

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 11 ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC CHO HỆ THỐNG SÔNG CHÍNH TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH VINH PHÚC

Phạm Trường Thảo Nguyên

Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình

Chu Nguyễn Ngọc Sơn, Lương Hữu Dũng

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Đỗ Minh Anh

Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt: Nước là một trong những nguồn tài nguyên thiên nhiên quý giá, có tầm quan trọng đặc biệt đối với sự phát triển bền vững của mỗi quốc gia, mỗi vùng lưu vực sông và mỗi địa phương. Nghiên cứu ứng dụng mô hình Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 để đánh giá sự thay đổi chất lượng cho hệ thống sông chính nhằm đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông hồ trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc. Kết quả cho thấy nước mặt của các sông này có dấu hiệu ô nhiễm chủ yếu bởi các chất hữu cơ (COD, BOD5), chất dinh dưỡng (Amoni, Nitrate, Phosphate. Hiện tại, nguồn nước các sông không còn khả năng chịu tải đối với các thông số Amoni. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở để đề xuất các giải pháp nhằm giảm thiểu ô nhiễm nước trên các sông chảy trong khu vực của tỉnh.

Từ khóa: Mô hình MIKE 11, chất lượng nước.

Summary: Water is one of the precious natural resources and is of particular importance to the sustainable development of each country, each river basin and each locality. Research on the application of the MIKE 11 model to assess the quality changes of the main river system to assess the ability to receive wastewater and the carrying capacity of rivers and lakes in Vinh Phuc province. The results show that the surface water of these rivers shows signs of pollution mainly by organic substances (COD, BOD5), nutrients (Ammonium, Nitrate, Phosphate. Currently, the water sources of the rivers are no longer able to carry the load for Ammonium parameters. The research results can be the basis for proposing solutions to reduce water pollution on rivers flowing in the province.

Keywords: MIKE 11 Model, Water quality.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Vĩnh Phúc có 12 sông suối liên tỉnh, 7 hệ thống hồ chứa và rất nhiều hồ lớn nhỏ khác chứa hàng triệu m³ nước. Đây là những nguồn cấp nước quan trọng cho dân sinh và phát triển kinh tế xã hội của tỉnh. Nhu cầu về nước ngày càng tăng cho dân cư, cho phát triển của các ngành và địa phương dẫn đến việc khai thác sử dụng tài nguyên nước ngày càng nhiều, lượng nước thải ra các sông ngòi gia tăng cả về số

lượng và mức độ rủi ro ô nhiễm.

Trong những năm gần đây, ở Việt Nam những nghiên cứu ứng dụng chỉ số WQI [7], xây dựng hệ thống dự báo chất lượng nước [8], nghiên cứu kết hợp mô hình thủy lực và mô hình trí tuệ nhân tạo trong mô phỏng chất lượng nước [9], nghiên cứu đánh giá chất lượng nước sông, hồ [10–11], đánh giá chất lượng nước mặt và hiệu quả mô hình canh tác lúa [12], phân vùng chất lượng nước tại các khu vực đầm phá [13], đánh giá sức

Ngày nhận bài: 26/9/2024

Ngày thông qua phản biện: 28/11/2024

Ngày duyệt đăng: 02/10/2024

chịu tải của nguồn nước, lưu vực sông đã rất phát triển [14].

Vì vậy, nhận thấy việc nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 với mô đun thủy lực HD, mô đun truyền tải AD và mô đun Ecolab là phù hợp để giải quyết khía cạnh chất lượng nước trong sông tại những vùng bị ảnh hưởng bởi dân sinh kinh tế. Mục đích nghiên cứu đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông hồ trên địa bàn tỉnh phục vụ cho công tác quản lý, bảo vệ tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc.

