TẠP CHÍ KHOA HỌC
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP HỒ CHÍ MINH
Tập 23, Số 5 (2026): 1053-1063
Website: https://journal.hcmue.edu.vn
ISSN: 2734-9918

HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF EDUCATION
JOURNAL OF SCIENCE
Vol. 23, No. 5 (2026): 1053-1063
https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.5.5619(2026)

Bài báo nghiên cứu

PHÂN TÍCH MỐI QUAN HỆ GIỮA LƯỢNG MƯA VÀ MỰC NƯỚC TRÊN MỘT SỐ LƯU VỰC SÔNG TẠI NINH BÌNH

***Nguyễn Diệu Trinh*[1*], *Vũ Thị Thu Lan*[2], *Hoàng Thanh Sơn*[3], *Bùi Anh Tuấn*[3]**

[1]*Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam*

[2]*Hội Địa lý Việt Nam, Việt Nam*

[3]*Viện Các Khoa học Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam*

[*]*Tác giả liên hệ: Nguyễn Diệu Trinh – Email: nguyendieutrinh70@gmail.com*

Ngày nhận bài: 11-3-2026; Ngày nhận bài sửa: 10-4-2026; Ngày duyệt đăng: 07-5-2026

TÓM TẮT

Khu vực nghiên cứu thuộc tỉnh Ninh Bình, đây là vùng karst nhiệt đới ẩm điển hình Đông Nam Á, ở giai đoạn trưởng thành đến già, phát triển mạnh trên nền đá vôi có tuổi từ Devon đến Permi. Đặc điểm thủy văn là lưu vực sông tương đối nhỏ, chủ yếu thuộc hệ thống sông Đáy và sông Hoàng Long, các sông ngắn và chảy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam. Tại đây có hai mùa: mùa mưa và mùa ít mưa. Mưa rơi xuống thấm qua các khe nứt karst, làm giảm dòng chảy mặt, hình thành dòng ngầm, làm chế độ thủy văn trong khu vực không ổn định, mối quan hệ giữa mưa và dòng chảy mặt rất phức tạp. Sử dụng phương pháp phân tích tương quan với hệ số tương quan Pearson, nguồn dữ liệu quan trắc khí tượng thủy văn từ năm 2000-2024, cho thấy lượng mưa và mực nước sông tại khu vực nghiên cứu có mối quan hệ tuyến tính dương trong cả mùa mưa và mùa ít mưa. Mùa ít mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,039-0,30, thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa mưa và nước mặt nhưng rất yếu. Mùa mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,39-0,70, thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa mưa và nước mặt rõ rệt. Trong mùa mưa, mối tương quan giữa mưa và mực nước chặt chẽ hơn trong mùa ít mưa.

Từ khóa: karst; Ninh Bình; quan hệ mưa – mực nước; theo mùa; địa hình chuyển tiếp

1. Giới thiệu

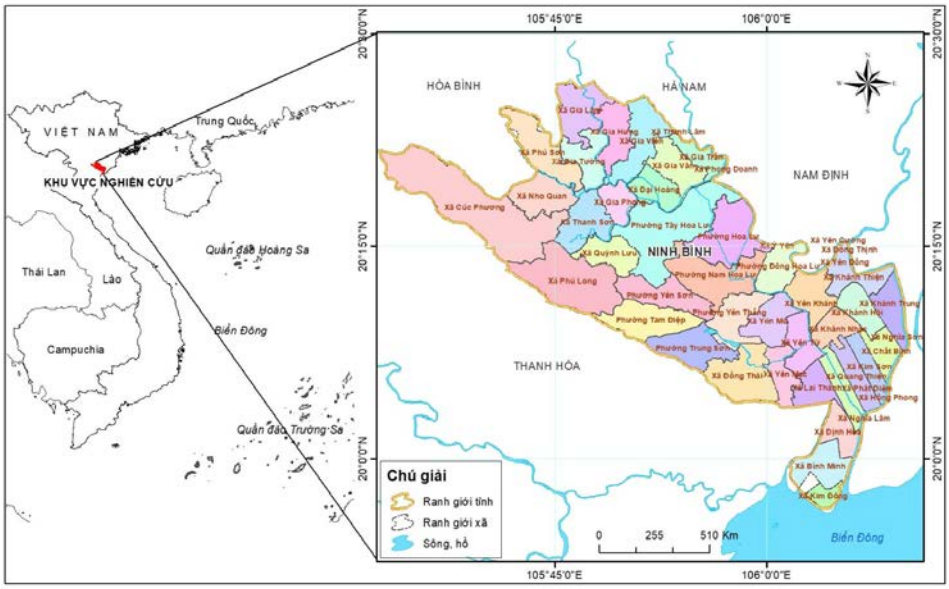
Trên thế giới và tại Việt Nam, đã có nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực thủy văn sử dụng các phương pháp thống kê và mô hình toán học để phân tích mối quan hệ giữa lượng mưa và mực nước sông hoặc mưa và dòng chảy (Hasson, 2017; Phan & Vu, 2016; Tran et al., 2012). Các phương pháp phổ biến bao gồm phân tích tương quan (Sahat et al., 2020), hồi quy tuyến tính, phân tích xu thế Mann–Kendall (Akwei et al., 2013), và các mô hình thủy văn như SWAT, HEC-HMS hoặc MIKE NAM (Hasson et al., 2017; Nhu et al., 2023). Kết quả của các nghiên cứu cho thấy lượng mưa có mối quan hệ tỉ lệ thuận với dòng chảy và

