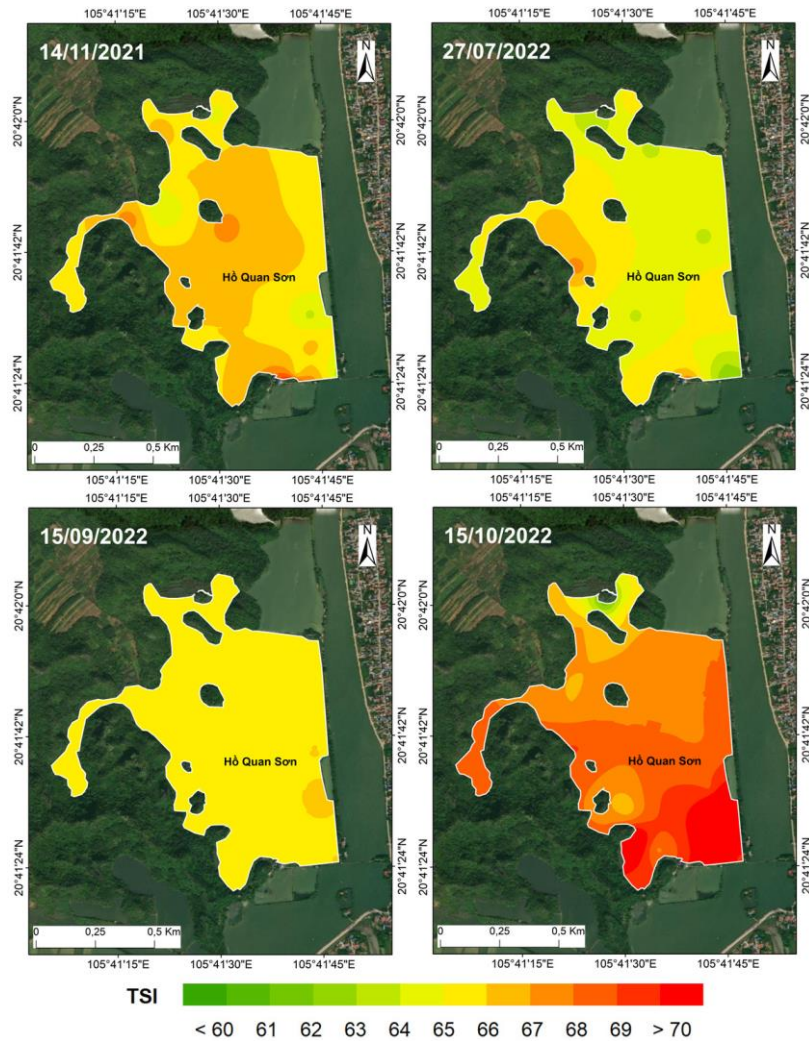
Mối tương quan giữa ba thông số Chla, TP và SD thu thập được từ bốn đợt khảo sát được thể hiện trong hình 3. Theo đó, SD không tương quan với Chla ($r = 0,3$) và tương quan trung bình với TP ($r = 0,54$), điều này cho thấy việc suy giảm độ trong của nước hồ Quan Sơn không phải do mật độ tảo mà có thể liên quan đến các vật chất lơ lửng hữu cơ khác trong nước hồ.



Hình 3. Mối quan hệ giữa ba thông số chất lượng nước Chla, SD và TP trong nước hồ Quan Sơn và hệ số tương quan Pearson (r) của các thông số.

3.2. Sự thay đổi theo thời gian và không gian của TSI

Phân bố của giá trị TSI trong không gian tại bốn thời điểm khảo sát được thể hiện ở Hình 3. Theo đó, có thể nhận thấy có sự không đồng nhất giữa giá trị TSI trong hồ, ngoại trừ ngày 15/09/2022). Trong ngày này, giá trị TSI = 65 phân bố đồng đều gần như đồng nhất trên toàn mặt hồ, trừ sự xuất hiện của điểm có giá trị cao hơn tại khu vực nhà hàng của khu du lịch Quan Sơn. Tại 3 thời điểm còn lại, vùng nước phía bắc của hồ, xung quanh núi Voi Phục (Hình 1), có giá trị TSI thấp hơn các vùng nước còn lại do hầu như không có bất kỳ hoạt động nhân sinh nào tại khu vực này. Các khu vực có giá trị TSI cao thường phân bố ở gần các bến tàu thuyền, khu dân cư, nhà hàng hoặc khu du lịch ven hồ. Đáng chú ý, giá trị TSI > 70 tương ứng với mức siêu phú dưỡng đã xuất hiện và bao phủ toàn bộ phần phía đông nam của hồ (nơi có nhà hàng của khu du lịch Quan Sơn) trong tháng 10/2022, cho thấy nguy cơ xảy ra hiện tượng tảo nở hoa tại hồ. Do vậy, việc đánh giá chất lượng nước hồ cần được thực hiện thường xuyên để kịp thời có các giải pháp kiểm soát và xử lý ô nhiễm, đảm bảo nguồn nước phục vụ cho tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản cũng như phát triển du lịch sinh thái của hồ.



