

# ĐÁNH GIÁ XU THẾ THAY ĐỔI THÀNH PHẦN HÓA HỌC NƯỚC HỒ HÒA BÌNH DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA LẮNG ĐỘNG AXIT, GIAI ĐOẠN 2000-2024

Doãn Hà Phong<sup>(1)</sup>, Ngô Thị Vân Anh<sup>(1)</sup>, Vũ Xuân Hùng<sup>(1)</sup>,  
Nguyễn Thị Kim Anh<sup>(1)</sup>, Nguyễn Thị Hằng Nga<sup>(1)</sup>, Lê Văn Linh<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển

<sup>(2)</sup>Viện Khoa học Tài nguyên nước

Ngày nhận bài: 5/11/2025; ngày chuyển phản biện: 6/11/2025; ngày chấp nhận đăng: 21/11/2025

**Tóm tắt:** Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá xu thế axit hóa và biến đổi thành phần hóa học nước hồ Hòa Bình theo thời gian trong bối cảnh lắng đọng axit. Với chuỗi số liệu quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình 25 năm (2000-2024) trong khuôn khổ hoạt động của Mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET), xu thế axit hóa và biến đổi chất lượng nước hồ Hòa Bình được đánh giá thông qua phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall đối với các ion chính bao gồm pH, H<sup>+</sup>, EC, độ kiềm, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. Kết quả chỉ ra rằng pH/H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> và Ca<sup>2+</sup> không có xu thế rõ ràng, tuy nhiên độ kiềm, EC, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> có xu thế giảm, trong khi đó Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> lại có xu hướng tăng. Đồng thời, kết quả phân tích tương quan giữa xu thế thay đổi thành phần hóa học nước hồ Hòa Bình và xu thế lắng đọng axit ướt (LDU) tại trạm Hòa Bình chỉ ra rằng hồ Hòa Bình không bị axit hóa mặc dù nồng độ ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có xu hướng tăng từ lắng đọng axit nhưng được trung hòa do độ kiềm lớn của nước hồ Hòa Bình.

**Từ khóa:** Hồ Hòa Bình, thành phần hóa học của nước, lắng đọng axit, xu thế, Seasonal Mann-Kendall.

## 1. Mở đầu

Hiện tượng axit hóa của nước hồ xảy ra khá phổ biến ở các nước Châu Âu, Bắc Mỹ vào những năm 1960-1970 và cả ở khu vực Đông Á từ những năm 1990 [1]. Sự thay đổi pH hay tính axit của nước sông, hồ gây ảnh hưởng lớn đến môi trường và hệ sinh thái. Những ảnh hưởng này bao gồm suy giảm đa dạng sinh học do sự biến mất của một số loài nhạy cảm cao với sự thay đổi pH, thay đổi cấu trúc dinh dưỡng, và giảm số lượng các loài cá, thủy sinh [2], [3]. Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng thay đổi thành phần hóa học và axit hóa của nước hồ tại khu vực Đông Á được xác định chủ yếu do quá trình lắng đọng khí quyển các chất ô nhiễm có nguồn gốc từ hoạt động của con người [4], [5].

Việt Nam tham gia Mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET) từ năm 1999. Trong khuôn khổ hoạt động của mạng lưới

EANET, Việt Nam đã thiết lập được các trạm quan trắc lắng đọng axit tại Hà Nội, Hòa Bình, Yên Bái, TP. Hồ Chí Minh, Cần Thơ. Trong đó, duy nhất trạm Hòa Bình ngoài giám sát lắng đọng ướt, lắng đọng khô còn giám sát chất lượng nước hồ Hòa Bình nhằm đánh giá tác động của lắng đọng axit đến môi trường nước mặt lục địa [6].

Hồ Hòa Bình nằm ở tỉnh Hòa Bình cũ nay là tỉnh Phú Thọ. Hồ Hòa Bình là hồ nhân tạo dạng sông có chiều dài 230 km và dung tích khoảng 9,5 tỷ m<sup>3</sup>, phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau như sản xuất điện, điều tiết lũ và cung cấp nước tưới cho đồng bằng sông Hồng và các vùng phụ cận, giao thông thủy, nuôi trồng thủy sản và một nhiệm vụ quan trọng là cung cấp nước sinh hoạt cho thủ đô Hà Nội và các vùng lân cận [7]. Sau hơn 30 năm hoạt động, hồ Hòa Bình đã mang lại lợi ích kinh tế to lớn cho cả nước nói chung và vùng Tây Bắc nói riêng. Tuy nhiên, dưới tác động của các hoạt động kinh tế, xã hội trên lưu vực hồ, chất lượng nước hồ đang có nguy cơ bị suy giảm bởi các nguồn thải từ các hoạt động công nghiệp, nông nghiệp, du lịch, giao thông