Cite this article as: Nguyen, D. T., Vu, T. T. L., Hoang, T. S., & Bui, A. T. (2026). The relationship between rainfall and water level in some river basins in Ninh Binh. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science, 23*(5), 1053-1063. https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.5.5619(2026)

mực nước sông, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng còn phụ thuộc vào đặc điểm lưu vực và hệ thống công trình điều tiết dòng chảy.

Tại khu vực nghiên cứu, đã có nghiên cứu về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến hạn hán (Phan & Vu, 2016) hay nghiên cứu về phân vùng tính toán cân bằng tài nguyên nước trên các lưu vực sông (Tong et al., 2023). Tuy nhiên vẫn còn thiếu vắng các nghiên cứu về mối tương quan giữa lượng mưa và mực nước hay dòng chảy theo mùa trên các lưu vực sông của Ninh Bình.

Khu vực nghiên cứu là tỉnh Ninh Bình trước 1/7/2025, nay là khu vực phía Tây và phía Nam của tỉnh Ninh Bình (được nêu trong Hình 1). Khu vực nghiên cứu có đặc điểm lưu vực sông tương đối nhỏ, chủ yếu thuộc hệ thống sông Đáy và sông Hoàng Long, các sông ngắn và chảy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam ra biển. Địa hình của tỉnh khá đa dạng, gồm vùng núi đá vôi, vùng đồng bằng và vùng ven biển, trong đó địa hình có xu hướng thấp dần từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Khu vực núi đá vôi có độ dốc lớn, còn vùng đồng bằng và ven biển tương đối bằng phẳng và thấp. Đây là vùng karst nhiệt đới ẩm điển hình Đông Nam Á, ở giai đoạn trưởng thành đến già, phát triển mạnh trên nền đá vôi có tuổi từ Devon đến Permi, phổ biến nhất là dạng karst tháp với các khối núi đá vôi độc lập, sườn dốc đứng, xen kẽ là các thung lũng trũng thấp. Thảm phủ thực vật của Ninh Bình khá phong phú, gồm rừng tự nhiên, rừng trồng và cây nông nghiệp. Đặc biệt là thảm thực vật tự nhiên tại Vườn quốc gia Cúc Phương, nơi có hệ sinh thái đa dạng với nhiều loài động thực vật quý hiếm. Ngoài ra, vùng ven biển còn có các loại cây ngập mặn và cói.



Hình 1. *Bản đồ hành chính khu vực nghiên cứu*

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu nước mưa, nước mặt

- Dữ liệu các yếu tố khí hậu được kế thừa từ nguồn Đài Khí tượng Thủy văn Ninh Bình (Ninh Binh Province Hydro-Meteorological Station, n.d.);

- Dữ liệu tính toán gồm lượng mưa ngày và tháng, mực nước sông ngày và tháng tại tỉnh Ninh Bình giai đoạn 2000-2024 của các điểm quan trắc: Bến Đế, Gián Khẩu, Hưng Thi, Như Tân và Ninh Bình từ Sở tài nguyên và Môi trường tỉnh Ninh Bình.

Tại đây còn các trạm quan trắc khác, nhưng để đồng bộ dữ liệu tính toán quan hệ giữa mưa và nước mặt, nên trong khuôn khổ bài báo, chỉ chọn một số điểm quan trắc khí tượng thủy văn trên khu vực nghiên cứu (được nêu trong Bảng 1).

- Niên giám Thống kê tỉnh Ninh Bình 2024.

Bảng 1. *Một số điểm quan trắc khí tượng thủy văn khu vực nghiên cứu*

TT	Trạm	Tọa độ		Vị trí
		X	Y	
1	Bến Đế	20°21'19″	105°48'03"	Xã Gia Hưng, Ninh Bình
2	Gián Khẩu	20°19'33"	105°55'58"	Xã Gia Trấn, Ninh Bình
3	Hưng Thi	20°31′00"	105°41′00"	Xã An Bình, Phú Thọ (giáp với Ninh Bình, thượng nguồn sông Hoàng Long)
4	Như Tân	20°01'58"	106°06'46"	Xã Định Hóa, Ninh Bình
5	Ninh Bình	20°15'52"	105°58'49"	Phường Hoa Lư, Ninh Bình

Nguồn: https://kttv.ninhbinh.gov.vn/, https://vi.climate-data.org/chau-a/viet-nam/ninh-binh-province-825/