2. SỐ LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Tỉnh Vĩnh Phúc nằm trong khu vực châu thổ sông Hồng thuộc trung du và miền núi phía bắc, là tỉnh thuộc vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, ở tọa độ 21035' -21008' độ vĩ Bắc và 106019' - 106048' độ kinh Đông. Tỉnh Vĩnh Phúc là cầu nối giữa vùng Trung du miền núi phía Bắc với Thủ đô Hà Nội, liền kề cảng hàng không quốc tế Nội Bài, qua Quốc lộ số 5 thông với cảng Hải

Phòng và trục đường 18 thông với cảng nước sâu Cái Lân. Tỉnh Vĩnh Phúc có diện tích tự nhiên 1.235,87 km², hệ thống giao thông khá thuận lợi, có tuyến Quốc lộ 2, đường cao tốc Hà Nội - Lào Cai và đường sắt Hà Nội - Lào Cai đi qua trên địa bàn. Chảy qua Vĩnh Phúc có 4 dòng chính: sông Hồng, sông Lô, sông Phó Đáy và sông Cà Lồ. Hệ thống sông Hồng, sông Lô là tuyến đường thủy quan trọng, thuận lợi cho giao thông thủy.

2.2. Dữ liệu đầu vào của mô hình

Số liệu đầu vào cho mô hình thủy văn gồm có số liệu mưa, số liệu bốc hơi và lưu lượng dòng chảy tại trạm kiểm tra. Tỉnh Vĩnh Phúc có 3 lưu vực chảy qua là sông Phó Đáy, sông Phan, sông Cà Lồ. Dòng chảy trong tỉnh Vĩnh Phúc sẽ bao gồm dòng chảy trên thượng lưu chảy xuống và dòng chảy sinh ra từ sông thuộc nội tỉnh. Do đó các trạm khí tượng thủy văn trên tỉnh Vĩnh Phúc và lân cận sẽ được đưa vào tính toán dòng chảy sinh ra trên lưu vực.

Bảng 1: Số liệu đo đạc các trạm khí tượng, thủy văn sử dụng tính toán

TT	Trạm mưa	Tên sông	Yếu tố đo đạc
1	Tam Đảo		X, Ev
2	Vĩnh Yên		X
3	Bình Xuyên		X
4	Phúc Yên BĐ		X
5	Quảng Cự TV	Phó Đáy	X, Q
6	Tam Dương		X
7	Vĩnh Tường		X
8	Xuân Hoà		X
9	Tuyên Quang		X
10	Đại Từ		X
11	Sơn Dương		X

Trong đó: X: lượng mưa, Ev: bốc hơi, Q: lưu lượng

2.3. Thu thập số liệu nghiên cứu và thiết lập mô hình

❖ Sơ đồ mạng lưới sông tính toán

Dựa trên các tài liệu về địa hình, mặt cắt của các sông và mạng lưới sông trong vùng nghiên cứu được số hóa thành các nhánh sông chính bao gồm: sông Phan, sông Cà Lồ, sông Cà Lồ cắt, sông Ba Hanh, sông Cầu Tôn và

sông Cầu.

- Sông Phan: chiều dài 64.5 km. Mặt cắt ngang tính toán 159 mặt cắt;

- Sông Cà Lồ đoạn tính đến mặt cắt cầu Xuân Phương chiều dài 21.7 km, mặt cắt ngang tính toán 40 mặt cắt. Từ mặt cắt cầu Xuân Phương đến cửa ra sông Cầu dài 53.8 km, mặt cắt tính toán 124;

- Sông Cà Lồ cắt từ Nguyệt Đức đến ngã ba Tiền Châu, chiều dài 25.12km, mặt cắt ngang tính toán 27 mặt cắt;

- Các sông kênh nhánh khác: 108 mặt cắt.

❖ Điều kiện biên tính toán

Nghiên cứu sử dụng chuỗi số liệu khí tượng thủy văn từ năm 2013 ÷ 2015 để hiệu chỉnh cho trạm thủy văn Quảng Cư trên sông Phó Đáy. Các thông số mô hình được xác định theo phương pháp thử sai, sau đó sẽ tiến hành kiểm định bộ thông số này

Điều kiện biên phục vụ tính toán thủy lực và chất lượng nước cho mạng lưới sông trên địa

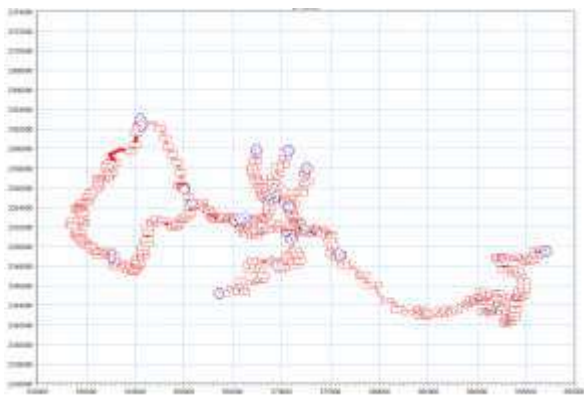
bàn tỉnh Vĩnh Phúc bao gồm:

- Biên trên: Là đường quá trình lưu lượng dòng chảy thực đo tại trạm thủy văn Quảng Cư trên sông Phó Đáy;

- Biên nhập lưu: là đường trình lưu lượng của các tiểu lưu vực được mô phỏng trong mô hình MIKE NAM

- Điều kiện biên dưới: Là đường quá trình mực nước thực đo tại trạm Phúc Lộc Phương

Điều kiện biên chất lượng nước: Trong báo cáo sử dụng các vị trí điều tra, quan trắc chất lượng nước dọc 3 sông chính gồm sông Phó Đáy, sông Phan, sông Cà Lồ.



Hình 1: Sơ đồ mạng lưới thủy lực đánh giá chất lượng nước tỉnh Vĩnh Phúc



Hình 2: Vị trí các biên tính toán

2.4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE 11, MIKE HD và MIKE sinh thái Ecolab. MIKE 11 mô tả quá trình động lực học dọc theo chiều dài dòng chảy với sự kết hợp giữa phương trình liên tục và phương trình động lượng (hệ phương trình Saint – Venant).

Mô đun sinh thái (Ecolab) trong mô hình MIKE 11 giải quyết khía cạnh chất lượng nước trong sông tại những vùng bị ảnh hưởng bởi các hoạt động dân sinh kinh tế... Mô đun này phải được đi kèm với mô đun tải - khuếch tán (AD), điều này có nghĩa là mô đun chất lượng nước giải quyết các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông còn mô đun tải - khuếch

tán (AD) được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

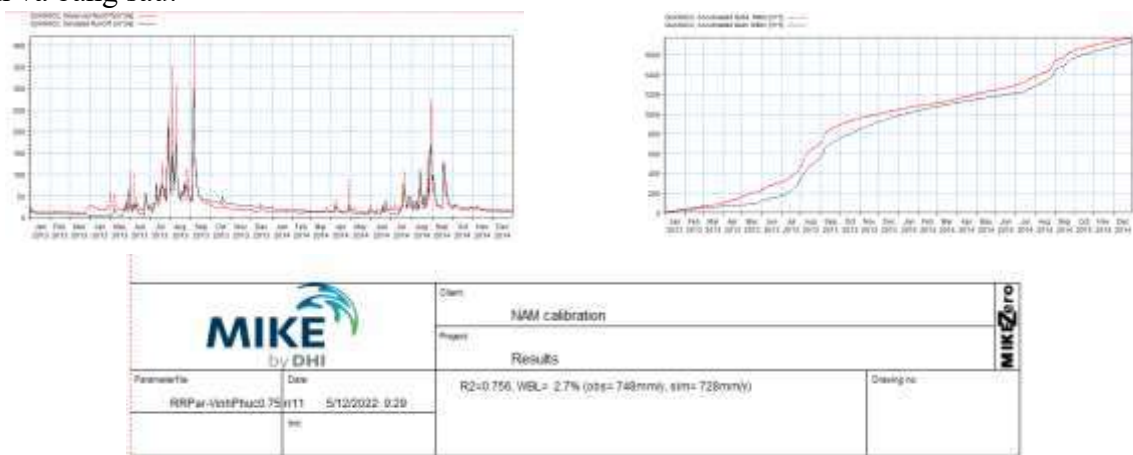
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định mô hình thủy lực

❖ Hiệu chỉnh mô hình

Dùng chuỗi số liệu khí tượng thủy văn từ năm 2013 ÷ 2015 để hiệu chỉnh cho trạm thủy văn Quảng Cư trên sông Phó Đáy. Các thông số mô hình được xác định theo phương pháp thử sai, sau đó sẽ tiến hành kiểm định bộ thông số này. Kết quả mô phỏng đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại trạm Quảng Cư cho mô hình mưa dòng chảy Mike NAM thể hiện trong

hình và bảng sau:



Hình 3: Quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại trạm Quảng Cự

Bảng 2: Bộ thông số mô hình của lưu vực trạm Quảng Cự

Thông số dòng chảy mặt và sạt mặt							
Lưu vực	U_{max}	L_{max}	CQ_{OF}	CK_{IF}	$CK_{1,2}$	T_{OF}	T_{IF}
Quảng Cự	20	297	0.334	944.2	30	0.36	0.973

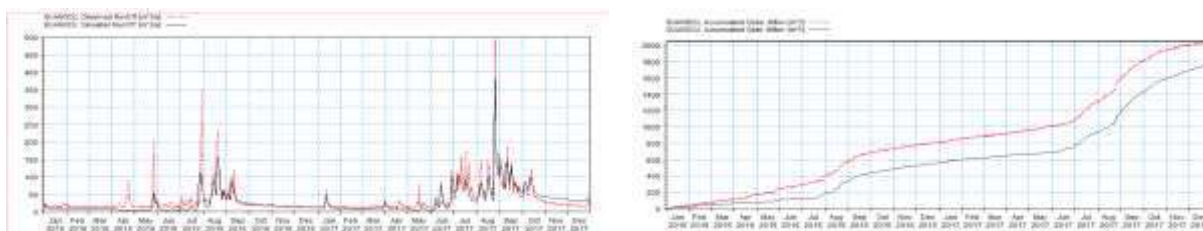
Kết quả hiệu chỉnh bộ thông số cho kết quả tốt, đường quá trình lưu lượng tính toán, thực đo tại trạm Quảng Cự tương đối tốt về hình dạng đường quá trình và đỉnh lũ, chỉ tiêu đánh giá sai số về đường quá trình $NASH = 0,75$, sai số tổng lượng thấp $WBL = 2.7\%$. Như vậy, bộ thông số của mô hình thủy văn hiệu chỉnh được cho kết quả tốt sẽ được kiểm định lại đánh để giá lại bộ thông số.

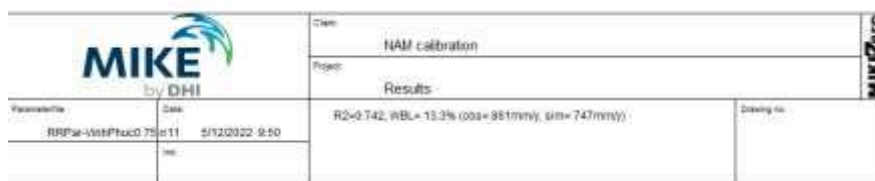
❖ Kiểm định mô hình

Để đánh giá bộ thông số của mô hình Mike NAM cho trạm thủy văn Quảng Cự sử dụng chuỗi số liệu khí tượng thủy văn từ năm 2016 ÷ 2017 để kiểm định bộ thông số mô hình. Kết quả mô phỏng quá trình tính toán và thực đo tại trạm Quảng Cự cho kết quả tốt thể hiện ở hình và bảng sau:

Bảng 3: Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike NAM tại Quảng Cự

Trạm	Hiệu chỉnh		Kiểm định	
	NASH	WBL	NASH	WBL
Quảng Cự	0.75	2.7%	0.74	13.3%





Hình 4: Quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại trạm Quảng Cư

Kết quả kiểm định bộ thông số cho trạm Quảng Cư cho kết quả đường quá trình và đỉnh lũ giữa tính toán và thực đo khá phù hợp, chỉ tiêu đánh giá sai số về đường quá trình NASH= 0.74.

Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định, mô hình được sử dụng để mô phỏng lưu lượng trên các sông chính trong phạm vi của tỉnh Vĩnh Phúc.

3.2. Kết quả tính toán tải lượng thông số chất lượng nước trên sông

Như đã trình bày trước đây, mô đun sinh thái (ECOLab) trong mô hình MIKE 11 giải quyết khía cạnh chất lượng nước trong sông tại những vùng bị ảnh hưởng bởi các hoạt động dân sinh kinh tế... Mô đun này phải được đi kèm với mô đun tải - khuếch tán (AD), điều này có nghĩa là mô đun sinh thái giải quyết các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông còn mô đun tải - khuếch tán (AD) được dùng để

mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

Với mục tiêu đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông hồ trên địa bàn tỉnh phục vụ cho công tác quản lý, bảo vệ tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc, báo cáo đã ứng dụng mô đun sinh thái (ECOLab) trong mô hình MIKE 11 để tính toán chất lượng nước cho hệ thống sông của tỉnh Vĩnh Phúc.