Tác giả liên hệ: Ngô Thị Vân Anh

Email: vananhmd@gmail.com

và dân sinh [9]. Bên cạnh đó, chất lượng nước hồ còn có thể bị tác động đáng kể bởi lắng đọng ô nhiễm từ khí quyển như tình trạng lắng đọng axit [1], [8], [9]. Vì vậy, việc giám sát và đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình thường xuyên và nhằm đảm bảo mục đích cấp nước sinh hoạt và các mục đích khác như cấp nước tưới, nuôi trồng thủy sản, bảo vệ môi trường sinh thái hồ là rất quan trọng. Trong nhiều năm qua, đã có một số các nghiên cứu về đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình [8], [10], tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào đánh giá xu thế thay đổi của chất lượng nước hồ Hòa Bình và ảnh hưởng của lắng đọng khí quyển, lắng đọng axit đến chất lượng nước hồ. Trong khi kết quả giám sát lắng đọng axit của Mạng lưới EANET tại Việt Nam và một số nghiên cứu cho thấy ở khu vực Hòa Bình mưa axit xảy ra với tần suất 25%, mức độ lắng đọng axit khá lớn khoảng 25-30 kg/ha/năm và phần lớn từ lắng đọng ướt (mưa axit) [4], [11], [12], [13].

Trong bối cảnh lắng đọng axit diễn ra như vậy việc nghiên cứu xác định xu thế thay đổi của chất lượng nước hồ là rất quan trọng nhằm đánh giá tác động của lắng đọng axit đến môi trường nước hồ Hòa Bình như thế nào. Với chuỗi số liệu quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình 25 năm (2000-2024) của mạng lưới EANET, trong bài báo này, chúng tôi sử dụng phương pháp kiểm nghiệm xu thế phi tham số Seasonal Mann - Kendall (SMK) để đánh giá xu thế biến đổi của chất lượng nước hồ Hòa Bình dưới tác động của lắng đọng axit.

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu

Theo quy định của Mạng lưới EANET, mẫu nước hồ Hòa Bình được quan trắc tại 1 điểm cố định (cửa đập) với tần suất theo quý (3 tháng/lần) vào các tháng 3, 6, 9, 12 đại diện cho 4 mùa (xuân, hạ, thu, đông). Mẫu nước hồ được lấy, bảo quản và gửi về phòng thí nghiệm của Trung tâm Nghiên cứu Môi trường - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (nay là Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển) để phân tích theo quy định của Mạng lưới EANET. Các thông số chất lượng nước hồ được phân tích bao gồm: Nhiệt độ, pH, EC, độ kiềm,

$\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ... [1].

Số liệu lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình được tính toán từ kết quả phân tích thành phần hóa học của nước mưa và lượng mưa quan trắc tại trạm theo hướng dẫn kỹ thuật của Mạng lưới EANET [12]. Mẫu nước mưa được quan trắc tại trạm Hòa Bình với tần suất lấy mẫu tuần. Mẫu nước mưa được thu thập, bảo quản và gửi về phòng thí nghiệm của Trung tâm Nghiên cứu Môi trường - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển để phân tích theo quy định của Mạng lưới EANET. Các thông số quan trắc lắng đọng ướt bao gồm các yếu tố khí tượng (nhiệt độ, lượng mưa, gió, độ ẩm, bức xạ) và phân tích thành phần hóa học của nước mưa (pH, EC,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) [12].

### 2.2. Phương pháp đánh giá xu thế và tương quan giữa thành phần hóa học của nước hồ và lắng đọng axit

Phương pháp Kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann- Kendall (SMK) được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu lĩnh vực môi trường và khí tượng thủy văn [13], [14], [15], [17]. SMK xác định xu thế của một chuỗi số liệu có sự biến thiên theo mùa. Phương pháp này so sánh độ lớn tương đối của các phần tử của chuỗi chứ không xét chính giá trị của các phần tử. Điều này giúp tránh được xu thế giả tạo do một vài giá trị cực trị cục bộ gây ra nếu sử dụng phương pháp tính toán xu thế tuyến tính bằng bình phương tối thiểu thông thường. Một ưu điểm nữa của phương pháp này là không cần quan tâm việc tập mẫu tuân theo luật phân bố nào [16], [17].

Chất lượng nước hay thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình ngoài phụ thuộc vào các nguồn xả thải trực tiếp vào hồ thì nó còn phụ thuộc rất nhiều vào lượng mưa- dòng chảy (yếu tố mùa: Mùa mưa - mùa khô, dòng chảy lũ - dòng chảy kiệt) dẫn đến rửa trôi ô nhiễm từ bầu không khí và trên bề mặt đất vào hồ. Vì vậy, chất lượng nước hồ Hòa Bình bị ảnh hưởng bởi yếu tố mùa rõ rệt [4], [8], [10]. Trong nghiên cứu này phương pháp Seasonal Mann-Kendall được sử dụng để đánh giá xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình và xu thế lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình. Kết quả được thể hiện qua chỉ số Z (xu thế tăng/ giảm) và giá

trị p thể hiện mức ý nghĩa ( $p < 0,05$ ). Các đánh giá xu thế theo SMK cho các thông số được tính toán và xử lý thông qua phần mềm Matlab.

