

## A WATER ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF MA RIVER IN THANH HOA PROVINCE

Cao Truong Son\*, Nguyen Thi My, Mai Xuan Thanh, Nguyen Anh Tuan, Nguyen Thi Minh Anh, Nguyen Hoang My, Tran Thi Hoa

Faculty of Natural Resources and Environment - Vietnam National University of Agriculture

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received:</b> 17/3/2022</p> <p><b>Revised:</b> 28/4/2022</p> <p><b>Published:</b> 11/5/2022</p>	<p>This research was carried out to determine the level of ecological and health risk of water quality of Ma river in Thanh Hoa province. We used data at 8 water monitoring points on the Ma River, Thanh Hoa province in the period 2011-2020 to calculate the water quality index (WQI), ecological risk index (RI) and health risk (RISH and HAZAD). Results have showed that 6/8 water monitoring locations (75%) have WQI scores of 76 and are suitable for domestic water supply purposes. Only 2/8 water monitoring sites (25%) have WQI scores less than 76 and can only be used for irrigation. Although the ecological risk level of the water environment of the Ma river was low, the level of health risk was at a worrying level. The risk index for the carcinogen As was moderate to moderate risk (<math>RISH_{water} &gt; 10^{-4}</math>) and the risk index for the non-carcinogenic agent Mn was unacceptable (<math>HAZARD_{water} &gt; 1</math>). Before using surface-water of Ma river for domestic water supply, we should take measures to remove or reduce the concentration of As and Mn in the water to reduce the health risk of the people.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p> <p>Ecological risk</p> <p>Health risk</p> <p>Ma river</p> <p>Thanh Hoa province</p> <p>Water quality</p>	

## ĐÁNH GIÁ RỦI RO MÔI TRƯỜNG NƯỚC SÔNG MÃ TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH THANH HÓA

Cao Trường Sơn\*, Nguyễn Thị Mỹ, Mai Xuân Thành, Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Thị Minh Anh, Nguyễn Hoàng Mỹ, Trần Thị Hòa

Khoa Tài nguyên và Môi trường - Học viện Nông nghiệp Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p><b>Ngày nhận bài:</b> 17/3/2022</p> <p><b>Ngày hoàn thiện:</b> 28/4/2022</p> <p><b>Ngày đăng:</b> 11/5/2022</p>	<p>Nghiên cứu này được thực hiện nhằm chỉ rõ mức độ rủi ro sinh thái và rủi ro sức khỏe với môi trường nước sông Mã tỉnh Thanh Hóa. Chúng tôi sử dụng số liệu tại 8 điểm quan trắc nước trên sông Mã tỉnh Thanh Hóa trong giai đoạn 2011-2020 để tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI), chỉ số rủi ro sinh thái (RI) và chỉ số rủi ro sức khỏe (RISH và HAZAD). Kết quả nghiên cứu cho thấy, 6/8 vị trí quan trắc nước (75%) có điểm WQI <math>\geq 76</math> điểm và có khả năng sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Chỉ có 2/8 vị trí quan trắc nước (25%) có điểm WQI <math>&lt; 76</math> điểm và chỉ sử dụng được cho mục đích tưới tiêu thủy lợi. Mặc dù chỉ số RI môi trường nước của sông Mã ở mức thấp nhưng mức độ rủi ro sức khỏe lại ở mức đáng lo ngại khi chỉ số rủi ro với tác nhân gây ung thư là As ở mức trung bình (<math>RISH_{water} &gt; 10^{-4}</math>) và với tác nhân không gây ung thư là Mn ở mức không chấp nhận được (<math>HAZARD_{water} &gt; 1</math>). Trước khi sử dụng nước sông Mã làm nước cấp sinh hoạt cho người dân cần có biện pháp xử lý để loại bỏ hoặc giảm bớt nồng độ As và Mn trong nước để giảm tác động xấu đến sức khỏe của người dân.</p>
<p><b>TỪ KHÓA</b></p> <p>Chất lượng nước</p> <p>Rủi ro sinh thái</p> <p>Rủi ro sức khỏe</p> <p>Sông Mã</p> <p>Tỉnh Thanh Hóa</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5712>