Mô đun sinh thái (ECOLab) trong mô hình MIKE 11 có nhiều lựa chọn để mô phỏng các thông số khác nhau, tuy nhiên căn cứ theo điều kiện hiện trạng, tình hình số liệu và mục đích sử dụng, báo cáo đã lựa chọn Temple “MIKE11 WQ Level4” để mô phỏng, tính toán các chỉ tiêu chất lượng nước, bao gồm: DO, BOD, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻.



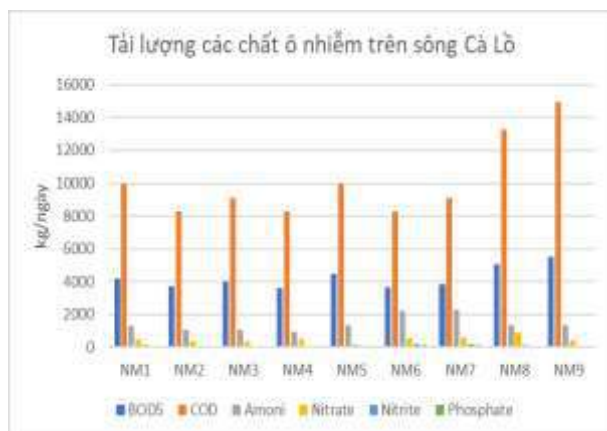
Model definition	State variables	Constants	Forcing	Available variables	Processes	Control output
Description	Transport	Type	Unit	Value	Local	
1 Dissolved oxygen	Transport	Concentration_3	mg/l	7		
2 Temperature	Transport	Undefined	Degree	25		
3 Ammonia	Transport	Concentration_3	mg/l	0.5		
4 Nitrate	Transport	Concentration_3	mg/l	5		
5 BOD	Transport	Concentration_3	mg/l	1.2		
6 Orthophosphate	Transport	Concentration_3	mg/l	0.2		
7 Particulate Phosphorus	Transport	Concentration_3	mg/l	0.2		
8 Faecal coliform bacteria	Transport	Undefined	no/100ml	500		
9 Total coliform bacteria	Transport	Undefined	no/100ml	510		

Hình 5: Mô-đun và chỉ tiêu chất lượng nước được lựa chọn để mô phỏng trong Mô-đun lựa chọn

Bảng 4: Kết quả ước tính của mô hình tải lượng chất ô nhiễm hiện có trên sông Cà Lồ

STT	Tải lượng hiện có	Giá trị (kg/ngày)
1	BOD ₅	3628,8 - 5505,4
2	COD	8294 - 13271

3	Amoni	969,4 - 2275,8
4	Nitrate	378 - 881
5	Nitrite	61,7 - 228,6
6	Phosphate	41 - 143

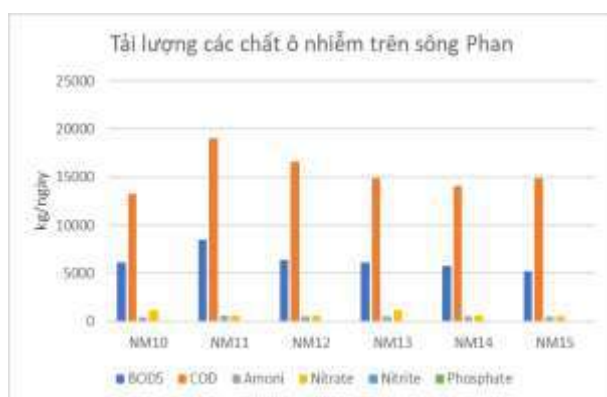


Hình 6: Tải lượng các chất ô nhiễm tại một số điểm quan trắc trên sông Cà Lồ

❖ **Kết quả tính toán tải lượng thông số chất lượng nước trên sông Phan**

Bảng 5: Kết quả ước tính của mô hình tải lượng chất ô nhiễm hiện có trên sông Phan