Đồng thời, nghiên cứu này sẽ phân tích tương quan giữa xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình và xu thế lắng đọng axit tại trạm Hòa Bình nhằm tìm hiểu về ảnh hưởng của lắng đọng axit đến chất lượng nước hồ. Hệ số tương quan Irl giữa 2 xu thế này được xác định bằng hàm Pearson. Hệ số Irl càng gần 1 thì tương quan càng mạnh, Irl càng gần 0 thì tương quan yếu. Tương quan mạnh thể hiện mức độ ảnh hưởng lớn và ngược lại, tương quan yếu thể hiện mức độ ảnh hưởng thấp giữa 2 xu thế.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình

Nước hồ Hòa Bình có đặc trưng là pH cao (trung bình là 7,59) và độ kiềm lớn (trung bình là 1,5 meq/l), ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{SO}_4^{2-}$  chiếm ưu thế. Trong thời gian quan trắc 25 năm (2000- 2024), thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình có sự thay đổi được thể hiện qua sự biến đổi nồng độ của các ion chính trong nước hồ theo thời gian (xem Hình 1).

- Giá trị pH dao động trong khoảng từ 6,31-8,49, nhìn chung thỏa mãn yêu cầu quy chuẩn QCVN 08:2023 cho các mục đích sử dụng (mức A, B, C, D) [18], ngoại trừ một số thời điểm trước năm 2005 xuất hiện  $\text{pH} < 6,5$  không đạt quy chuẩn mức A (cấp cho sinh hoạt).

- Độ dẫn điện (EC) biến động lớn theo mùa và quy trình vận hành hồ, dao động trong khoảng từ 14-22 mS/m.

- Độ kiềm biến động lớn theo mùa và quy trình vận hành hồ, dao động trong khoảng từ 1,04-1,90 meq/L.

- Nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  có sự dao động lớn do yếu tố mùa trong khoảng từ 1,0-11,45 mg/L. Có thể nhận thấy, trong 25 năm qua nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  có 3 giai đoạn thay đổi rõ rệt: Giai đoạn 2000-2007, nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  tăng nhanh từ khoảng 4 mg/L đến 8 mg/L. Giai đoạn 2008-2019, nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  giảm đáng kể từ khoảng 8 mg/L xuống 4 mg/L. Giai đoạn 2020-2024, nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  duy trì ổn định ở mức khoảng 4 mg/L.

- Nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  có sự dao động lớn do yếu tố mùa trong khoảng từ 0,13-3,91 mg/L. Tuy

nhiên, có thể nhận thấy xu thế gia tăng nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  rất rõ ràng trong khoảng thời gian năm 2000-2024.

- Nồng độ ion  $\text{Cl}^-$  có sự dao động lớn trong khoảng từ 0,4-8,8 mg/L, tuy nhiên yếu tố mùa và xu thế không rõ.

- Nồng độ ion  $\text{NH}_4^+$  có sự dao động lớn trong khoảng từ  $< 0,01$ -0,56 mg/L, tuy nhiên yếu tố mùa và xu thế không rõ.

- Nồng độ ion  $\text{Na}^+$  có sự dao động lớn trong khoảng từ 0,81-7,90 mg/L.

- Nồng độ ion  $\text{K}^+$  có sự dao động lớn trong khoảng từ 0,42-3,90 mg/L.

- Nồng độ ion  $\text{Ca}^{2+}$  dao động trong khoảng từ 13,33-29,17 mg/L.

- Nồng độ ion  $\text{Mg}^{2+}$  dao động trong khoảng từ 2,06-8,92 mg/L. Tuy nhiên, có thể nhận thấy xu thế giảm nồng độ ion  $\text{Mg}^{2+}$  rất rõ ràng trong giai đoạn 2000-2024.

#### 3.2. Xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình

Như vậy, có thể nhận thấy rằng trong 25 năm qua nước hồ Hòa Bình có sự thay đổi rõ ràng (hồi quy tuyến tính) đối với một số thông số như  $\text{NO}_3^-$  tăng và  $\text{Mg}^{2+}$  giảm, trong khi đó các thông số khác xu thế không rõ ràng. Vì vậy, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp kiểm nghiệm SMK để đánh giá xu thế thay đổi nồng độ các ion chính của nước hồ Hòa Bình. Kết quả xác định xu thế thay đổi nồng độ của các ion chính ( $\text{pH}/\text{H}^+$ , EC, độ kiềm,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) được trình bày trong Bảng 1.

- Các thông số có xu thế giảm: Độ kiềm, EC,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  có xu thế giảm với mức ý nghĩa thỏa mãn ( $p < 0,05$ ).