Lí do lựa chọn các trạm Bến Đế, Gián Khẩu, Hưng Thi, Như Tân và Ninh Bình do các trạm này đại diện cho sự phân hóa không gian của toàn lưu vực sông Hoàng Long, sông Đáy, từ thượng lưu (Như Tân), đến trung lưu (Gián Khẩu) và hạ lưu (Hưng Thi, Ninh Bình, Bến Đế). Các trạm này phân bố trên những dạng địa hình khác nhau, phản ánh rõ đặc điểm chuyển tiếp của khu vực nghiên cứu, từ đồi núi thấp, bán sơn địa (Như Tân), địa hình chuyển tiếp từ bán sơn địa sang đồng bằng (Gián Khẩu), đồng bằng (Bến Đế), vùng trũng thấp (Hưng Thi, Ninh Bình). Chính điều đó đảm bảo tính liên tục và hợp lí của chuỗi quan trắc để phân tích chính xác mối quan hệ giữa mưa và dòng mặt trên toàn lưu vực.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thống kê

Phương pháp này sử dụng các công cụ và kỹ thuật toán học để xử lí, phân tích và diễn giải dữ liệu, nhằm rút ra kết luận hoặc hỗ trợ ra quyết định.

Các công thức toán học được sử dụng:

- Lượng mưa năm trung bình nhiều năm được tính theo công thức 1:

$$Ro = \frac{\sum_1^n Ri}{n} \quad (1)$$

trong đó:

Ro: Lượng mưa năm trung bình nhiều năm (mm)

Ri: Lượng mưa năm thứ i (mm)

n: Số năm quan trắc

- Mực nước sông trung bình nhiều năm được tính theo công thức 2:

$$Yo = \frac{\sum_1^n Yi}{n} \quad (2)$$

Trong đó:

Yo: mực nước sông trung bình nhiều năm (m)

Yi: mực nước sông năm thứ i (m)

n: Số năm quan trắc

2.2.2. Phương pháp phân tích tương quan

- Mối tương quan giữa lượng mưa và mực nước sông được tính theo công thức 3:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2}} \quad (3)$$

trong đó:

Xi: lượng mưa tại thời điểm i (mm)

Yi: mực nước sông tại thời điểm i (m)

$\overline{X}$, $\overline{Y}$: lượng mưa trung bình và mực nước trung bình

r: hệ số tương quan Pearson, giá trị từ -1 đến 1 (càng gần 1 giá trị tương quan dương càng mạnh)

2.2.3. Phương pháp bản đồ và GIS (Geographic Information Systems)

Sử dụng hệ thống công cụ tập hợp các quy trình trên máy tính với phần mềm ArcGIS phiên bản 10.8.2 thực hiện lập bản đồ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mưa

Khí hậu của khu vực nghiên cứu chia ra làm 2 mùa chính: mùa mưa và mùa ít mưa.

Mùa mưa gồm các tháng mưa liên tiếp có lượng mưa tháng vượt tổn thất do bốc hơi (thường lấy 100 mm/tháng) với tần suất vượt 50%: $P\{X_{tháng} \geq 100mm\} \geq 50\%$, mùa ít mưa là các tháng còn lại. Mùa mưa từ tháng 5 – 10, mùa ít mưa từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Lượng mưa năm trung bình nhiều năm trong khoảng 1640-1860 mm (được nêu trong Bảng 2). Lượng mưa tăng dần từ đồng bằng lên miền núi và phân bố không đều theo các tháng trong năm.

Trong mùa mưa, tháng có lượng mưa lớn nhất đối với các khu vực thấp (đồng bằng, ven sông) thường xuất hiện vào tháng 8 (chiếm 18% tổng lượng mưa năm), đối với vùng cao hơn xuất hiện vào tháng 9, chiếm tới 20% lượng mưa năm.

Mùa ít mưa, lượng mưa tháng nhỏ nhất vào tháng 2, có năm dưới 25 mm (được nêu trong Bảng 2).

Bảng 2. *Lượng mưa trung bình tháng và năm thời kì 2000-2024*

Đơn vị: mm

Trạm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Bến Đế	32,3	22,7	46,1	74,5	223,9	184,2	305,8	295,9	336,1	181,5	54,0	19,7	1776,8
Gián Khẩu	29,5	22,3	45,5	64,3	199,0	175,6	285,0	295,6	334,5	178,4	58,1	17,2	1704,9
Hưng Thi	31,7	24,6	41,7	75.2	230,3	220,3	336,8	352,5	341,3	186,8	39,2	18,9	1899,5
Như Tân	24,6	20,3	38,3	65,4	157,2	119,4	244,0	298,0	377,2	217,0	62,5	18,0	1642,0
Ninh Bình	36,6	26,2	48,3	69,7	183,6	152,2	280,0	309,0	351,6	198,8	61,1	21,0	1738,2

Nguồn: https://kttv.ninhbinh.gov.vn/

Lượng mưa năm trung bình nhiều năm phân bố không đều theo không gian và thời gian. Lượng mưa tăng dần từ đồng bằng lên miền núi (tại trạm Như Tân là 1642,0 mm, tại trạm Ninh Bình là 1738,2 mm).