STT	Tải lượng hiện có	Giá trị (kg/ngày)
1	BOD ₅	5235,8 - 8455,1
2	COD	13271 - 16588,8
3	Amoni	435,5 - 559,8
4	Nitrate	559,9 - 1150,8
5	Nitrite	26,4 - 32,1
6	Phosphate	31,1 - 67,9

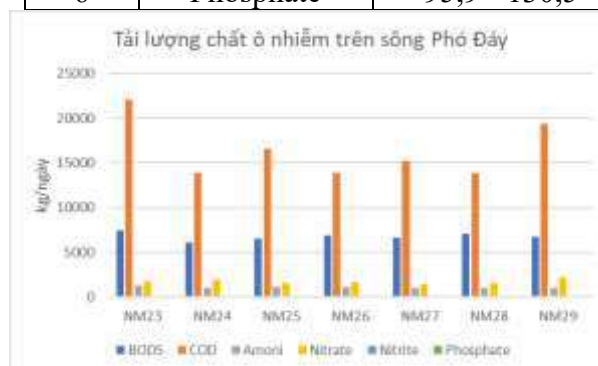


Hình 7: Tải lượng các chất ô nhiễm tại một số điểm quan trắc trên sông Phan

❖ **Kết quả tính toán tải lượng thông số chất lượng nước trên sông Phó Đáy**

Bảng 6: Kết quả ước tính của mô hình tải lượng chất ô nhiễm hiện có trên sông Phó Đáy

STT	Tải lượng hiện có	Giá trị (kg/ngày)
1	BOD ₅	6099,8 - 7456,32
2	COD	13824 - 22118,4
3	Amoni	1010 - 1313,3
4	Nitrate	1408,32 - 2160
5	Nitrite	52,7 - 108
6	Phosphate	95,9 - 130,5



Hình 8: Tải lượng các chất ô nhiễm tại một số điểm quan trắc trên sông Phó Đáy

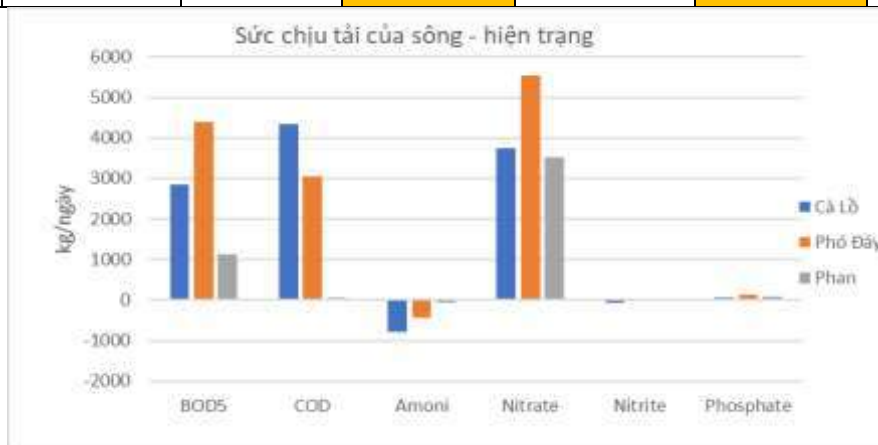
3.3. Kết quả tính toán sức chịu tải của sông

Kết quả tính toán sức chịu tải trên các sông Cà Lồ, Phan và Phó Đáy được thể hiện như sau:

- Khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của các sông đối với thông số COD có giá trị từ 55,296 kg/ngày đến 4331,52 kg/ngày, trong đó sông Phan đang có khả năng vượt quá sức chịu tải của thông số này.
- Khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của các sông đối với thông số BOD₅ có giá trị từ 1143,2 kg/ngày đến 4402,9 kg/ngày.
- Nhìn chung các sông đã xảy ra hiện tượng vượt quá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải đối với thông số Amoni. Khả năng tiếp nhận Amoni dao động từ -51 kg/ngày đến -782,9 kg/ngày.
- Khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của các sông đối với thông số Nitrate có giá trị từ 3747,2 kg/ngày đến 5543,4 kg/ngày.
- Khả năng tiếp nhận nước thải của các sông đối với thông số Nitrite đã vượt quá mức chịu tải, dao động từ -4,2 kg/ngày (sông Phan) đến -74,6 kg/ngày (sông Cà Lồ).
- Khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của các sông đối với thông số Phosphate có giá trị từ 64,9 kg/ngày đến 130,6 kg/ngày.