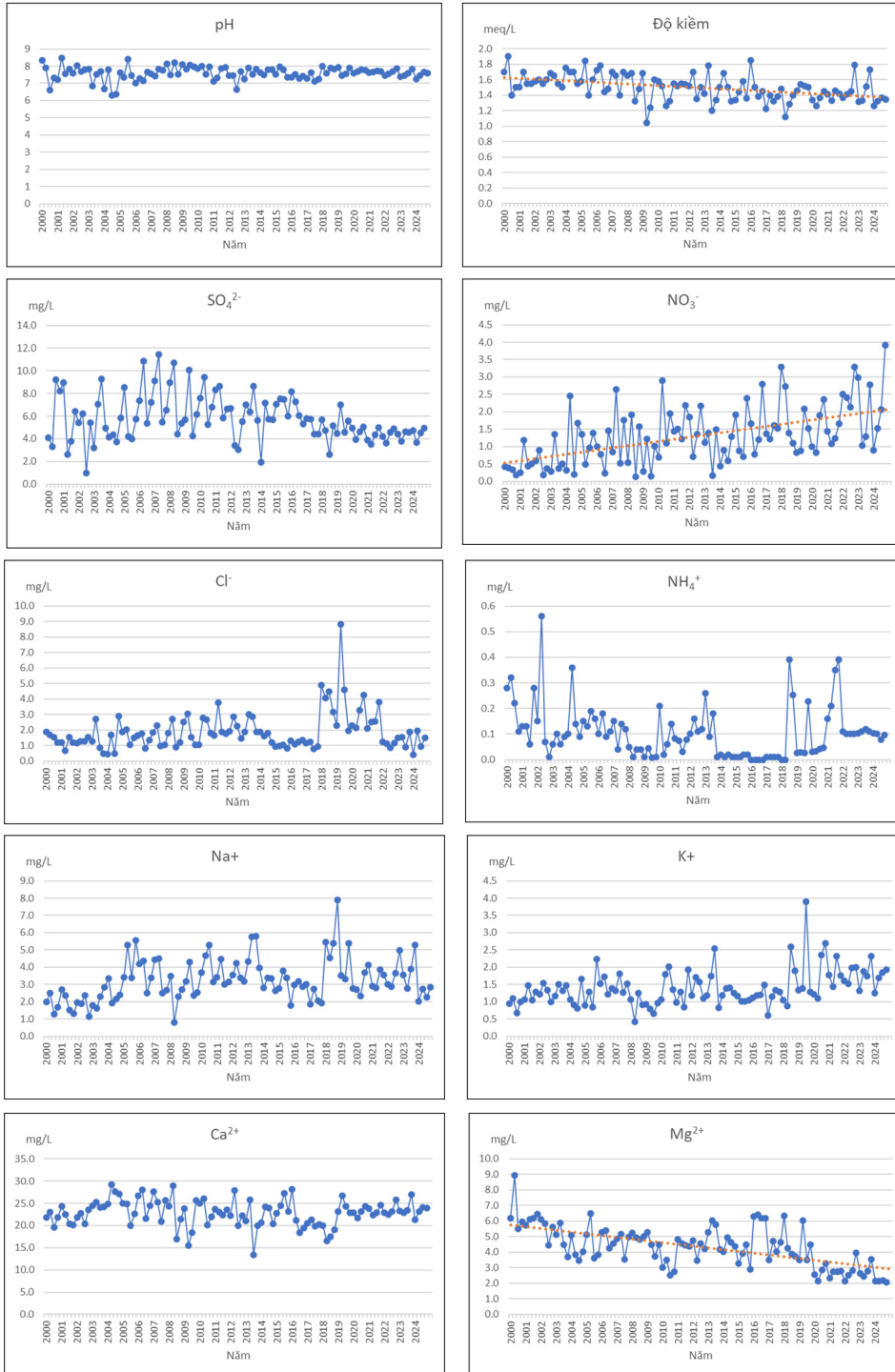
- Các thông số có xu thế tăng: các ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  có xu thế tăng với mức ý nghĩa thỏa mãn ( $p < 0,05$ ).

- Các thông số không có xu thế rõ ràng:  $\text{pH}/\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  có xu thế giảm và  $\text{Cl}^-$  có xu thế tăng nhưng không thỏa mãn mức ý nghĩa ( $p < 0,05$ ).

Từ kết quả đo pH và đánh giá xu thế thay đổi  $\text{pH}/\text{H}^+$  nước hồ Hòa Bình trong 25 năm (2000-2024), có thể thấy rằng nước hồ Hòa Bình không bị axit hóa mặc dù tần suất mưa axit xảy ra ở khu vực này là 25% và mức độ lắng đọng axit khá cao 25-30 kg/ha/năm [4], [10]. Điều này có

thể giải thích là do nước hồ Hòa Bình có độ kiềm rất lớn (trung bình khoảng 1,5 meq/l) đã trung hòa lượng axit lãg đợng vào hồ. Bên cạnh đó, kết quả cũng chỉ ra xu thế giảm của nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và xu thế tăng của nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  trong

nước hồ Hòa Bình. Điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả của các nghiên cứu trước đây tại Việt Nam và khu vực Đông Nam Á về xu thế lãg đợng axit gốc  $\text{SO}_4^{2-}$  giảm nhưng axit gốc  $\text{NO}_3^-$  tăng [4], [10], [14], [19], [20].



