

# ĐÁNH GIÁ, MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC TRÊN SÔNG CẦU NĂM 2015, 2016 (ĐOẠN TỪ BẮC KẠN ĐẾN PHẢ LẠI)

Phùng Đức Chính, Lê Ngọc Cầu, Nguyễn Thanh Tường, Lê Văn Linh, Trần Xuân Phong,  
Ngô Thị Vân Anh, Trần Thùy Nhung, Trần Thị Thu Huyền  
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài 1/8/2018; ngày chuyển phản biện 2/8/2018; ngày chấp nhận đăng 21/8/2018

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả đánh giá, mô phỏng lan truyền ô nhiễm nguồn nước trên sông Cầu năm 2015, 2016 (đoạn từ Bắc Kạn đến Phả Lại). Trên cơ sở phân tích số liệu đo đạc và sử dụng mô hình MIKE 11 tính toán, mô phỏng lan truyền các chất BOD, DO,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , TSS trong sông có xét đến các nguồn xả thải ở hai bên bờ sông. Kết quả tính toán, mô phỏng cho thấy nồng độ các chất BOD,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$  ở khu vực hạ lưu lớn hơn ở khu vực thượng lưu, nồng độ DO ở hạ lưu nhỏ hơn nồng độ DO ở khu vực thượng lưu. Trong mùa mưa, hầu hết nồng độ các chất nằm trong giới hạn tiêu chuẩn nước mặt (QCVN 08-MT: 2015/BTNMT). Trong mùa khô nồng độ  $NH_4^+$  trên sông Cầu khá cao, nhất là đoạn sông chảy qua địa phận thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên và thị trấn Hiệp Hòa, tỉnh Bắc Giang, vượt quá giới hạn cho phép cột B2 của (QCVN 08-MT: 2015/BTNMT).

**Từ khóa:** Nguồn nước, ô nhiễm, sông Cầu, MIKE 11.

## 1. Mở đầu

Sông Cầu là dòng chính của hệ thống sông Thái Bình chiếm 47% diện tích toàn lưu vực, chảy qua địa phận các tỉnh Bắc Kạn, Thái Nguyên, Bắc Giang, Hà Nội (Sóc Sơn), Bắc Giang và đổ vào sông Thái Bình tại Phả Lại, (Hải Dương). Tổng chiều dài của sông Cầu là 288km. Hiện tại, sông Cầu đang chịu tác động rất lớn do các nguồn nước thải từ các khu đô thị, khu công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp,... trên lưu vực. Năm 2015, 2016, trên cơ sở thực hiện dự án “Điều tra, khảo sát, xác định nguồn gốc và đặc tính ô nhiễm Nitrate ( $NO_3^-$ ) và Phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) phục vụ kiểm soát ô nhiễm nước mặt lưu vực sông Cầu” do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu làm chủ trì, nhóm nghiên cứu đã tiến hành đánh giá, mô phỏng lan truyền các chất BOD, CO,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , TSS trong sông có xét đến các nguồn xả thải ở hai bờ sông. Kết quả mô phỏng được trình bày lên bản đồ bằng công cụ GIS.

\*Tác giả liên hệ: Phùng Đức Chính  
Email: ducchinh.imh@gmail.com

## 2. Phương pháp và dữ liệu

### 2.1. Phương pháp

Mô hình MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng được ứng dụng để mô phỏng chế độ thủy lực, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát trong sông, hệ thống tưới, kênh dẫn,... MIKE 11 bao gồm nhiều mô đun có các khả năng và nhiệm vụ khác nhau như: Mô đun mưa - dòng chảy (RR), mô đun thủy động lực (HD), mô đun tải - khuếch tán (AD), mô đun sinh thái (Ecolab) và một số mô đun khác. Trong đó, mô đun thủy lực (HD) được coi là phần trung tâm của mô hình. Tùy theo mục đích tính toán mà có thể kết hợp sử dụng một hay nhiều mô đun khác nhau. Trong nghiên cứu này, đã sử dụng các mô đun HD, AD và Ecolab.