Hình 4. Phân bố giá trị TSI của nước Hồ Quan Sơn trong 4 đợt khảo sát.

Theo thời gian, có thể nhận thấy giá trị TSI của hồ có xu hướng giảm trong mùa mưa (tháng 7 và 9) và cao trong mùa khô (tháng 10 và tháng 11). Nguyên nhân có thể là trong mùa mưa, hồ tiếp nhận được một nguồn nước mặt dồi dào chảy từ khu vực núi đá vôi xung quanh, ít chịu tác động của các hoạt động nhân sinh nên chứa ít dinh dưỡng. Nguồn nước này giúp pha loãng các chất dinh dưỡng trong hồ, làm giảm mức độ phú dưỡng nước hồ. Mức độ phú dưỡng nước hồ trong tháng 10 năm 2022 cao hơn so với tháng 11 năm 2021, thể hiện sự gia tăng nồng độ chất dinh dưỡng có trong nước hồ. Nguyên nhân có thể là trong năm 2021, khu vực hồ Quan Sơn nói riêng và toàn bộ thành phố Hà Nội nói chung chịu ảnh hưởng bởi các đợt giãn cách xã hội do dịch bệnh COVID-19, nên hoạt động du lịch-dịch vụ cũng như chăn nuôi ven hồ bị ảnh hưởng, dẫn đến nguồn dinh dưỡng vào hồ chủ yếu là nguồn tự nhiên. Sang năm 2022, khi các hoạt động du lịch-dịch vụ đã được mở hoàn toàn, khu du lịch hồ Quan Sơn tiếp nhận nhiều đợt khách du lịch đến tham quan và ăn uống tại khu vực nhà hàng, bến thuyền ven bờ, nguồn dinh dưỡng chảy vào hồ nhiều hơn, đặc biệt ở khu vực nhà hàng góc đông nam hồ, dẫn đến giá trị TSI ở khu vực này tại thời điểm tháng 10/2022 cao hơn cùng thời điểm năm 2021 (11/2021).

3.3. Mức độ phú dưỡng của hồ Quan Sơn so với các hồ và hồ chứa khác

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ phú dưỡng của hồ Quan Sơn ở mức phú dưỡng cao (TSI > 60), tương tự với mức độ phú dưỡng của các hồ chứa nằm trong khu vực đồng bằng Bắc Bộ như hồ Suối Hai (TSI = 60–72) [22], hồ Đại Lải (TSI > 65) [32]. Các hồ này đều có tuổi thọ tương đối lớn (trên 60 năm), nằm giữa vùng đồng bằng nơi hoạt động sản xuất nông

nghiệp là hoạt động chính trong lưu vực. So với các hồ và hồ chứa nằm tại vùng địa hình cao hơn như Thác Bà (Yên Bái, TSI > 50 [33]), Ba Bể (Bắc Cạn, TSI = 34–48 [34]), Cao Vân (Quảng Ninh, TSI = 57,25 [35]) – nơi các hoạt động nhân sinh còn chưa gây tác động mạnh, các hồ chứa này đều có mức độ phú dưỡng cao hơn. Tuy nhiên, nếu so các hồ khu vực nội thành Hà Nội – nơi chịu tác động mạnh mẽ của các nguồn thải nhân sinh và hầu hết ở mức siêu phú dưỡng [36–38], thì mức độ phú dưỡng của các hồ chứa này thấp hơn. Như vậy, có thể thấy một sự phân hóa tương đối rõ ràng về mức độ phú dưỡng của các hồ và hồ chứa khu vực miền Bắc nước ta theo mức độ tác động của các hoạt động nhân sinh, càng gần các khu đô thị, càng chịu nhiều tác động của các hoạt động nhân sinh, càng có mức độ phú dưỡng lớn. Xu hướng này cần được quan tâm, đầu tư nghiên cứu trong tương lai nhằm sớm có giải pháp quản lý môi trường vùng hiệu quả.