Lượng mưa biến động nhẹ qua các năm, năm mưa nhiều nhất gấp năm mưa ít nhất khoảng 2 lần, hệ số biến đổi Cv dao động trong khoảng 0,16-0,23 (được nêu trong Bảng 3).

Bảng 3. *Đặc trưng lượng mưa mùa và năm giai đoạn 2000-2024*

TT	Trạm	Lượng mưa năm (mm)	Cv	Mùa mưa			Mùa ít mưa	
				$P_{mưa}$ (mm)	%	Thời gian xuất hiện (từ tháng – tháng)	$P_{khô}$(mm)	Thời gian xuất hiện (từ tháng – tháng)
1	Bến Đế	1776,8	0,17	1527,5	86	5-10	249,4	11-4
2	Gián Khẩu	1704,9	0,21	1468,1	86	5-10	236,9	11-4
3	Hưng Thi	1899,5	0,16	1668,1	88	5-10	231,4	11-4
4	Như Tân	1642,0	0,20	1412,9	86	5-10	229,1	11-4
5	Ninh Bình	1738,2	0,18	1475,2	85	5-10	263,0	11-4

Nguồn: (Nguyen et al., 2025)

Tuy lượng mưa năm trung bình nhiều năm của khu vực nghiên cứu không lớn, nhưng lại có sự phân hóa mạnh mẽ theo mùa. Mùa mưa chiếm 85 - 88% tổng lượng mưa năm. Mùa ít mưa chiếm 12-15% tổng lượng mưa năm.

3.2. Nước sông

3.2.1. Đặc điểm mạng lưới thủy văn

Khu vực nghiên cứu có mạng lưới sông ngòi dày đặc với tổng chiều dài là 811,2 km, phân bố tương đối đều, với mật độ sông suối khoảng 0,6-0,9 km/km^2 (Department of Natural Resources and Environment of Ninh Binh Province, 2021). Các sông lớn và vừa như: sông Đáy, sông Hoàng Long, sông Bôi và một số sông nhỏ khác như: sông Lạng, sông Vạc, sông Ân. Tổng lưu lượng dòng chảy trên các mặt sông, suối là 185,22 m^3/s. Mực nước trung bình năm tại các trạm quan trắc biến đổi từ 0,26-7,49 m (thể hiện trong Bảng 4). Ngoài hệ thống sông, suối, khu vực nghiên cứu còn có các hồ như: Thường Xung, Yên Quang, Đồng Chương, Đá Lải, Đập Trời, Yên Đồng, Yên Thắng. Tổng thể tích các hồ chứa nước trong khu vực nghiên cứu khoảng 30 triệu m^3 nước (Ninh Binh Provincial Statistics Office, 2025).

Bảng 4. *Mực nước trung bình năm thời kì 2000-2024 tại các trạm (m)*

Năm	Bến Đế	Gián Khẩu	Hưng Thi	Như Tân	Ninh Bình
2000	1,24	0,85	7,37	0,35	0,78
2001	1,10	1,06	7,44	0,41	0,92
2002	0,95	0,86	7,23	0,37	0,81
2003	0,91	0,84	7,19	0,37	0,78
2004	0,77	0,71	7,14	0,29	0,66
2005	0,88	0,78	7,30	0,30	0,71
2006	0,77	0,67	7,16	0,30	0,62

2007	0,78	0,67	7,17	0,29	0,62
2008	0,98	0,86	7,41	0,39	0,79
2009	0,75	0,63	7,49	0,38	0,58
2010	0,62	0,52	7,35	0,36	0,47
2011	0,68	0,54	7,37	0,36	0,48
2012	0,76	0,64	7,34	0,39	0,58
2013	0,75	0,64	7,32	0,35	0,57
2014	0,66	0,54	7,36	0,34	0,49
2015	0,55	0,47	7,16	0,29	0,43
2016	0,63	0,57	7,17	0,32	0,52
2017	0,83	0,79	7,26	0,42	0,72
2018	0,81	0,75	7,34	0,38	0,68
2019	0,60	0,58	7,20	0,35	0,52
2020	0,65	0,62	7,23	0,38	0,56
2021	0,63	0,65	7,27	0,36	0,56
2022	0,83	0,83	7,28	0,35	0,73
2023	0,60	0,58	7,16	0,36	0,53
2024	0,76	0,69	7,35	0,36	0,63

Nguồn: https://kttv.ninhbinh.gov.vn/

a. Sông Đáy

Sông Đáy có chiều dài dòng chính 240 km, tổng chiều dài sông chảy qua khu vực nghiên cứu là 76 km. Sông Đáy có các phụ lưu cấp 1: sông Hoàng Long, sông Vân, sông Vạc; có các phụ lưu cấp 2: sông Chanh, sông Sào Khê, sông Bôi, sông Hệ Dưỡng, sông Bến Đang, sông Ngô Đồng, sông Mới, sông Bút, sông An Giang.