\* Corresponding author. Email: ctson@vnua.edu.vn

## 1. Mở đầu

Việt Nam là quốc gia có hệ thống sông ngòi dày đặc với tổng lượng dòng chảy nước mặt lên đến 830 – 840 tỷ m<sup>3</sup>/năm. Tuy nhiên, Việt Nam chỉ là quốc gia có nguồn tài nguyên nước ở mức trung bình trên thế giới, vì có đến 63% lượng nước có nguồn gốc từ nước ngoài chảy vào. Chúng ta không những là quốc gia bị phụ thuộc tài nguyên nước từ nước ngoài mà diễn biến lưu lượng và chất lượng nước trên các lưu vực sông có sự biến động theo mùa, theo vùng miền (khoảng 80% lượng nước tập trung trong mùa mưa từ tháng sáu đến tháng một năm sau và giảm mạnh, thậm chí khô kiệt vào mùa hè). Tốc độ phát triển nhanh của các ngành kinh tế kèm theo nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng, lượng chất thải phát sinh ngày càng lớn đã gây ra những ảnh hưởng tiêu cực và ô nhiễm môi trường nước trên các lưu vực sông, ảnh hưởng lớn đến hoạt động sinh hoạt và sản xuất của người dân [1]. Ở nước ta hiện nay, những nghiên cứu về môi trường nước mới chủ yếu tập trung vào việc theo dõi đánh giá diễn biến chất lượng nước và cảnh báo ô nhiễm như: Nghiên cứu của Triệu Phương Thảo và cộng sự (2016) [2] đánh giá chất lượng nước mặt lưu vực sông Cả trên địa bàn tỉnh Nghệ An giai đoạn 2012-2014 đã xác định nước sông Cả bị ô nhiễm bởi các thông số TSS, NO<sub>2</sub>, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, BOD<sub>5</sub>, chất lượng nước khu vực thượng lưu tốt hơn so với khu vực trung và hạ lưu. Hay việc sử dụng chỉ số WQI để đánh giá diễn biến chất lượng nước mặt tại các lưu vực sông [3]-[5], các hồ lớn [6]. Trong một vài năm gần đây, phương pháp sử dụng các chỉ số ô nhiễm như chỉ số ô nhiễm tổng hợp (CPI), ô nhiễm hữu cơ (OPI), ô nhiễm kim loại nặng (TPI) để đánh giá mức độ ô nhiễm của các nguồn nước mặt và nước dưới đất [4], [7], [8]. Các nghiên cứu này phần nào đã phản ánh được hiện trạng ô nhiễm và diễn biến chất lượng nguồn nước ở nước ta trong những năm qua, góp phần đưa ra các cảnh báo kịp thời cho các nhà quản lý. Tuy nhiên, việc phân tích, đánh giá các rủi ro trong quá trình sử dụng nguồn nước mặt vào các mục đích khác nhau như: cấp nước sinh hoạt, bảo đảm đời sống thủy sinh hay tưới tiêu thủy lợi,... gần như chưa được đề cập và nghiên cứu.

Nghiên cứu đánh giá rủi ro ô nhiễm nước được thực hiện ở khá nhiều quốc gia trên thế giới. Nitasha Khatri cùng cộng sự [9] thực hiện nghiên cứu phân tích và đánh giá chất lượng nước tại Satlasana Taluka, huyện Mehsana, tỉnh Gujarat, Ấn Độ sử dụng các chỉ số chất lượng nước chỉ ra các hoạt động sinh hoạt như tắm, giặt gần nguồn nước có thể dẫn đến ô nhiễm nước. Các thông số như tổng độ cứng, độ kiềm tổng số, chất rắn hòa tan và độ đục đã vượt quá ngưỡng an toàn cho nước ngầm sử dụng vào mục đích ăn, uống. Tại Trung Quốc, Suya Leng và cộng sự [10] đã tiến hành nghiên cứu để xác định mức độ rủi ro ô nhiễm nước tại khu vực Bắc Kinh – Thiên Tân – Hà Bắc; nghiên cứu rủi ro sức khỏe do ảnh hưởng bởi ô nhiễm nitơ trong nước dưới đất ở phía Tây bắc Trung Quốc [11]. Ở khu vực Châu phi cũng có nhiều nghiên cứu khác nhau về đánh giá rủi ro môi trường nước được thực hiện như: nghiên cứu tại lưu vực sông Klip [12]; sông Tana [13] hay nghiên cứu đánh giá rủi ro sức khỏe trong sử dụng nước tại khu vực nông thôn phía Đông nam Nigeria [14]. Những nghiên cứu trên cho thấy việc đánh giá rủi ro ô nhiễm do sử dụng nguồn nước được thực hiện khá phổ biến ở nhiều nơi trên thế giới, đạt được hiệu quả cao và có thể ứng dụng được cho những nghiên cứu về đánh giá rủi ro ô nhiễm nước tại Việt Nam

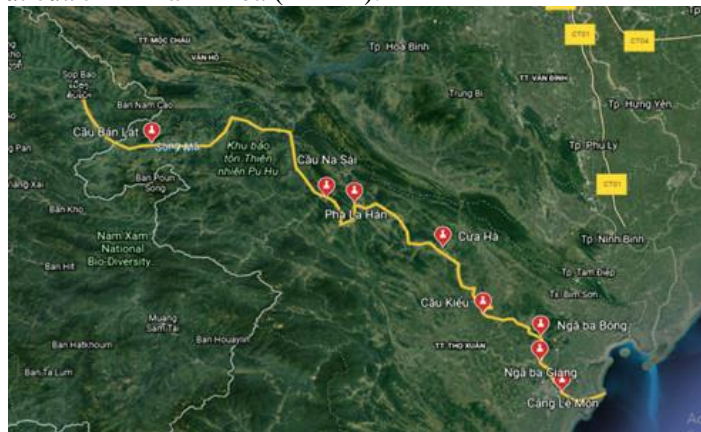
Thanh Hóa là tỉnh cửa ngõ phía Bắc của khu vực miền Trung nước ta, là một trong những tỉnh có tài nguyên nước khá phong phú. Tổng lượng nước mưa rơi xuống lãnh thổ hàng năm là 19 tỷ m<sup>3</sup>, lượng bốc hơi trung bình là 9 tỷ m<sup>3</sup>/năm, còn lại 9,7 tỷ m<sup>3</sup> nước sinh ra dòng chảy mặt và 0,3 tỷ m<sup>3</sup> sinh ra dòng chảy ngầm. Hàng năm hệ thống sông của tỉnh đổ ra biển 20 tỷ m<sup>3</sup> nước gồm 5 sông chính là sông Hoạt, sông Mã, sông Bạng, sông Yên, sông Chàng [15]. Trong các hệ thống sông chính của Thanh Hóa, sông Mã là sông lớn nhất có vai trò đặc biệt quan trọng trong việc cung cấp nước cho hoạt động sinh hoạt, sản xuất công, nông nghiệp của người dân trên địa bàn tỉnh. Vì vậy việc theo dõi, đánh giá diễn biến chất lượng nước sông Mã trong những năm qua đã được tỉnh Thanh Hóa đặc biệt quan tâm và thực hiện thường xuyên. Tuy nhiên, mạng lưới quan trắc chất lượng nước sông Mã của tỉnh mới chỉ dừng lại ở mức đánh giá chất lượng và dự báo diễn biến chất lượng nước, chưa đưa ra những phân tích sâu liên quan tới tính rủi ro về sinh thái