Mô đun mưa - dòng chảy (RR): Được sử dụng để tính toán, mô phỏng dòng chảy từ mưa ở những lưu vực nhập lưu không có số liệu đo đạc. Mô đun RR được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa tuyến tính bao gồm 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng: Bể chứa tuyết tan; bể chứa mặt; bể chứa tầng dưới; bể chứa nước ngầm tầng trên; bể chứa nước ngầm tầng dưới. Mưa hoặc tuyết tan đều đi vào bể chứa mặt. Lượng

nước (U) trong bể chứa mặt liên tục cung cấp cho bốc hơi và thấm thành dòng chảy sát mặt. Khi U đạt đến U<sub>max</sub>, lượng nước thừa là dòng chảy tràn trực tiếp ra sông và một phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa ngầm.

Mô đun thủy lực HD: Được sử dụng để diễn toán dòng chảy trong sông. Mô đun này được xây dựng trên cơ sở hệ phương trình Saint - Venant một chiều cho dòng không ổn định, gồm hai phương trình sau:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Là một hệ hai phương trình vi phân đạo hàm riêng bậc nhất, hệ phương trình dạng này nói chung không có nghiệm giải tích. Do đó, người ta đã giải hệ phương trình này bằng phương pháp số với lược đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn (Abbott-Inoescu).

Mô đun truyền tải khuếch tán: Được sử dụng để mô phỏng vận chuyển một chiều của chất huyền phù hoặc hoà tan phân huỷ trong các

lòng dẫn hở, dựa trên giả thiết các chất này là hỗn hợp đều, được biểu diễn qua phương trình sau:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

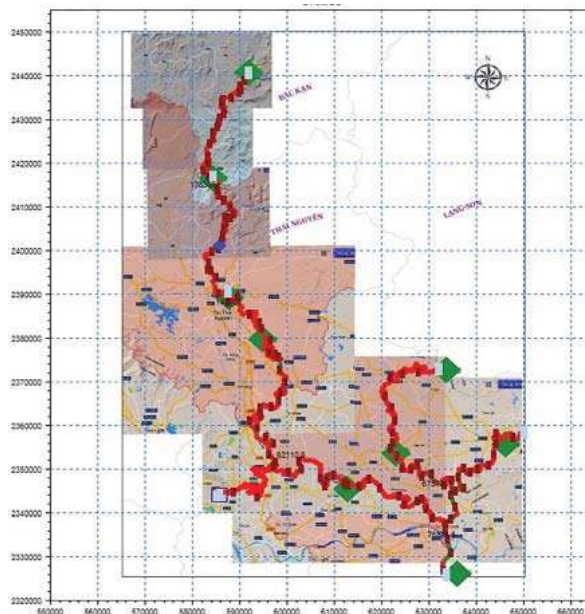
Trong đó, hệ số phân huỷ sinh học K chỉ được dùng khi các hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hoá.

Mô đun sinh thái (Ecolab): Được sử dụng để 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, 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 được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

## 2.2. Dữ liệu

Để đánh giá, mô phỏng chất lượng nước sông Cầu, trong nghiên cứu đã sử dụng các số liệu sau:

Số liệu mặt cắt: Được Tổng cục Khí tượng Thủy văn đo đạc năm 2000 và được cập nhật năm 2016, phục vụ xây dựng hệ thống thủy lực sông Cầu (Hình 1).