b. Sông Hoàng Long

Sông Hoàng Long nhận nước của các chi lưu như: sông Bôi, sông Lạng, sông Rịa, chảy qua phía Tây Bắc vùng rồi đổ vào sông Đáy tại ngã ba Gián Khẩu. Chiều dài sông chảy qua khu vực nghiên cứu là 27 km. Sông có lưu lượng dòng chảy lớn nhất vào tháng 9 và tháng 10 hàng năm với khoảng 405 m^3/s, nhỏ nhất vào tháng 3 và tháng 4 vào khoảng 50-60 m^3/s; lưu lượng trung bình vào khoảng 150 m^3/s.

c. Sông Vạc

Sông Vạc là sông nằm trung tâm của khu vực nghiên cứu chảy theo hướng Đông Đông Nam rồi đổ vào sông Đáy. Sông chịu ảnh hưởng của thủy triều từ cửa biển vào sông. Sông Vạc gồm có các nhánh sông con đổ vào như: sông Vân, sông Luồn và sông Chanh, sông Hệ, Cầu Mới, sông Con, sông Đền Vôi, sông Bến Đang.

d. Sông Càn

Sông có chiều dài khoảng 60 km, trong đó có 25 km chảy qua địa phận các xã Chất Bình, Kim Sơn, Quang Thiện, Phát Diệm. Sông Càn cũng là ranh giới tỉnh cho cả hai tỉnh Thanh Hóa và Ninh Bình. Lưu vực sông chủ yếu nằm trong địa phận tỉnh Thanh Hóa, chỉ có một phần tại Ninh Bình gồm xã Kim Sơn, xã Yên Mô và thành phố Tam Điệp. Mùa ít mưa, sông nhận được nước ngầm trong các tầng chứa nước karst rất phổ biến tại đây cung cấp.

3.2.2. Chế độ thủy văn

Dòng chảy năm không biến đổi nhiều lắm, năm nhiều nước nhất so với năm ít nước

nhất khoảng 1,6-2,0 lần. Hệ số biến đổi Cv của dòng chảy năm tăng khi diện tích lưu vực giảm và khi lượng nước trung bình năm trên lưu vực giảm, vì vậy đối với sông Đáy, hệ số Cv đạt 0,23, đối với sông Hoàng Long đạt khoảng 0,29.

Hàng năm trên các sông xuất hiện mùa lũ (từ tháng 6-10) và mùa kiệt (11 đến tháng 5 năm sau). Do mức độ tập trung mưa lớn, nên dòng chảy lũ ở khu vực này khá lớn. Nước phân bố giữa các tháng rất không đồng đều. Hiện nay trên các nhánh suối đã có nhiều hồ chứa nhỏ và các tuyến đê ngăn lũ góp phần làm điều hoà dòng chảy.

a) Dòng chảy mùa lũ

Trên sông lớn, mùa lũ kéo dài từ tháng 6-10 nhưng có dòng chảy chiếm khoảng 88% lượng dòng chảy năm, riêng tháng 9 chiếm trên 20%.

Những năm xuất hiện các trận lũ lớn như tháng 9/2000, tháng 10/2007, tháng 10/2017 và tháng 9/2024, mực nước cao nhất trong các trận lũ lớn được ghi nhận tại các trạm vùng nghiên cứu (được nêu trong Bảng 5).

Lũ lớn nhất trên sông Bôi – Hoàng Long đo được tại trạm Bến Đế là vào tháng 10/2017. Năm 2024, lũ lớn ở sông Đáy, nhiều trạm như Ninh Bình, Như Tân, mực nước vượt đỉnh lũ năm 2017.

Bảng 5. *Mực nước cao nhất trong các trận lũ lớn tại các trạm (m)*

TT	Trạm đo	Tháng 9/2000	Tháng 10/2007	Tháng 10/2017	Tháng 9/2024
1	Hưng Thi	17,52	18,49	16,15	14,5
2	Bến Đế	4,73	5,17	5,53	4,93
3	Gián Khẩu	4,10	4,90	4,5	4,53
4	Ninh Bình	3,60	4,10	3,94	4,21
5	Như Tân	3,82	4,35	3,63	3,7

Nguồn: https://kttv.ninhbinh.gov.vn/

b) Dòng chảy mùa kiệt

Khu vực phía Tây và Tây Bắc khu vực nghiên cứu là khu vực núi đá vôi, khả năng trữ nước rất lớn trong mùa lũ. Việc đánh giá dòng chảy kiệt trong vùng có nhiều hang động như vùng này là rất khó khăn. Số liệu phân tích một số trạm quan trắc vào những năm hạn kiệt như năm 2005, 2007, 2010 và 2015, cho thấy bình quân tháng kiệt khoảng 4-5l/s.km^2, ở nơi có nhiều hang động dòng chảy kiệt cao hơn.

Số liệu thống kê cho thấy mùa kiệt năm 2015 trong vùng là năm có mực nước hạ xuống thấp nhất tại trạm Bến Đế, Gián Khẩu trong giai đoạn 2000-2024 (được nêu trong Bảng 6).