Hình 1. Diễn biến thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình, giai đoạn 2000-2024

Bảng 1. Xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình, giai đoạn 2000-2024

Thông số	Số mẫu	Z	p	Xu thế có ý nghĩa
pH	100	-0,17872	0,858156	Không
H <sup>+</sup>	100	0,178722	0,858156	Không
EC	100	-2,28448	<b>0,022343</b>	Giảm
Độ kiềm	100	-4,98161	<b>6,31E-07</b>	Giảm
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100	-2,87398	<b>0,004053</b>	Giảm
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100	5,599265	<b>2,15E-08</b>	Tăng
Cl <sup>-</sup>	100	1,694794	0,090115	Không
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100	-2,12425	<b>0,033649</b>	Giảm
Na <sup>+</sup>	100	3,180812	<b>0,001469</b>	Tăng
K <sup>+</sup>	100	3,979488	<b>6,91E-05</b>	Tăng
Ca <sup>2+</sup>	100	-0,54502	0,585738	Không
Mg <sup>2+</sup>	100	-6,78191	<b>1,19E-11</b>	Giảm

Ghi chú: chỉ số Z dương/âm thể hiện xu thế tăng/giảm, các ô bôi màu thỏa mãn mức ý nghĩa  $p < 0,05$

### 3.3. Xu thế lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình

Diễn biến lắng đọng axit (ướt) được thể hiện qua sự thay đổi mức độ lắng đọng của các ion chính trong nước mưa tại trạm Hòa Bình (Hình 2). Kết quả xác định xu thế lắng đọng axit (ướt) cho các ion chính trong nước mưa (H<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) bằng phương pháp SMK được trình bày trong Bảng 2.

- Không có thông số nào có xu thế giảm thỏa mãn mức ý nghĩa ( $p < 0,05$ ).

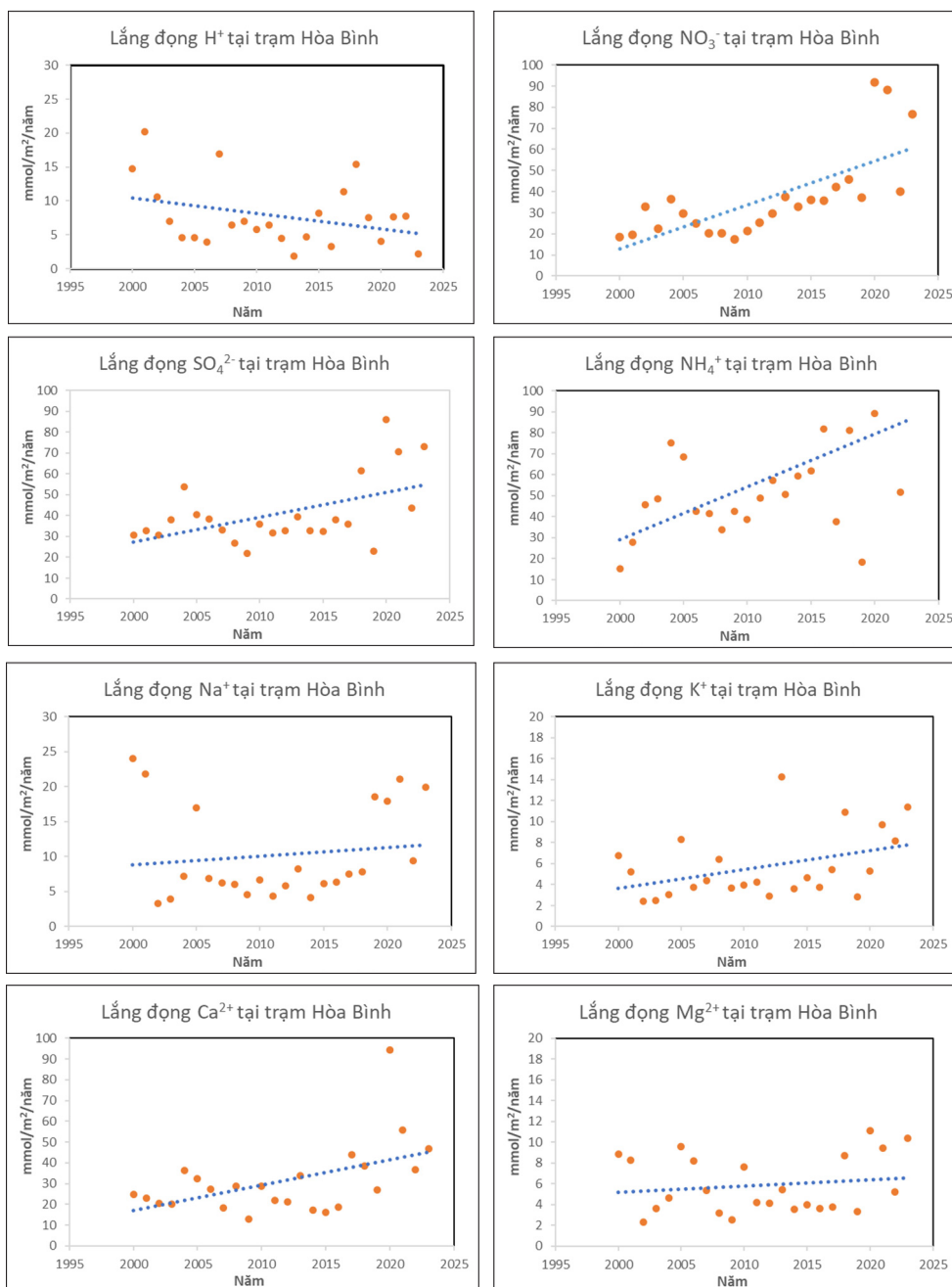
- Các thông số có xu thế tăng: Các ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup> có xu thế tăng với mức ý nghĩa thỏa mãn ( $p < 0,05$ ).