và rủi ro sức khỏe của người dân khi sử dụng nguồn nước sông Mã vào mục đích cấp nước sinh hoạt. Nghiên cứu này của chúng tôi được thực hiện nhằm sử dụng dữ liệu quan trắc môi trường nước trên sông Mã để phân tích và chỉ rõ mức độ rủi ro sinh thái môi trường nước sông Mã và mức độ rủi ro sức khỏe của người dân khi sử dụng nước sông Mã làm nước sinh hoạt.

## 2. Địa điểm và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trên sông Mã đoạn chảy qua tỉnh Thanh Hóa. Sông Mã có dòng chính dài 528 km, bắt nguồn từ độ cao 800 – 1.000m ở vùng Điện Biên Phủ, tỉnh Điện Biên, sau đó chảy qua Lào (dài 118 km) và chảy vào địa phận tỉnh Thanh Hóa ở phía Bắc bản Sốp Sim (huyện Mường Lát) rồi đổ ra biển Đông, tổng chiều dài sông Mã trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa là 242 km, diện tích lưu vực sông (LVS) Mã trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa là 9.000 km<sup>2</sup> (Tổng diện tích LVS Mã là 28.106 km<sup>2</sup>, gồm 7.913 km<sup>2</sup> thuộc nước bạn Lào và 20.193 km<sup>2</sup> thuộc địa phận Việt Nam). Sông Mã có tổng số 89 phụ lưu, trong đó các phụ lưu chính trên đất Thanh Hóa gồm suối Sim (40 km), suối Quanh (41 km), suối Xia (22,5 km), sông Luồng (102 km), sông Lò (74,5 km), Hón Nứa (25 km), sông Bưởi (130 km), sông Cầu Chày (87,5 km) và sông Chu (325 km) [15]. Sông Mã là hệ thống sông lớn nhất của tỉnh Thanh Hóa (Hình 1).



**Các vị trí quan trắc nước sông Mã tỉnh Thanh Hóa**

TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X	Y
1	Cầu Bản Lát	458761	2270680
2	Cầu Na Sài	510658,6	253518,72
3	Cầu La Hán	522040	2251149
4	Cửa Hà	550050	2236248
5	Cầu Kiều	561739	2214540,9
6	Ngã ba Bông	579944	2206645
7	Ngã ba Giàng	581217	2197607
8	Cảng Lễ Môn	586072	2188626

**Hình 1.** Sông Mã và các điểm quan trắc nước trên sông Mã tỉnh Thanh Hóa

### 2.2. Các phương pháp nghiên cứu

#### \* Phương pháp kế thừa

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã kế thừa toàn bộ dữ liệu quan trắc chất lượng sông Mã tại 8 điểm quan trắc thuộc mạng lưới quan trắc môi trường nước mặt của tỉnh Thanh Hóa (từ năm

2011 đến 2020). Các số liệu này được sử dụng để tính chỉ số WQI và tính toán các chỉ số rủi ro ô nhiễm môi trường nước.

\* Phương pháp tính chỉ số chất lượng nước WQI

Chỉ số WQI được tính toán theo Công thức của Tổng cục Môi trường (2019) [16] như trong Công thức 1:

$$WQI = \frac{WQI_I}{100} \times \frac{\left(\prod_{i=1}^n WQI_{II}\right)^{1/n}}{100} \times \frac{\left(\prod_{i=1}^m WQI_{III}\right)^{1/m}}{100} \times \left[ \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k WQI_{IV} \times \frac{1}{j} \sum_{i=1}^j WQI_V \right]^{1/2} \quad (1)$$

Trong đó:

- WQI<sub>I</sub> Kết quả tính toán đối với thông số nhóm I: Thông số pH;
- WQI<sub>II</sub> Kết quả tính toán đối với thông số nhóm II: (nhóm thông số thuộc bảo vệ thực vật): bao gồm các thông số Aldrin, BHC, Dieldrin, DDTs (p,p'-DDT, p,p'-DDD, p,p'-DDE), Heptachlor & Heptachlorepoxyde;
- WQI<sub>III</sub> Kết quả tính toán đối với thông số nhóm III: (nhóm thông số kim loại nặng): bao gồm các thông số As, Cd, Pb, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Zn, Hg;
- WQI<sub>IV</sub> Kết quả tính toán đối với thông số nhóm IV: (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng): Bao gồm các thông số DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TOC, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, P-PO<sub>4</sub>
- WQI<sub>V</sub> Kết quả tính toán đối với thông số nhóm V: (nhóm thông số vi sinh): bao gồm các thông số Coliform, E.coli

Chỉ số WQI được tính theo thang điểm (khoảng giá trị WQI) tương ứng với biểu tượng và các màu sắc để đánh giá chất lượng nước đáp ứng cho nhu cầu sử dụng (Bảng 1).