4. Kết luận

Kết quả đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước của hồ Quan Sơn dựa vào dữ liệu đo đạc thực tế các thông số Chla, SD và TP của nước cho thấy hồ chứa này đang ở trạng thái phú dưỡng cao. Giá trị TSI của nước hồ trong hơn hai năm qua (từ tháng 11/2021 đến tháng 11 năm 2022) đều lớn hơn 60 thể hiện hồ đang ở mức phú dưỡng và mức độ phú dưỡng của hồ có sự gia tăng nhẹ theo thời gian. Theo không gian, mức độ phú dưỡng nước hồ ở góc bờ phía đông nam và khu vực Thung Voi – nơi tập trung điểm du lịch - dịch vụ như đầm sen, nhà hàng ăn uống và hồ câu thường cao hơn mức độ phú dưỡng của các khu vực khác. Với mức độ phú dưỡng của hồ hiện nay, việc đánh giá chất lượng nước hồ cần được thực hiện thường xuyên để kịp thời có các giải pháp kiểm soát và xử lý ô nhiễm, đảm bảo nguồn nước phục vụ cho tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản cũng như phát triển du lịch sinh thái của hồ. Kết quả nghiên cứu giúp hiểu rõ hơn hiện trạng và xu thế phú dưỡng nước hồ ở 4 thời điểm trong vòng một năm. Tuy nhiên, do hạn chế về kinh phí và nhân lực trong của việc lấy mẫu và phân tích mẫu, việc quan trắc mức độ phú dưỡng nước hồ ở tần suất hàng tháng, hàng tuần là rất khó khăn. Do đó, các phương pháp kỹ thuật mới trong việc đánh giá và giám sát nước hiện trạng phú dưỡng nước hồ như sử dụng các thông tin, dữ liệu phụ trợ từ ảnh vệ tinh cần được tiến hành.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.P.T., N.T.T.H., P.Q.V.; Xử lý số liệu: N.T.P.T., P.D.T.; Lấy mẫu: N.T.P.T., P.D.T., T. T. H., N.T.T.H., P.Q.V.; Viết bản thảo bài báo: N.T.P.T., N.T.T.H.; Chính sửa bài báo: N.T.P.T., N.T.T.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua nhiệm vụ khoa học và công nghệ theo Nghị định thư “Ứng dụng công nghệ viễn thám và trí tuệ nhân tạo nghiên cứu, giám sát chất lượng nước hồ nội địa, thí điểm trên địa bàn Hà Nội” có mã số NĐT/TW/21/16.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Leng, R. The impacts of cultural eutrophication on lakes: A review of damages and nutrient control measures. *Writing* **2009**, 20, 33–39.
2. Chislock, M.F.; Doster, E.; Zitomer, R.A.; Wilson, A.E. Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nat. Educ. Knowl.* **2013**, 4(4), 10.
3. Istvánovics, V. Eutrophication of lakes and reservoirs. *Lake Ecosystem Ecology*: Elsevier: San Diego, CA, USA, 2010, pp. 47–55.
4. Addy, K.; Green, L.T. Phosphorus and lake aging. University of Rhode Island, College of Resource Development, Department of Natural Resources Science, 1996.