Bảng 6. *Đặc trưng mực nước thấp nhất năm tại các trạm (m)*

TT	Trạm đo	2005	2007	2010	2015
1	Hưng Thi	6,80	6,77	7,10	6,97
2	Bến Đế	0,18	0,23	0,17	0,26
3	Gián Khẩu	0,21	0,21	0,17	0,24
4	Ninh Bình	0,18	0,18	0,15	0,22
5	Như Tân	0,05	0,08	0,17	0,14

Nguồn: https://kttv.ninhbinh.gov.vn/

3.3. Phân tích mối quan hệ giữa mưa và mực nước sông

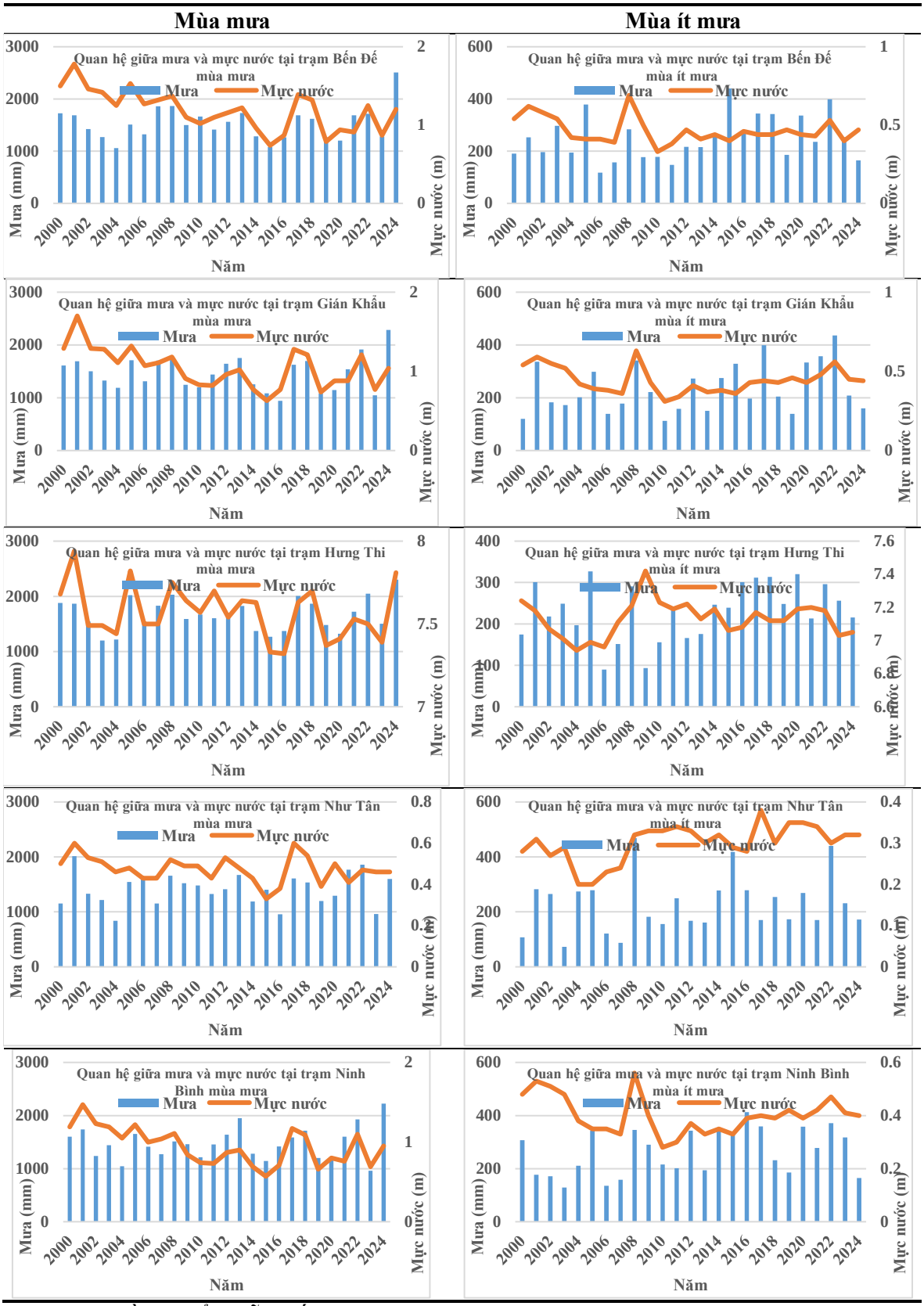
Do đây là khu vực karst điển hình, nước mưa rơi xuống thấm qua khe nứt đá vôi, làm giảm dòng chảy mặt và hình thành các hệ thống dòng ngầm. Chính điều này làm chế độ thủy văn trong khu vực không ổn định, mối quan hệ giữa mưa và dòng chảy mặt phức tạp.