**Bảng 1.** Thang đánh giá chất lượng nước theo điểm số WQI

TT	Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Màu sắc
1	91 – 100	Rất tốt	Xanh nước biển
2	76-90	Tốt	Xanh lá cây
3	51-75	Trung bình	Vàng
4	26-50	Xấu	Da cam
5	10-25	Kém	Đỏ
6	< 10	Ô nhiễm rất nặng	Nâu

\* Phương pháp đánh giá rủi ro môi trường nước

- Rủi ro sức khỏe: Trong nghiên cứu này được đánh giá qua các tuyến phơi nhiễm đối với các chất gây ung thư (Asen) và các chất không gây ung thư (Mn, Hg, Cr<sup>6+</sup>, CN<sup>-</sup>) trong nước mặt của sông Mã. Trong đó:

+ Công thức tính toán rủi ro ung thư trong môi trường nước thông qua đường tiêu hóa ký hiệu là RISH<sub>water</sub> như trong công thức 2:

$$RISH_{water} = SF_0 \times C_w \times 0,0149 \quad [17] \quad (2)$$

Trong đó: SF<sub>0</sub>: nhân tố đi qua đường miệng (l/mg/kg-ngày), trong nghiên cứu này là As; C<sub>w</sub>: nồng độ As trong nước (mg/l);

+ Công thức tính toán rủi ro không ung thư trong môi trường nước thông qua đường tiêu hóa ký hiệu là HAZARD<sub>water</sub> như công thức 3:

$$HAZARD_{water} = \frac{1}{RfD_0} \times C_w \times 0.0639 \quad [17] \quad (3)$$

Trong đó: RfD<sub>0</sub>: Liều lượng tham chiếu đối với đường tiêu hóa (mg/kg-ngày); C<sub>w</sub>: nồng độ hóa chất trong nước (mg/l), trong nghiên cứu này là nồng độ của Mn, Hg, Cr<sup>6+</sup>, CN<sup>-</sup>.

+ Rủi ro sức khỏe được đánh giá theo các mức như quy định trong bảng số 2.

- Đánh giá rủi ro sinh thái tiềm năng (RI): Chỉ số rủi ro sinh thái tiềm năng (RI) được đánh giá dựa vào nồng độ của các kim loại nặng (KLN): Cu, Pb, Zn, Cd và As trong nước sông Mã giai đoạn 2011-2020 theo công thức 4:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i ; \quad E_r^i = C_f^i \cdot T_r^i ; \quad C_f^i = \frac{C_i}{C_n^i} \quad [18] \quad (4)$$

Trong đó:  $C_i$  - Hàm lượng KLN thứ  $i$  đo được trong trầm tích tại khu vực nghiên cứu (mg/kg);  $C_r^i$  - Yếu tố ô nhiễm của từng kim loại;  $C_n^i$  - Hàm lượng tham chiếu của KLN thời kỳ tiền công nghiệp;  $E_r^i$  - Yếu tố rủi ro sinh thái của từng KLN; và  $T_r^i$  - Hệ số độc tính của KLN.

**Bảng 2.** Thang đánh giá rủi ro sức khỏe (RISH)

Chỉ số	Cách đánh giá rủi ro sức khỏe				
	$RISH_{water} > 10^{-4}$	$10^{-6} < RISH_{water} < 10^{-4}$	$RISH_{water} > 10^{-6}$	$HAZARD_{water} < 1$	$HAZARD_{water} > 1$
Đánh giá	Rủi ro mắc bệnh ung thư cao, không thể chấp nhận được	Rủi ro trung bình*	Rủi ro thấp, không đáng kể có thể chấp nhận được	Rủi ro chấp nhận được	Rủi ro không chấp nhận được

Ghi chú: (\*) Rủi ro có thể có hoặc không có những quyết định giảm thiểu rủi ro và những quyết định này phải dựa trên những nghiên cứu bổ sung.

Kết quả tính toán RI sẽ được so sánh với thang đánh giá như trong bảng 3.

**Bảng 3.** Thang đánh giá rủi ro sinh thái tiềm năng với KLN (RI)

$E_r^i$	RI	Mức độ rủi ro sinh thái của KLN
$E_r^i < 40$	$RI < 110$	Thấp
$40 \leq E_r^i \leq 80$	$110 \leq RI \leq 220$	Vừa phải
$80 \leq E_r^i \leq 160$	$220 \leq RI \leq 440$	Đáng quan tâm
$160 \leq E_r^i \leq 320$	$RI \geq 440$	Cao
$E_r^i \geq 320$		Rất cao

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Diễn biến chất lượng nước sông Mã giai đoạn 2011-2020

\*Kết quả quan trắc nước sông Mã giai đoạn 2011-2020

Giá trị trung bình của các thông số quan trắc chất lượng nước mặt trên sông Mã trong giai đoạn 2011-2020 được trình bày ở bảng 4. Theo đó nồng độ pH trong nước dao động từ 6,55 - 7,27; DO trong nước rất tốt nằm trong khoảng 6,66 - 7,25 mg/L; BOD dao động trong khoảng 4 - 6 mg/l; COD dao động từ 6-13 mg/L; các chất dinh dưỡng nitơ như  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  ở mức thấp, lần lượt dao động từ 0,12 - 0,57 mg/l; 0,6 - 29,17 mg/l; 0,02 - 0,04 mg/l. Trong khi đó, nồng độ TSS ở mức khá cao nằm trong khoảng 51 - 150 mg/l; Coliform có biến động lớn nhất dao động trong khoảng 1.430 đến 45.561 MPN/100 ml.