- Các thông số không có xu thế rõ ràng: Các ion H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup> có xu thế giảm và SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup> có xu thế tăng nhưng không thỏa mãn mức ý nghĩa ( $p < 0,05$ ).

Bảng 2. Xu thế lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình, giai đoạn 2000-2024

Thông số	n	Z	p	Xu thế có ý nghĩa
H <sup>+</sup>	265	-1,268998713	0,204441523	Không
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	285	0,737114038	0,461053003	Không
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	285	0,693754389	0,487836251	Không
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	285	7,183248567	<b>6,80789E-13</b>	Tăng
Cl <sup>-</sup>	285	-0,563675441	0,572975034	Không
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	285	2,601578958	<b>0,00927957</b>	Tăng
Na <sup>+</sup>	284	2,669635514	<b>0,007593363</b>	Tăng
K <sup>+</sup>	281	1,950815985	0,05107894	Không
Ca <sup>2+</sup>	285	2,587125741	<b>0,009678027</b>	Tăng
nss-Ca <sup>2+</sup>	285	2,630485391	<b>0,008526303</b>	Tăng
Mg <sup>2+</sup>	283	-0,262173766	0,793187478	Không

Ghi chú: chỉ số Z dương/âm thể hiện xu thế tăng/giảm, các ô bôi màu thỏa mãn mức ý nghĩa  $p < 0,05$



Hình 2. Diễn biến thay đổi lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình, giai đoạn 2000-2024

### 3.4. Tương quan giữa xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình và xu thế lắng đọng axit

Kết quả đánh giá tương quan giữa xu thế lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình và xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình được trình bày trong Bảng 3 và Hình 3.

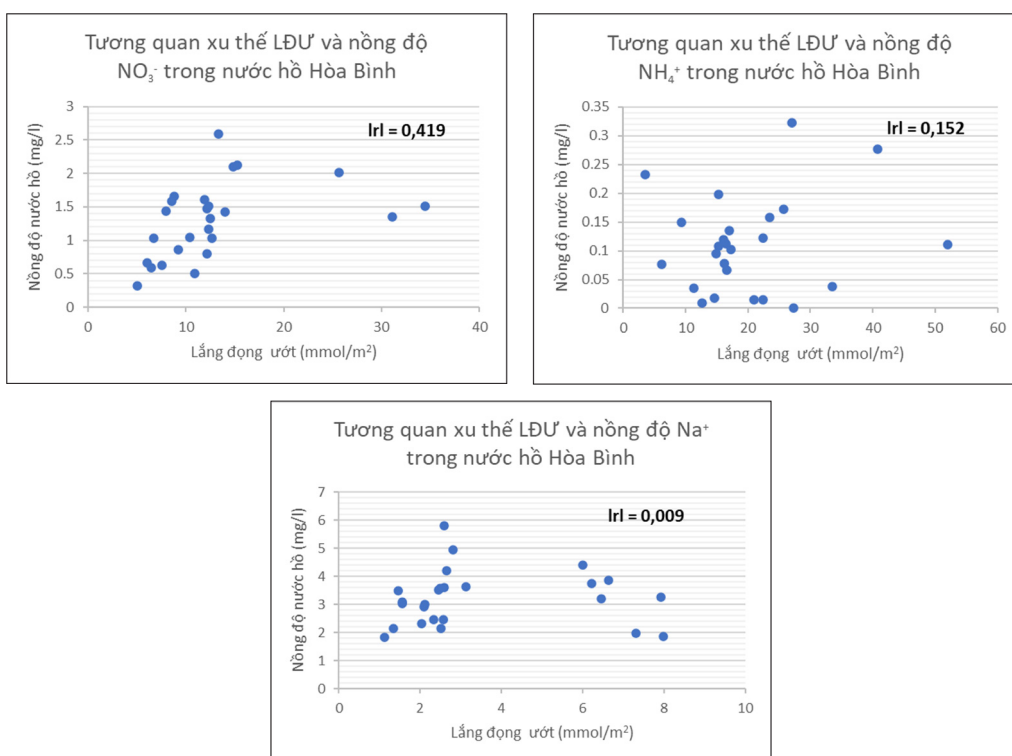
Kết quả phân tích tương quan giữa xu thế

thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình và xu thế lắng đọng axit tại trạm Hòa Bình chỉ ra rằng một số ion như  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$  có cùng xu thế tăng - tương quan thuận, riêng ion  $\text{NH}_4^+$  có xu thế ngược nhau - tương quan nghịch, tuy nhiên hệ số tương quan thấp  $|r| < 0,009 - 0,419$  (Hình 3) và nhiều thông số không có tương quan với nhau gồm  $\text{H}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (Bảng 3).