Lượng mưa khu vực nghiên cứu có xu hướng chung tăng trong cả hai mùa, mùa mưa tăng nhiều hơn mùa ít mưa, nhưng biến đổi rất phức tạp, giá trị p-value của chuỗi quan trắc lượng mưa tháng, năm tại các trạm từ 0,28-0,66 (> 0,05). Lượng mưa tăng nhiều giảm ít xen kẽ nhau trong cả hai mùa. Đây chính là dấu hiệu cho thấy sự biến đổi khí hậu tác động rất rõ rệt đến điều kiện khí hậu của vùng nghiên cứu (Nguyen et al., 2025).

Mực nước trên sông cũng thay đổi theo lượng mưa và theo mùa. Hạ lưu sông Hoàng Long có các công trình điều tiết dòng chảy như: tràn Lạc Khoái, cống Mai Phương – Địch Lộng, đê sông Hoàng Long, Âu Chanh, phần trung lưu sông Đáy có Âu Kim Đài và hệ thống đê sông Đáy điều tiết dòng chảy, nên giá trị quan trắc mực nước tại trạm Bến Đế, Gián Khẩu và Ninh Bình có tính thống kê, giá trị p-value từ 0,0005-0,015 (<0,05). Còn mực nước quan trắc tại trạm Hưng Thi và Như Tân biến đổi vô cùng phức tạp (p-value từ 0,49-0,51), cho thấy có sự ảnh hưởng rõ rệt của biến đổi khí hậu đến chế độ thủy văn của khu vực nghiên cứu.

Tương quan giữa lượng mưa và mực nước sông tại các trạm trong vùng nghiên cứu có mối quan hệ tuyến tính dương trong cả mùa mưa và mùa ít mưa. Mùa ít mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,039-0,30, tuy là giá trị dương nhưng rất nhỏ, điều này thể hiện tương quan giữa mưa và nước mặt có quan hệ tuyến tính nhưng rất yếu. Mùa mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,39-0,70, thể hiện mối tương quan giữa mưa và nước mặt có quan hệ tuyến tính mạnh. Riêng tại trạm Như Tân, hệ số tương quan giữa mưa và mực nước trong mùa ít mưa có giá trị - 0,006, cho thấy mực nước tại trạm không phụ thuộc trực tiếp vào lượng mưa tại khu vực, mà chịu ảnh hưởng mạnh của các yếu tố khác như thủy triều, dòng chảy thượng lưu sông Đáy và sự điều tiết của hệ thống công trình thủy lợi và tiêu úng dày đặc ở hạ lưu sông Đáy: hệ thống sông tiêu (sông Hoàng Long, Vạc), hệ thống đê sông Đáy – Hoàng Long và các trạm bơm tiêu úng như Yên Thắng, Khánh Trung.

Quan hệ giữa lượng mưa và mực nước sông theo mùa tại các lưu vực sông Hoàng Long và sông Đáy giai đoạn 2000-2004 được nêu trong Hình 2.



Hình 2. *Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa lượng mưa năm và mực nước sông theo mùa*

4. Kết luận

Lượng mưa mùa tại khu vực nghiên cứu tuy có xu hướng chung tăng trong cả hai mùa, mùa mưa tăng nhiều hơn mùa ít mưa, nhưng biến đổi rất phức tạp, giá trị p-value của chuỗi quan trắc lượng mưa tháng, năm tại các trạm từ 0,28-0,66 (>0,05).

Mực nước sông tại một số trạm chịu ảnh hưởng bởi các công trình điều tiết dòng chảy trên sông như trạm Bến Đế, Gián Khẩu, Ninh Bình, số liệu có tính thống kê, giá trị p-value từ 0,0005-0,015, còn tại các trạm còn lại biến đổi rất phức tạp theo mùa.

Lượng mưa quyết định mực nước trên các lưu vực sông khu vực nghiên cứu. Do khu vực có hệ thống hang động karst phát triển mạnh nên tương quan giữa lượng mưa và mực nước có quan hệ tuyến tính rất phức tạp và có độ trễ. Lượng mưa và mực nước sông tại các trạm trong vùng nghiên cứu có mối quan hệ tuyến tính dương trong cả mùa mưa và mùa ít mưa. Mùa ít mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,039-0,30. Mùa mưa, hệ số tương quan biến đổi từ 0,39-0,70. Trong mùa mưa, quan hệ tuyến tính giữa lượng mưa và mực nước mạnh hơn trong mùa ít mưa. Kết quả nghiên cứu được dùng làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về khả năng thoát lũ trong mùa mưa và sử dụng nước hiệu quả trong mùa ít mưa trên địa bàn nghiên cứu.