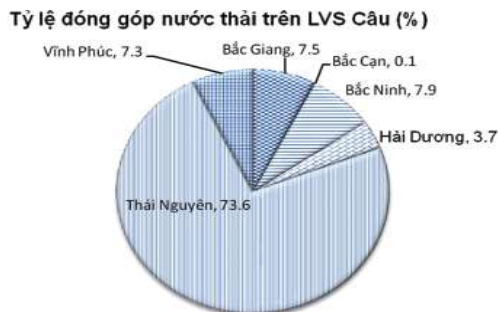
Hình 1. Sơ đồ mô phỏng thủy lực hệ thống sông Cầu trong mô hình MIKE 11

Số liệu mưa và bốc hơi thời kỳ 1962- 2016 các trạm: Diêm Mạc, Đại Từ, Kỳ Phú, Phổ Yên, Tam Đảo, Phúc Yên và Đông Anh; số liệu lưu lượng trạm Tân Cương (1962-1975), Phú Cường (1968-1975) phục vụ hiệu chỉnh kiểm định mô hình, từ đó tính toán, mô phỏng dòng chảy năm 2015, 2016 làm biên trên cho mô hình thủy lực.

Số liệu lưu lượng năm (2013-2016) tại các trạm thủy văn Thác Riêng, Chũ; số liệu mực nước năm (2013-2016) tại các trạm Đáp Cầu, Phủ Lạng Thương, Lục Nam, Cầu Sơn được sử

dụng để hiệu chỉnh, kiểm định mô phỏng thủy lực năm 2015, 2016 cho lưu vực sông Cầu.

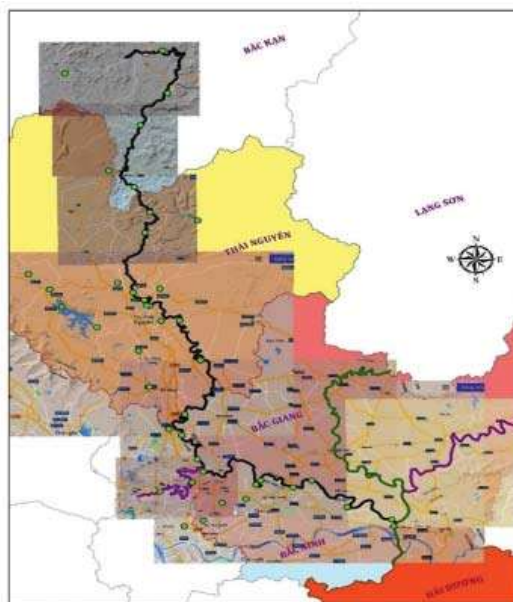
Các nguồn thải chính trên lưu vực sông Cầu được xác định gồm 141 nguồn thải, trong đó: Bắc Giang (27), Bắc Kạn (01); Bắc Ninh (27), Hải Dương (01), Thái Nguyên (62) và Vĩnh Phúc (23). Loại hình nguồn thải này chủ yếu gồm: Khu công nghiệp, làng nghề, y tế, khai khoáng, luyện kim, thực phẩm, điện tử, chăn nuôi, vật liệu xây dựng, cơ khí, phân bón,... Tỷ lệ đóng góp nước thải trên lưu vực sông Cầu được trích trong Hình 2a.



Hình 2a. Tỷ lệ đóng góp nước thải trên lưu vực sông Cầu

Số liệu nồng độ các chất BOD, DO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, TSS tại 43 điểm quan trắc trên lưu vực sông Cầu năm 2014 được sử dụng để hiệu

chỉnh mô hình và năm 2015, 2016 để tính toán mô phỏng lan truyền ô nhiễm trên sông Cầu (Hình 2b).



Hình 2b. Vị trí các điểm lấy mẫu chất lượng nước trên sông Cầu

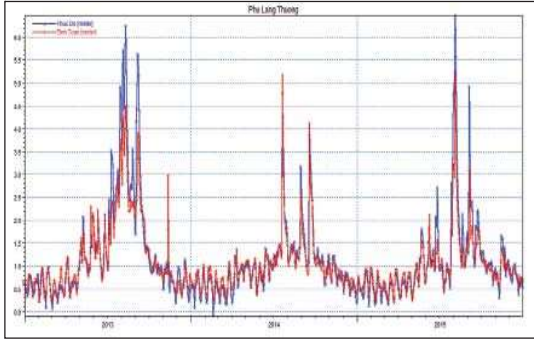
### 3. Kết quả và thảo luận

Từ số liệu mưa, bốc hơi, sử dụng mô hình MIKE - NAM tính toán, mô phỏng dòng chảy đến trạm Tân Cương, Phú Cường thời kỳ 2013-2016 làm biên trên phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định