5. Henny, C.; Meutia, A.A. Urban Lake management strategy: effect of distinct types of lake surroundings and shoreline landscape development on water quality of urban lakes in Megacity Jakarta. *Lakes: The Mirrors of the Earth* 2014, pp. 275.
6. Tổng cục thủy lợi. Báo cáo nhanh công tác bảo đảm an toàn công trình và vận hành công trình thủy lợi phòng chống ngập lụt, úng, 2018.
7. Duy, Đ. Hanoimoi, Hanoi, Vietnam. Trục tuyến: <http://www.hanoimoi.com.vn/ban-in/Kinh-te/782347/ho-chua-thuy-loi-thap-thom-lo-xuong-cap>.
8. Trần, T.T.; Đoàn, N.H.; Bùi, N.L.H.; Nguyễn, T.T.T. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nguồn nước chảy vào hồ Đan Kia và áp dụng mô hình AQUATOX quản lý chất lượng nước hồ. *Tap chí sinh học* 2015, 38(1), 61–69.
9. Nghiệm, P.T. Đánh giá tổng hợp chất lượng nước và giải pháp bảo vệ nguồn nước hồ Phú Vinh. Đề tài Chi cục Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng Quảng Bình, 2007.
10. Thắng, L.V. Đánh giá chất lượng nước lưu vực hồ Đá Đen, xác định nguyên nhân gây ô nhiễm và đề xuất các giải pháp. *Tap chí khoa học và công nghệ – Trường đại học công nghiệp TP. Hồ Chí Minh* 2021, 53(05), 182–193.
11. Jiang, Y.; Ma, Z. An evaluation of water quality from locations of Huang Yang reservoir. *Procedia Environ. Sci.* 2012, 12, 280–284.
12. Clement, D.R.; Steinman, A.D. Phosphorus loading and ecological impacts from agricultural tile drains in a west Michigan watershed. *J. Great Lakes Res.* 2017, 43(1), 50–58.
13. Cabecinha, E.; Cortes, R.; Pardal, M.Â.; Cabral, J.A. A Stochastic Dynamic Methodology (StDM) for reservoir's water quality management: Validation of a multi-scale approach in a south European basin (Douro, Portugal). *Ecol. Indic.* 2009, 9(2), 329–345.
14. Hu, Z.; Guo, L.; Liu, T.; Chuai, X.; Chen, Q.; Shi, F.; ... Yang, L. Uniformisation of phytoplankton chlorophyll a and macrophyte biomass to characterise the potential trophic state of shallow lakes. *Ecol. Indic.* 2014, 37, 1–9.
15. Karadžić, V.; Subakov–Simić, G.; Krizmanić, J.; Natić, D. Phytoplankton and eutrophication development in the water supply reservoirs Garaši and Bukulja (Serbia). *Desalination* 2010, 255(1–3), 91–96.
16. Uttormark, P.D.; Wall, J.P. Lake classification, a trophic characterization of Wisconsin lakes. National Environmental Research Center, 1975.
17. Wang, L.; Liu, L.; Zheng, B. Eutrophication development and its key regulating factors in a water-supply reservoir in North China. *J. Environ. Sci.* 2013, 25(5), 962–970.
18. Vollenweider, R.A.; Giovanardi, F.; Montanari, G.; Rinaldi, A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity, and generalized water quality index. *Environmetrics* 1998, 9, 329–357.
19. Vollenweider, R.A.; Kerekes, J.J. (Eds). Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. O.E.C.D. Paris, 1982, pp. 154.
20. Cheng, K.S.; Lei, T.C. Reservoir trophic state evaluation using Landsat TM images. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 2001, 37(5), 1321–1334.
21. Carlson, R. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 1977, 22, 361–369.
22. Linh, N.T.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Pham, Q.V. Assessing trophic status of suoi hai reservoir using carlson's trophic state index. *VN J. Earth Sci.* 2021, 43(4), 509–523.
23. Ủy ban nhân dân huyện Mỹ Đức. Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế – xã hội huyện Mỹ Đức đến 2020, tầm nhìn đến 2030. Hà Nội, 2010.
24. Karabork, H. Selection of appropriate sampling stations in a lake through mapping. *Environ. Monit. Assess.* 2010, 163, 27–40.