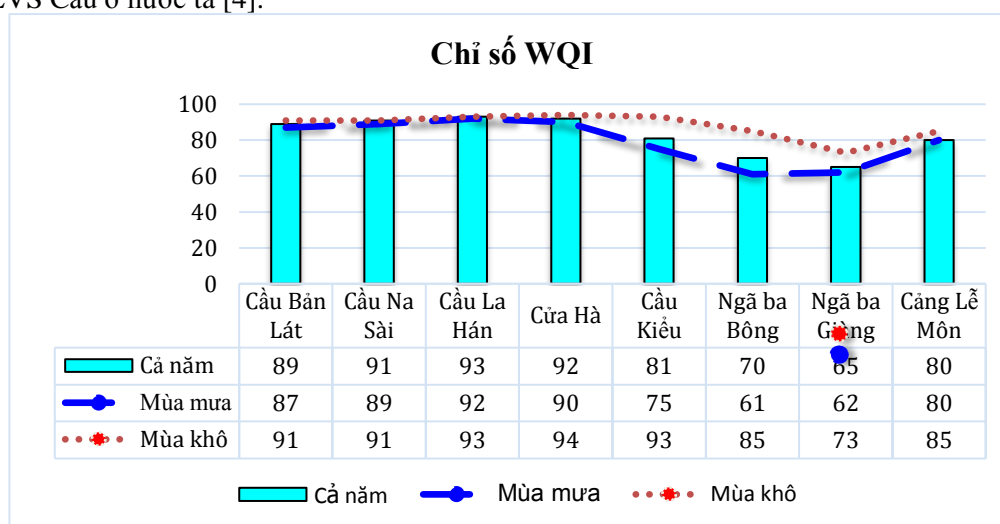
**Bảng 4.** Nồng độ một số thông số chất lượng nước sông Mã, tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2011-2020

Thông số	Giá trị	Cầu Bản Lát	Cầu Na Sài	Cầu La Hán	Cửa Hà	Cầu Kiểu	Ngã ba Bông	Ngã ba Giàng	Cảng Lễ Môn
pH	TB	6,95	6,96	6,99	6,96	6,91	6,86	6,86	6,80
	SD	0,10	0,13	0,11	0,11	0,18	0,16	0,09	0,13
DO (mg/L)	TB	7,25	7,08	6,86	6,90	6,87	6,75	6,71	6,66
	SD	0,33	0,54	0,42	0,46	0,51	0,45	0,55	0,39
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TB	5	6	5	4	5	3	4	5
	SD	3,28	3,92	2,54	1,53	1,46	0,90	0,96	1,27
COD (mg/l)	TB	9	13	8	7	8	6	6	8
	SD	4,99	15,29	3,52	2,50	2,20	1,87	1,67	1,74
TSS (mg/l)	TB	138	160	128	119	106	57	51	59
	SD	83	101	87	85	71	31	16	34
$NH_4^+$ (mg/l)	TB	0,15	0,21	0,12	0,14	0,20	0,16	0,19	0,57
	SD	0,07	0,23	0,06	0,05	0,12	0,06	0,10	1,13
$NO_2^-$ (mg/l)	TB	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
	SD	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Thông số	Giá trị	Cầu Bản Lát	Cầu Na Sài	Cầu La Hán	Cửa Hà	Cầu Kiều	Ngã ba Bông	Ngã ba Giàng	Cảng Lễ Môn
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	TB SD	0,60 0,20	7,43 3,09	0,63 0,30	0,67 0,33	0,74 0,32	2,17 2,5	0,85 0,44	0,73 0,53
Coliform (MPN/100ml)	TB SD	4.348 5.507	3.890 5.423	1.430 1.821	4.967 8.619	43.207 120.543	2.669 1.761	45.561 120.303	3.210 2.444

\* Chỉ số chất lượng nước sông Mã giai đoạn 2011-2020

Kết quả tính toán cho thấy điểm số WQI bình quân của các điểm quan trắc nước sông Mã là khá cao từ 62 – 90 điểm trong mùa mưa; 73 – 94 điểm trong mùa khô; và từ 65 – 93 điểm trong cả năm. Điểm số WQI của nước sông trong mùa mưa thấp hơn so với trong mùa khô cho thấy chất lượng nước sông Mã bị ảnh hưởng lớn bởi địa hình và chế độ mưa. Vào mùa mưa lưu lượng nước lớn, độ dốc địa hình cao dẫn tới hàm lượng TSS trong nước sông tăng nhanh dẫn tới chất lượng nước của sông bị giảm. Kết quả này khá tương đồng với kết quả nghiên cứu tại thượng lưu của LVS Cầu ở nước ta [4].



**Hình 2.** Chỉ số chất lượng nước WQI trung bình tại các điểm quan trắc trên sông Mã giai đoạn 2011-2020

Hình 2 cho thấy, điểm số WQI tại tất cả các điểm quan trắc nước trên sông Mã đều cao hơn so với trong mùa khô. Đặc biệt là tại các điểm quan trắc tại Cầu Kiều, Ngã ba Bông và Ngã ba Giàng điểm số WQI trong mùa khô là cao hơn hẳn so với mùa mưa. Ở các điểm còn lại mức độ thay đổi là không đáng kể. Kết quả tính toán điểm số WQI bình quân trong cả năm cho thấy có 3/8 điểm quan trắc (37,5%) có chất lượng ở mức rất tốt (màu xanh nước biển) có khả năng sử dụng để cấp nước sinh hoạt trực tiếp gồm vị trí Cầu Na Sài, Cầu La Hán và Cửa Hà; 3/8 điểm quan trắc (37,5%) có chất lượng nước ở mức tốt (màu xanh lá cây) đảm bảo sử dụng để cấp nước sinh hoạt nhưng phải có biện pháp xử lý phù hợp, gồm vị trí Cầu Bản Lát, Cầu Kiều và Cảng Lễ Môn; còn lại 2/8 vị trí quan trắc (25%) là Ngã Ba Bông và Ngã Ba Giàng là có chất lượng nước ở mức trung bình (màu vàng) chỉ đáp ứng được cho mục đích nước tưới thủy lợi. Nhìn chung, chỉ số chất lượng nước (WQI) trong mùa khô tại tất cả các điểm quan trắc đều tốt hơn so với trong mùa mưa.