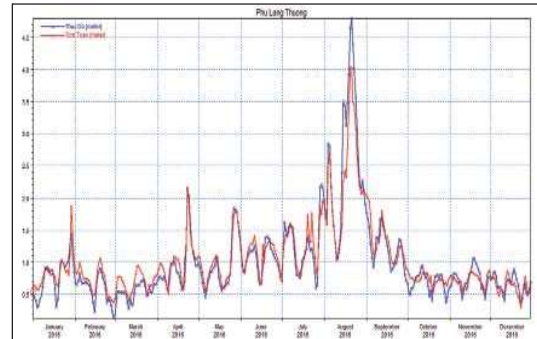
mô hình thủy lực cho sông Cầu. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực trên lưu vực sông Cầu được đánh giá bằng chỉ số Nash-Sutcliffe. Bảng 1 cho thấy, kết quả tính toán khá phù hợp với tài liệu thực đo (Hình 3, 4).

**Bảng 1: Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11**

TT	Trên trạm	Hiệu chỉnh	Kiểm định
1	Đáp Cầu	93%	91%
2	Phủ Lạng Thương	89%	92%
3	Lục Nam	95%	92%



**Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại trạm Phủ Lạng Thương**



**Hình 4. Kết quả kiểm định mô hình tại trạm Phủ Lạng Thương**

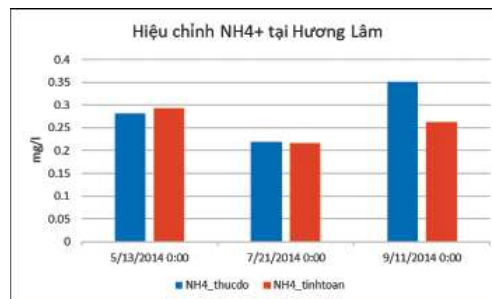
Để mô phỏng lan truyền các chất BOD, DO, NH<sup>4+</sup>, NO<sup>3-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, TSS trong sông, tiến hành hiệu chỉnh chất lượng nước. Theo số liệu tại các điểm quan trắc: Hiền Lương, Vạn Phúc, Hương Lâm, Cầu Vát, Cầu Mây, Trà Vườn, Gia

Bảy, Hoàng Văn Thụ, Hòa Bình, Chợ Mới. Vị trí các điểm quan trắc được trình bày trong Bảng 2.

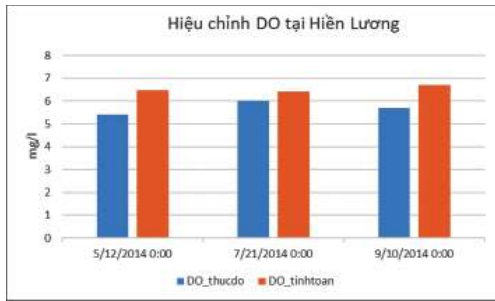
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định chất lượng nước tại một số vị trí được trình bày ở các Hình 5, 6, 7, 8, 9.

**Bảng 2. Vị trí các điểm quan trắc được sử dụng để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình chất lượng nước**