25. Lind, O.T. Handbook of common methods in limnology. The CV Mosley Company, 1979.
26. TCVN 6662:2000 (ISO 10260:1992) về Chất lượng nước – Đo thông số sinh hóa – Phương pháp đo phổ xác định nồng độ Chlorophyll-a.
27. TCVN 6202:2008 (ISO 6878: 2004) về Chất lượng nước – Xác định phospho – Phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat.
28. Carlson, R.E.; Simpson, J. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society, 1996, pp. 96.
29. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Nhận định xu thế thời tiết từ ngày 21 tháng 7 đến ngày 20 tháng 8 năm 2022 các khu vực trên phạm vi cả nước, 2022a. Trục tuyến: <https://nchmf.gov.vn/Kttv/vi-VN/1/nhan-dinh-xu-the-thoi-tiet-tu-ngay-21-thang-7-den-ngay-20-thang-8-nam-2022-cac-khu-vuc-tren-pham-vi-ca-nuoc-post28206.html>.
30. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Bắc Bộ và Trung Bộ mưa lớn, chủ động ứng phó ngập lụt và sạt lở đất, 2022b. Trục tuyến: <http://vnmha.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/bac-bo-va-trung-bo-mua-lon-chu-dong-ung-pho-ngap-lut-va-sat-lo-dat-12940.html>.
31. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Chỉ số tia cực tím tại nhiều địa phương đạt ngưỡng nguy cơ gây hại cao, 2022c. Trục tuyến: <http://vnmha.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/chi-so-tia-cuc-tim-tai-nhieu-dia-phuong-dat-nguong-nguy-co-gay-hai-cao-13231.html>.
32. Nguyễn, T.T.H.; Nguyễn, T.H. Nghiên cứu diễn biến chất lượng nước hồ Đại Lải tỉnh Vĩnh Phúc qua một năm đo đạc và thu thập dữ liệu. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2010**, 31, 57–64.
33. Vinh, P.Q.; Ha, N.T.T.; Binh, N.T.; Thang, N.N.; Oanh, L.T.; Thao, N.T.P. Developing algorithm for estimating chlorophyll-a concentration in the Thac Ba Reservoir surface water using Landsat 8 Imagery. *Earth Sci.* **2019**, 41, 10–20.
34. Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Koike, K.; Nhuan, M.T. Selecting the best band ratio to estimate chlorophyll-a concentration in a tropical freshwater lake using sentinel 2A images from a case study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2017**, 6(9), 290.
35. Hạ, T.Đ. Nghiên cứu, đánh giá trạng thái dinh dưỡng hồ chứa nước Cao Vân phục vụ cấp nước sinh hoạt. *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE* **2018**, 12(4), 78–85.
36. Ha, N.T.T.; Koike, K.; Nhuan, M.T.; Canh, B.D.; Thao, N.T.P.; Parsons, M. Landsat 8/OLI two bands ratio algorithm for chlorophyll-a concentration mapping in hypertrophic waters: An application to West Lake in Hanoi (Vietnam). *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2017**, 10(11), 4919–4929.
37. Nguyen, T.L.; Pham, T.H.T.; Luong, T.P.; Vu, T.H.; Nguyen, T.T.H.; Pham, Q.V. Using Sentinel-2B Imagery to Estimate the Eutrophication Level of Linh Dam Lake, Hoang Mai District, Hanoi. *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci.* **2019**, 35(4), 88–96.
38. Vinh, P.Q.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Linh, N.T.; Oanh, L.T.; Phuong, L.T.; Huyen, N.T.T. Monitoring the trophic state of shallow urban lakes using Landsat 8/OLI data: a case study of lakes in Hanoi (Vietnam). *Front. Earth Sci.* **2022**, 1–16.

Assessing and modelling the trophic state of Quan Son Reservoir in space and time

Nguyen Thien Phuong Thao¹, Pham Duc Thang¹, Tran Thi Hien¹, Nguyen Thi Thu Ha^{1*}, Pham Quang Vinh²

¹ Faculty of Geology, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; nguyenthienphuongthao_t57@hus.edu.vn; phamducthang_t64@hus.edu.vn; tranthihien_t62@hus.edu.vn; hantt_kdc@vnu.edu.vn

² Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology; pqvinh@ig.vast.vn

Abstract: The Quan Son Reservoir is the primary source of water supply for agricultural cultivation, farming, and aquaculture in My Duc district, Hanoi. Therefore, it is indispensable to assess and frequently monitor the reservoir's water quality. This study aims to determine the eutrophication status of Quan Son Reservoir and the spatial and temporal changes of the Trophic State Index (TSI) based on *in situ* datasets of Chlorophyll-a (Chla) concentration, total phosphorus (TP) concentration, and water transparency (SD) obtained from 78 points in four surveys from November 2021 to October 2022. The results show that Quan Son Reservoir is highly eutrophic with TSI value of > 60 at all measurement points. TSI values vary in space and time, depending on the water accumulation process of the reservoir as well as surrounding human activities. The results help better understand the state and trends of eutrophication in Quan Son Reservoir, thereby proposing solutions to respond to the reservoir's environmental issues proactively.

Keywords: Eutrophication; Irrigation Reservoir; Quan Son Reservoir; TSI; Modelling.