### 3.2. Đánh giá rủi ro sử dụng nước sông Mã

\* Đánh giá rủi ro sinh thái tiềm năng (RI)

Kết quả tính toán yếu tố rủi ro sinh thái đối với môi trường nước sông Mã của từng thông số KLN cho thấy, yếu tố rủi ro sinh thái ( $E_r^i$ ) của Cd dao động từ 0,00086 - 0,008; Pb từ 0,00001 - 0,0009; Cr<sup>6+</sup> từ 0,00002 - 0,00037; Cu từ 0,00004 - 0,00141; Zn từ 0,00003 - 0,0003; và As từ

0,00029 - 0,00735. Thứ tự yếu tố rủi ro sinh thái của từng kim loại được sắp xếp như sau:  $E_r^i$  ( $Cr^{6+}$ ) = 0,00007 <  $E_r^i$  (Zn) = 0,0001 <  $E_r^i$  (Pb) = 0,00017 <  $E_r^i$  (Cu) = 0,00054 <  $E_r^i$  (As) = 0,00174 <  $E_r^i$  (Cd) = 0,00185. Kết quả tính chỉ số rủi ro sinh thái tiềm năng (RI) của nước sông Mã được chỉ ra trong bảng 5. Theo đó, RI trong nước sông Mã dao động từ 0,002 – 0,011 trong mùa mưa; từ 0,003 – 0,010 trong mùa khô; và từ 0,002-0,009 đối với cả năm, biến động của giá trị RI tại các điểm quan trắc nước không lớn thể hiện ở giá trị SD thấp hơn khá nhiều so với giá trị trung bình. Đối chiếu giá trị RI tính toán được với thang đánh giá RI trong bảng 4 cho thấy rủi ro sinh thái môi trường nước đối với yếu tố KLN tại tất cả các điểm quan trắc trên sông Mã đều ở mức rất thấp (RI < 110).

**Bảng 5.** Chỉ số rủi ro sinh thái tiềm năng (RI) trung bình của môi trường nước sông Mã

Mùa	Giá trị	Cầu Bản Lát	Cầu Na Sài	Cầu La Hán	Cửa Hà	Cầu Kiểu	Ngã ba Bông	Ngã ba Giàng	Cảng Lễ Môn
Mùa mưa	Lớn nhất	0,006	0,006	0,009	0,005	0,007	0,011	0,006	0,007
	Nhỏ nhất	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
	<b>Trung bình</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>
	SD	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
Mùa khô	Lớn nhất	0,007	0,009	0,007	0,010	0,009	0,007	0,006	0,009
	Nhỏ nhất	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	<b>Trung bình</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>
	SD	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002
Trung bình năm	Lớn nhất	0,006	0,008	0,008	0,007	0,008	0,009	0,006	0,007
	Nhỏ nhất	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003
	<b>Trung bình</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>
	SD	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002

*\* Đánh giá rủi ro sức khỏe*

- *Rủi ro có khả năng gây ung thư (As):* Dựa vào kết quả phân tích rủi ro ung thư cho thấy chất lượng nước sông Mã không đảm bảo có khả năng gây ung thư ảnh hưởng đến sức khỏe của người dùng. Hầu hết nước sông Mã ở các điểm quan trắc đều có nguy cơ gây ung thư ở mức trung bình ( $10^{-6} < RISH_{water} < 10^{-4}$ ) và có tới 18,5% đạt mức nguy cơ cao ( $RISH_{water} > 10^{-4}$ ). Kết quả tính toán cho thấy khả năng gây ung thư của mùa mưa nhỏ hơn so với mùa khô do mùa mưa lượng nước mưa nhiều dẫn đến nồng độ As ở trong nước giảm. Giá trị  $RISH_{water}$  bình quân năm của cả 8 điểm quan trắc dao động từ  $7.10^{-5}$  –  $9.10^{-5}$ , tức là gần sát với ngưỡng  $10^{-4}$  - ngưỡng có nguy cơ rủi ro cao (Bảng 6).

**Bảng 6.** Đánh giá rủi ro sức khỏe trong sử dụng nước sông Mã với tác nhân có khả năng gây ung thư As

RISH <sub>water</sub> As		Cầu Bản Lát	Cầu Na Sài	Cầu La Hán	Cửa Hà	Cầu Kiểu	Ngã ba Bông	Ngã ba Giàng	Cảng Lễ Môn
Mùa mưa	Trung bình	$8.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$8.10^{-5}$
	SD	$4.10^{-5}$	$5.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$2.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$4.10^{-5}$
Mùa khô	Trung bình	$7.10^{-5}$	$10.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$9.10^{-5}$
	SD	$3.10^{-5}$	$9.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$2.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$4.10^{-5}$
Cả năm	Trung bình	$8.10^{-5}$	$9.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$8.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$8.10^{-5}$
	SD	$3.10^{-5}$	$7.10^{-5}$	$2.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$2.10^{-5}$	$3.10^{-5}$	$4.10^{-5}$

- *Đánh giá rủi ro sức khỏe môi trường nước với các tác nhân không gây ung thư:* Qua kết quả tính toán cho thấy rủi ro có thể gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người do tác nhân  $Cr^+$ , CN<sup>-</sup> và Hg đều nằm trong khoảng chấp nhận được ( $HAZARD_{water} < 1$ ). Tuy nhiên, kết quả tính toán với thông số Mn cho thấy mức độ rủi ro bình quân trong cả mùa mưa và mùa khô tại 8 điểm quan trắc nước đều có giá trị  $HAZARD_{water} > 1$ , tức là ở mức rủi ro không chấp nhận được (Bảng 7).