Bảng 7: Kết quả tính toán sức chịu tải trên sông

Sông	BOD5	COD	Amoni	Nitrate	Nitrite	Phosphate
Cà Lồ	2843.597	4331.52	-782.899	3747.226	-74.6035	64.92672
Phó Bảy	4402.944	3041.28	-428.544	5543.424	-10.368	130.6368
Phan	1143.245	55.296	-51.1488	3526.502	-4.21632	87.02208

*Hình 9. So sánh sức chịu tải đối với một số chất ô nhiễm điển hình trên các sông*

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá được diễn biến chất lượng nước, nguyên nhân ô nhiễm nước mặt và tính toán được sức chịu tải các chất ô nhiễm COD, BOD5, Amoni, Nitrate, Phosphate của sông Cà Lồ, Phan và Phó Bảy tại tỉnh Vĩnh Phúc. Kết quả nghiên cứu cho thấy nước mặt của các sông này có dấu hiệu ô nhiễm chủ yếu bởi các chất hữu cơ (COD, BOD5), chất dinh dưỡng (Amoni, Nitrate, Phosphate). Hiện tại, nguồn nước các sông

không còn khả năng chịu tải đối với các thông số Amoni. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở đề xuất các giải pháp nhằm giảm thiểu ô nhiễm nước trên các sông chảy trong khu vực của tỉnh.

LỜI CẢM ƠN: Bài báo đã kế thừa và sử dụng tài liệu và số liệu thuộc dự án: Đánh giá chất lượng môi trường nước và xây dựng đề án bảo vệ môi trường lưu vực sông trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Luật bảo vệ môi trường năm 2020.
- [2] Quyết định số 1757/QĐ-BTNMT ngày 11 tháng 8 năm 2020 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc ban hành Danh mục nguồn nước liên tỉnh và giành mục nguồn nước liên quốc gia (nguồn nước mặt).
- [3] Quyết định số 341/QĐ-BTNMT ngày 23 tháng 3 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc ban hành Danh mục sông nội tỉnh.
- [4] Theo Báo cáo Progress on Water-use Efficiency (Global baseline for SDG indicator 6.4.1) của FAO (2018).
- [5] Báo cáo Việt Nam: Hướng tới một hệ thống nước có tích thích ứng, sạch và an toàn (WB, 2019).

- [6] Báo cáo Việt Nam: Hướng tới một hệ thống nước có tích thích ứng, sạch và an toàn (WB, 2019).
- [7] Trinh, N.N.; Thịnh, N.H.Đ.; Thu, N.T.Q.; Phương, P.T.D.; Thoa, L.T.K.; Văn, C.T. Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 744, 28–38.
- [8] Hung, N.V.; Trúc, L.T.P.; Thanh, Đ.Q.; Đông, N.P.; Công, T.T. Xây dựng hệ thống dự báo chất lượng nước tự động trên kênh, rạch nội đô thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 741, 57–74.
- [9] An, H.T.; Nhung, T.T.; Thủy, N.T.; Phương, T.A. Nghiên cứu kết hợp mô hình thủy lực và mô hình trí tuệ nhân tạo mô phỏng chất lượng nước sông Nhuệ – Đáy. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 739, 67–80.
- [10] Cầu, L.N.; Quy, L.V.; Quỳnh, P.T. Đánh giá chất lượng nước sông Cầu trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên giai đoạn 2019–2020. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 736(1), 75–87.
- [11] Cầu, L.N.; Anh, N.T.V.; Quỳnh, P.T.; Chiên, N.T.H. 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 2022, 735, 38–50.
- [12] Minh, H.V.T.; Tâm, N.T.; Như, Đ.T.H.; Thành, N.T.; Tỷ, T.V. Đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt và hiệu quả mô hình canh tác lúa nếp ba vụ ở Bắc Vàm Nao, An Giang. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2021, 732, 38–48.
- [13] Anh, N.H.; Uyên, N.Đ.N.; Hồng, H.V. Phân vùng chất lượng nước hệ đầm phá Tam Giang – Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, EME4, 94–102.
- [14] Tuấn, L.N.; Huy, Đ.T. Đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 và đề xuất giải pháp cải thiện. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2021, 728, 1–13.