- ***Tuyên bố về quyền lợi:*** *Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.*
- ***Lời cảm ơn:*** *Bài báo được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp tỉnh "Xây dựng hệ thống quản trị tài nguyên nước trên nền tảng công nghệ Internet kết nối vạn vật (IoT) hỗ trợ chủ động điều hòa, cân đối nguồn nước phục vụ phát triển bền vững kinh tế – xã hội tỉnh Ninh Bình".*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Akwei, E., Bao, H. L., & Han, W. Z. (2013). Precipitation trend analysis by Mann–Kendall test: A case of Tianchang County, Anhui Province, China. *Advanced Materials Research, 864–867,* 2218–2223. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.864-867.2218

Climate-Data.org. (n.d.). *Climate data for Ninh Binh Province, Viet Nam*. https://vi.climate-data.org/chau-a/viet-nam/ninh-binh-province-825/

Department of Natural Resources and Environment of Ninh Binh Province. (2021). *Báo cáo đánh giá khí hậu tỉnh Ninh Bình* [Ninh Binh Province climate assessment report].

Hasson, S., Böhner, J., & Lucarini, V. (2017). Prevailing climatic trends and runoff response from Hindukush–Karakoram–Himalaya, upper Indus Basin. *Earth System Dynamics*.

Nguyen, D. T., Vu, T. T. L., Hoang, T. S., & Bui, A. T. (2025). Assessment of rain changes in Ninh Binh Province in the period 2000–2024. In *Advances in the Earth, Mining and Environmental Sciences for Safe and Sustainable Development* (Vol. 2, pp. 663–670).

Nhu, Y. N., To, X. B., & Dang, D. K. (2023). Geological hazard investigation combined with mathematical modeling in flood risk assessment: A case study of Hoang Long River, Ninh Binh Province, Vietnam. *Inżynieria Mineralna, 1*(2).

Ninh Binh Province Hydro-Meteorological Station. (n.d.). *Cổng thông tin Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Ninh Bình* [Portal of Ninh Binh Province Hydro-Meteorological Station]. https://kttv.ninhbinh.gov.vn/

Ninh Binh Provincial Statistics Office. (2025). *Niên giám thống kê tỉnh Ninh Bình 2024* [Ninh Binh statistical yearbook 2024]. Statistical Publishing House.

Phan, T. D., & Vu, N. L. (2016). Research on assessing the impact of climate change on drought in Ninh Binh Province. *Journal of Hydrometeorology*.

Sahat, S., Mokhtaruddin, N. A., Bukari, S. M., Kaamin, M., Mokhtar, M., Hamid, N. B., & Nyadiman, N. (2020). Identifying the correlation of rainfall and water level and rainfall with stream flow in Sungai Johor by using Pearson correlation coefficient. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9*(1.1), 578–582. https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/8091.12020

Tong, T. T., Nguyen, B. T., & Nguyen, T. T. T. (2023). Phân vùng tính toán cân bằng tài nguyên nước phục vụ quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Nhuệ – Đáy [Water resource balance calculation zoning for integrated planning of the Nhue–Day river basin]. *Journal of Water Resources Science and Technology*, No 80.

Tran, T. H., Bui, C. N., & Ngo, N. T. (2012). Nghiên cứu tính toán "mưa rào – dòng chảy" hạ lưu sông Sài Gòn làm đầu vào cho bài toán chống ngập [The study calculates the rainfall–runoff pattern downstream of the Saigon River as input for flood control calculations]. *Journal of Hydrometeorology, 622*(10).

THE RELATIONSHIP BETWEEN RAINFALL AND WATER LEVEL IN SOME RIVER BASINS IN NINH BINH

Nguyen Dieu Trinh[1*], Vu Thi Thu Lan[2], Hoang Thanh Son[3], Bui Anh Tuan[3]

[1]Academy of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

[2]Vietnam Geography Association, Vietnam

[3]Institute of Earth Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

[*]Corresponding author: Nguyen Dieu Trinh – Email: nguyendieutrinh70@gmail.com

Received: March 11, 2026; Revised: April 10, 2026; Accepted: May 07, 2026

ABSTRACT

The study was conducted in Ninh Binh province, a representative humid tropical karst region in Southeast Asia. The area is characterized by mature to old-growth karst ecosystems developed on limestone bedrock dating from the Devonian to the Permian periods.The hydrological network is characterized by a relatively small river basin, primarily associated with the Day and Hoang Long river systems. The rivers are generally short and flow in a northwest–southeast direction. The region experiences two distinct seasons: a rainy season and a dry season. Rainfall seeps through karst fissures, reducing surface runoff, forming underground streams, and destabilizing the hydrological regime in the area. The relationship between rainfall and surface runoff is very complex. Pearson correlation analysis of meteorological and hydrological observation data collected between 2000 and 2024 revealed a positive linear relationship between rainfall and river water levels in the study area during both the rainy and dry seasons. During the dry season, the correlation coefficient ranged from 0.039 to 0.30, showing a positive but weak relationship between rainfall and surface water. In contrast, during the rainy season, the correlation coefficient ranged from 0.39 to 0.70, indicating a moderate to strong positive linear relationship between rainfall and surface water levels. These results suggest that the relationship between rainfall and water levels is considerably stronger during the rainy season than during the dry season.

Keywords: karst; Ninh Binh; Rainfall-water level relationship; seasonal; transitional terrain