Kết quả đánh giá rủi ro sức khỏe trong sử dụng nước sông Mã cho thấy việc sử dụng nước sông Mã làm nước sinh hoạt cho người dân tiềm ẩn rủi ro cao khi rủi ro có khả năng gây ung thư với tác nhân As luôn ở mức nguy cơ trung bình và gần với mức nguy cơ cao (18% giá trị đã ở mức nguy cơ cao). Bên cạnh đó, trong nhóm các tác nhân không có khả năng gây ung thư rủi ro sức khỏe của Mn trong nước sông Mã luôn ở mức không chấp nhận được trong cả mùa mưa và mùa khô. Như vậy, để hạn chế nguy cơ ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người trước khi sử dụng nước sông Mã làm nước cấp sinh hoạt cho người dân cần có biện pháp loại bỏ hoặc giảm nồng độ As và Mn trong nước.

**Bảng 7.** Đánh giá rủi ro sức khỏe trong sử dụng nước sông Mã với các tác nhân không có khả năng gây ung thư

HAZARD water	Cầu Bản Lát	Cầu Na Sài	Cầu La Hán	Cửa Hà	Cầu Kiểu	Ngã ba Bông	Ngã ba Giàng	Cảng Lễ Môn	
Mn	Mùa mưa	2,2	1,37	1,52	1,41	1,2	1,22	1,2	3,41
	Mùa khô	1,24	1,06	0,98	1,57	1,49	2,99	2,38	2,37
	<b>Cả năm</b>	<b>1,72</b>	<b>1,22</b>	<b>1,25</b>	<b>1,49</b>	<b>1,34</b>	<b>2,11</b>	<b>1,72</b>	<b>2,73</b>
CN-	Mùa mưa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	Mùa khô	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	<b>Cả năm</b>	<b>0,015</b>	<b>0,016</b>	<b>0,016</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>
Hg	Mùa mưa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Mùa khô	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	<b>Cả năm</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
Cr	Mùa mưa	24.10 <sup>-5</sup>	19.10 <sup>-5</sup>	23.10 <sup>-5</sup>	23.10 <sup>-5</sup>	22.10 <sup>-5</sup>	27.10 <sup>-5</sup>	24.10 <sup>-5</sup>	28.10 <sup>-5</sup>
	Mùa khô	21.10 <sup>-5</sup>	18.10 <sup>-5</sup>	20.10 <sup>-5</sup>	21.10 <sup>-5</sup>	18.10 <sup>-5</sup>	21.10 <sup>-5</sup>	19.10 <sup>-5</sup>	18.10 <sup>-5</sup>
	<b>Cả năm</b>	<b>20.10<sup>-5</sup></b>	<b>18.10<sup>-5</sup></b>	<b>22.10<sup>-5</sup></b>	<b>22.10<sup>-5</sup></b>	<b>20.10<sup>-5</sup></b>	<b>24.10<sup>-5</sup></b>	<b>21.10<sup>-5</sup></b>	<b>23.10<sup>-5</sup></b>

#### 4. Kết luận

Chất lượng nước sông Mã tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2011-2020 còn khá tốt với 3/8 vị trí quan trắc nước (37,5%) có điểm số WQI  $\geq 91$  điểm đạt chất lượng ở mức 1 (màu xanh nước biển) có thể sử dụng ngay làm nước cấp sinh hoạt; 3/8 vị trí quan trắc nước (37,5%) có điểm WQI nằm trong khoảng  $76 \leq WQI \leq 91$  đạt mức 2 (màu xanh lá cây) có thể sử dụng để cấp nước sinh hoạt nhưng phải có biện pháp xử lý phù hợp; chỉ có 2/8 vị trí quan trắc nước (25%) có điểm số WQI  $< 76$  điểm, đạt mức 3 (màu vàng) chỉ sử dụng được cho mục đích tưới tiêu thủy lợi. Chất lượng nước sông Mã trong mùa khô tốt hơn trong mùa mưa, do trong mùa mưa lưu lượng dòng chảy lớn cộng với việc sông Mã có độ dốc địa hình cao khiến cho nồng độ TSS và độ đục trong nước tăng cao, làm giảm chất lượng nước.

Kết quả đánh giá rủi ro sinh thái đối với môi trường nước sông Mã cho thấy rủi ro sinh thái ở tất cả các điểm quan trắc đều ở mức rất thấp (RI  $< 110$ ). Ngược lại, kết quả đánh giá rủi ro sức khỏe trong sử dụng nước sông Mã lại cho thấy nguy cơ ở mức trung bình với tác nhân gây ung thư là As ( $10^{-6} < RISH_{\text{water}} < 10^{-4}$ ) và rủi ro không thể chấp nhận với tác nhân không gây ung thư là Mn ( $HAZARD_{\text{water}} > 1$ ). Do đó việc sử dụng nước sông Mã làm nước cấp sinh hoạt cho người dân cần phải có các biện pháp loại bỏ hoặc làm giảm bớt nồng độ As và Mn để giảm mức độ rủi ro sức khỏe cho người dân.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ hoạt động nghiên cứu khoa học sinh viên Khoa Tài nguyên và Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Ministry of Natural resources and Environment, *Report of National environment state in 2018 - Theme: Water environment in river basin*, Hanoi, 2018.