Bảng 3. Tương quan giữa xu thế lắng đọng axit (ướt) tại trạm Hòa Bình và xu thế thay đổi thành phần hóa học của nước hồ Hòa Bình, giai đoạn 2000-2024

Thông số	Xu thế nước hồ Hòa Bình	Xu thế lắng đọng ướt	Tương quan
H <sup>+</sup>	0	-	Không
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	0	Không
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	+	+	<b>Thuận</b>
Cl <sup>-</sup>	0	0	Không
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	+	<b>Nghịch</b>
Na <sup>+</sup>	+	+	<b>Thuận</b>
K <sup>+</sup>	+	0	Không
Ca <sup>2+</sup>	0	+	Không
Mg <sup>2+</sup>	-	0	Không

Ghi chú: Kí hiệu +/- thể hiện xu thế tăng/giảm, kí hiệu 0 thể hiện xu thế không rõ ràng ( $p > 0,05$ )



Hình 3. Hệ số tương quan xu thế lắng đọng ướt và nồng độ trong nước hồ Hòa Bình

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann - Kendall đã sử dụng để đánh giá xu thế thay đổi thành phần hóa học (các ion chính) của nước hồ Hòa Bình trong giai đoạn 2000-2024 dưới tác động của lắng đọng axit. Với chuỗi số liệu 25 năm quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình và nước

mưa (lắng đọng ướt) tại trạm Hòa Bình, kết quả đánh giá cho thấy nước hồ Hòa Bình không bị axit hóa, các thông số pH/H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> và Ca<sup>2+</sup> không có xu thế thay đổi rõ ràng, tuy nhiên độ kiềm, EC, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> có xu thế giảm, trong khi đó Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> lại có xu hướng tăng.

Có thể thấy rằng, mặc dù lắng đọng axit có xu thế tăng nhưng thành phần hóa học của nước

hồ Hòa Bình chỉ có xu thế tăng đối với một vài thông số ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ), trong khi các thông số ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) lại có xu thế giảm. Giữa xu thế lắng đọng ướt và xu thế chất lượng nước hồ xác định được mối tương quan đối với một số thông số ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) nhưng hệ số tương quan thấp. Như vậy, có thể kết luận rằng lắng đọng axit chỉ tác động một phần nhỏ đến sự thay đổi chất lượng nước hồ Hòa Bình do đặc thù các nguồn thải xả vào hồ rất đa dạng như công nghiệp, nông nghiệp, giao thông, dân sinh... Bên cạnh đó, nước hồ Hòa Bình vốn có độ kiềm rất cao (1,5 meq/l) có nghĩa là độ đệm lớn, khả năng trung hòa axit lắng đọng vào hồ rất lớn. Vì vậy,

nước hồ Hòa Bình duy trì pH ổn định ở mức trung bình là 7,5 - không bị axit hóa. Một yếu tố nữa cần xem xét đó là chất lượng nước hồ đầu vào có thể có sự thay đổi từ khi hồ thủy điện Sơn La (hồ thủy điện bậc trên của hồ Hòa Bình) đi vào hoạt động từ năm 2012. Như vậy, hồ Hòa Bình hiện nay không còn phù hợp để giám sát ảnh hưởng của lắng đọng axit đến môi trường nước mặt do độ nhạy thấp với axit và nhiều yếu tố gây nhiễu (các nguồn thải gia tăng) và những thay đổi về chất lượng nước từ thượng nguồn. Cần nghiên cứu đề xuất hồ khác phù hợp tiêu chí [1] để giám sát ảnh hưởng của lắng đọng axit đến môi trường nước mặt tại Việt Nam.

**Đóng góp của từng tác giả trong bài báo:** Xây dựng ý tưởng: Doãn Hà Phong, Ngô Thị Vân Anh; Xử lý số liệu: Vũ Xuân Hùng, Nguyễn Thị Kim Anh, Nguyễn Thị Hằng Nga, Lê Văn Linh.