- [2] P. T. Trieu, T. S. Cao, and T. L. T. Ho, "Evaluation on surface-water quality trend of Ca river basin in Nghean province from 2012 to 2014," *Journal of Agriculture and Rural Development*, no. 6/2016, pp. 63-71, 2016.
- [3] T. S. Cao, T. D. Pham, M. A. Nguyen, A. H. Nguyen, and Q. T. Dam, "Water quality assessment of some rivers in Gia Lam district by water quality index (WQI)," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 200, no. 7, pp. 133-140, 2019.
- [4] T. S. Cao, T. H. G. Nguyen, P. T. Trieu, H. N. Nguyen, T. L. Nguyen, and H. C. Vo, "Assessment of Cau river water quality assessment using a combination of water quality and pollution indices," *Journal of Water quality Supply: Research and Technology – Aqua*, vol. 69, no. 2, pp. 160-172, 2020, doi: 10.2166/aqua.2020.122.
- [5] H. Pham, Md. M. Rahman, C. N. Nguyen, P. L. Vo, V. T. Le, and H. H. Ngo, "Assessment of surface water quality using the water quality index and multivariate statistical techniques – A case study: the upper part of Dong Nai river basin, Vietnam," *Journal of water sustainability*, vol. 7, no. 4, pp. 225-245, December 2017, doi: 10.11912/jws.2017.7.4.225-245.
- [6] T. S. Cao, T. B. Nguyen, T. K. A. Tong, V. D. Nguyen, and T. D. Pham, "Water quality assessment of Cam Son lake in Lucngan district of Bacgiang province," *Journal of Agriculture and Rural Development in Vietnam*, no. 7/2019, pp. 22-27, 2019.
- [7] T. T. H. Nguyen, T. D. Dinh, T.T. H. Ho, Q. H. Trinh, N. T. Nguyen, "Water Quality Assessment and Eutrophic Classification of Hanoi Lakes Using Different Indices," *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 1229-1240, 2021, doi: 10.31817/vjas.2021.4.4.03.
- [8] T. S. Cao, H. P. Tran, H. T. T. Le, H. P. K. Bui, G. T. H. Nguyen, L. T. Nguyen, B. T. Nguyen, and A. D. Luong, "Impacts of effluent from different livestock farm types (pig, cow, and poultry) on surrounding water quality: a comprehensive assessment using individual parameter evaluation method and water quality indices," *Environ Sci Pollut Res*, vol. 28, pp. 50302-50315, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-14284-9.
- [9] N. Khatri, S. Tyagi, D. Rawtani, M. Tharmavaram, and R. D. Kamboj, "Analysis and assessment of ground water quality in Satlasana Taluka, Mehsana district, Gujarat, India through application of water quality indices," *Groundwater for Sustainable Development*, no. 10, 2020, Art. no. 100321, doi: 10.1016/j.gsd.2019.100321.
- [10] S. Jiang, Y. Zhai, S. Leng, J. Wang, and Y. Teng, "A HIVE model for regional integrated environmental risk assessment: A case study in China, Human and Ecological Risk Assessment," *An International Journal*, no. 22:4, pp. 1002-1028, 2016, doi: 10.1080/10807039.2015.1122510.
- [11] Y. Zhang, J. Wu, and B. Xu, "Human health risk assessment of groundwater nitrogen pollution in Jinghui canal irrigation area of the loess region, northwest China," *Environ Earth Sci*, no. 77, p. 273, 2018, doi: 10.1007/s12665-018-7456-9.
- [12] T. Marara and L.G. Palamuleni, "An environmental risk assessment of the Klip river using water quality indices," *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 114, p. 102799, December 2019, doi: 10.1016/j.pce.2019.09.001.
- [13] S. M. Njuguna, J. A. Onyango, K. B. Githaiga, R. W. Gituru, and X. Yan, "Application of multivariate statistical analysis and water quality index in health risk assessment by domestic use of river water. Case study of Tana River in Kenya," *Process Safety and Environmental Protection*, no. 133, pp. 149-158, 2020.
- [14] C. K. Ezugwu, O. S. Onwuka, J. C. Egbueri, C. O. Unigwe, and D. A. Ayejoto, "Multi-criteria approach to water quality and health risk assessments in a rural agricultural province, southeast Nigeria," *HydroResearch*, vol. 2, pp. 40-48, 2019.
- [15] Department of Natural Resources and Environment of Thanh Hoa province, *Report on Building database of water resource of Thanhhoa province*, Thanh Hoa, 2013.
- [16] Vietnam Environment Administration, *Decision No. 1460/QĐ-TCMT promulgating technical guidelines for calculation and publication of Vietnam's water quality index (VN\_WQI)*, Hanoi, 2019.
- [17] T. H. T. Le, *Health Risk Assessment and Ecological Risk Assessment*, Ho Chi Minh City National University Publishing House, Ho Chi Minh City, 2008.
- [18] T. T. Le, T. T. T. Kieu, T. T. Nguyen, K. L. Nguyen, and T. T. Trinh, "Heavy metal accumulation and potential ecological risk assessment of surface sediments from Day river downstream," *VNU Science Journal: Earth and Environmental Sciences*, vol. 34, no. 4, pp. 140-147, 2018.