**Lời cảm ơn:** Kết quả nghiên cứu này là sản phẩm của nhiệm vụ Hoạt động giám sát lắng đọng axit của Bộ Tài nguyên và Môi trường (trước đây) nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường giao cho Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] EANET, Technical Manual for Inland Aquatic Environment Monitoring in East Asia. Network, Center for EANET - Asia Center for Air Pollution Research, 2010.
- [2] T.I. Moiseenko, "Acidification and related behavior of chemical elements in water," *Geochemistry International*, 43(10), 1028-1035, 2005.
- [3] T.I. Moiseenko, "Effects of acidification on aquatic ecosystems," *Russ J Ecol*, tập 36, 93-102, 2005, doi: 10.1007/s11184-005-0017-y.
- [4] EANET, *Fourth periodic Report on the state of Acid deposition in East Asia (Part I and Part II)*, ISSN 2432-8308, 2021.
- [5] L. Duan, et al., "Acid deposition in Asia: emissions, deposition, and ecosystem effects," *Atmos. Environ.*, 146, 55-69, 2016, doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.07.018.
- [6] EANET, "Site Information," Available: <https://www.eanet.asia/about/site-information/>. Accessed: 05/12/2026.
- [7] Nguyễn Thị Hồng Chiên, "Đánh giá hiện trạng chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình và những giải pháp bảo vệ chất lượng nước," trong *Báo cáo Hội nghị Khoa học Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường*, 2011.
- [8] Lê Ngọc Cầu và cộng sự, "Đánh giá chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình giai đoạn 2011-2020 và đề xuất một số giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ," *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 735, 38-50, 2022, doi: 10.36335/VNJHM.2022(735).38-50.
- [9] Hán Thị Ngân và cộng sự, "Đánh giá diễn biến theo mùa của lắng đọng axit (lắng đọng ướt) tại Việt Nam trong giai đoạn hiện nay," *Tạp chí Môi trường*, số 4, 2019.
- [10] Ngô Thị Vân Anh, "Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và lập bản đồ lắng đọng axit tại Việt Nam," Báo cáo Đề tài KHCN cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2018.
- [11] Nguyễn Thị Kim Anh và cộng sự, "Nghiên cứu đánh giá xu thế lắng đọng ướt tại các trạm thuộc

- mạng lưới EANET của Việt Nam giai đoạn 2000- 2018,” *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, số 12, 2019.
- [12] EANET, Technical Manual for Wet deposition Monitoring in East Asia. Network, Center for EANET - Asia Center for Air Pollution Research, 2010.
- [13] Hán Thị Ngân và cộng sự, “Đánh giá xu thế các thành phần hóa học trong nước mưa tại Việt Nam bằng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall,” *Tạp chí Môi trường*, số 3, 2019.
- [14] Ngô Thị Vân Anh và cộng sự, “Nghiên cứu xác định xu thế lắng đọng axit tại các trạm thuộc mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET),” *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, số 1, 2017.
- [15] Phan Văn Tân, *Các phương pháp thống kê trong khí hậu*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2005, 124-128.
- [16] R.M. Hirsch and J.R. Slack, “A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence,” *Water Resources Research*, tập 20, số 6, 727-732, 1984.
- [17] R.M. Hirsch, J.R. Slack, and R.A. Smith, “Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data,” *Water Resources Research*, tập 18, số 1, 107-121, 1982.
- [18] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Quy chuẩn quy định giá trị giới hạn các thông số chất lượng nước mặt QCVN08:2023/BTNMT*, 2023.
- [19] S. Yamaga, et al., “Trends of sulfur and nitrogen deposition from 2003 to 2017 in Japanese remote areas,” *Environmental Pollution*, tập 289, Article 117842, 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.117842
- [20] Yang Gao, et al., “Human activities aggravate nitrogen-deposition pollution to inland water over China,” *National Science Review*, tập 7, số 2, 430-440, 2020, doi: 10.1093/nsr/nwz073.

## ASSESSING THE WATER CHEMISTRY TREND OF HOA BINH RESERVOIR UNDER THE IMPACT OF ACID DEPOSITION IN PERIOD 2000-2024

Doan Ha Phong<sup>(1)</sup>, Ngo Thi Van Anh<sup>(1)</sup>, Vu Xuan Hung<sup>(1)</sup>,  
Nguyen Thi Kim Anh<sup>(1)</sup>, Nguyen Thi Hang Nga<sup>(1)</sup>, Le Van Linh<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>The Viet Nam Institute of Meteorology Hydrology, Environment and Marine Sciences

<sup>(2)</sup>The Water resources Institute

Received: 5/11/2025; Accepted: 21/11/2025

**Abstract:** This study aims to assess acidification trends and water chemistry dynamics of the Hoa Binh Reservoir under the influence of acid deposition. Based on a 25-year (2000-2024) water quality monitoring dataset from the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET), trends in acidification and key hydrochemical parameters (pH,  $H^+$ , EC, alkalinity,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , and  $Mg^{2+}$ ) were analyzed using the non-parametric Seasonal Mann-Kendall test. The results indicate no significant trends in pH,  $H^+$ ,  $Cl^-$ , and  $Ca^{2+}$ ; decreasing trends in alkalinity, EC,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ , and  $SO_4^{2-}$ ; and increasing trends in  $Na^+$ ,  $K^+$ , and  $NO_3^-$ . Correlation analysis between water chemistry and wet deposition at the Hoa Binh monitoring station indicates that no acidification has occurred. Although  $NO_3^-$  concentrations have increased in association with acid deposition, the high alkalinity of the reservoir effectively neutralizes acidic inputs.

**Keywords:** Hoa Binh Reservoir, water chemistry, acid deposition, trend, Seasonal Mann-Kendall.