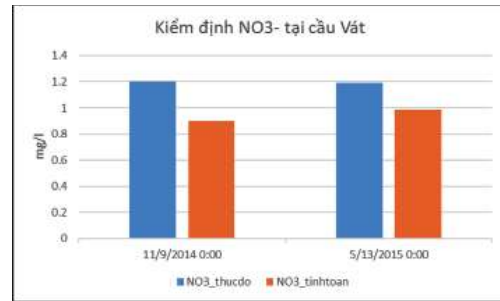
STT	Vị trí	Vĩ độ	Kinh độ
1	Hoàng Văn Thụ	21° 36' 38,35"	105° 49' 37,47"
2	Cầu Gia Bảy	21° 35' 51,64"	105° 50' 14,49"
3	Cầu Loàng	21° 33' 52,34"	105° 51' 32,439"
4	Cầu Trà Vườn	21° 33' 52,95"	105° 53' 38,04"
5	Cầu Vát	21° 18' 55,09"	105° 53' 45,97"
6	Chợ Mới	21° 51' 26,17"	105° 48' 34,03"
7	Hiền Lương	21° 09,394'	106° 12,443'
8	Hòa Bình	21° 45' 25,67"	105° 49' 45,41"
9	Hương Lâm	21° 15' 44,41"	105° 55' 31,72"
10	Vạn Phúc	21° 12' 22,23"	106° 2' 10,90"



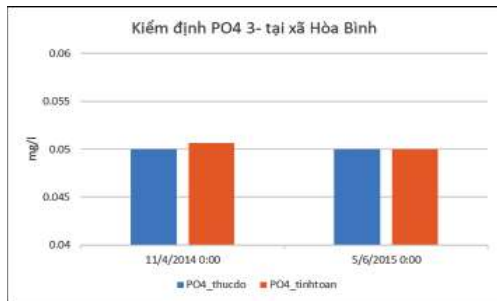
**Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tại Hương Lâm**



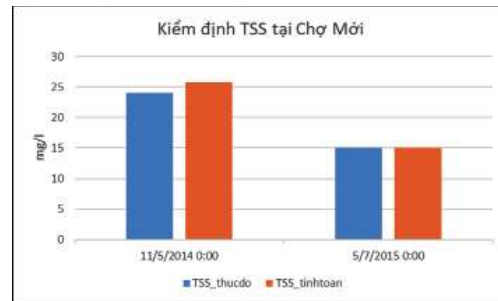
Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh DO tại Hiền Lương



Hình 7. Kết quả kiểm định NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tại Cầu Vát



Hình 8. Kết quả kiểm định PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại xã Hòa Bình



Hình 9. Kết quả kiểm định TSS tại Chợ Mới

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định BOD, DO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, TSS tại các trạm được trình bày chi tiết tại báo cáo tổng kết dự án “Điều tra, khảo sát, xác định nguồn gốc và đặc tính ô nhiễm Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) và Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) phục vụ kiểm soát ô nhiễm nước mặt lưu vực sông Cầu”.

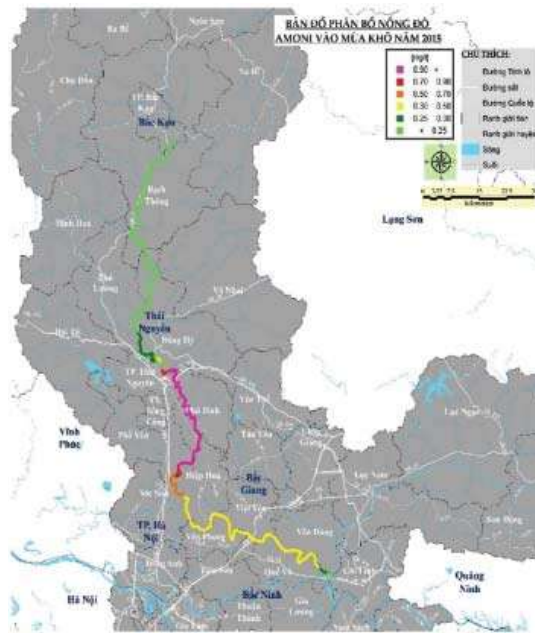
Từ kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình có thể thấy, sai số giữa kết quả tính toán với giá trị thực đo nhỏ hơn 20% ở hầu hết các vị trí. Như vậy mô hình chất lượng nước đạt được độ chính

xác yêu cầu và có thể sử dụng bộ thông số tìm được để mô phỏng chất lượng nước năm 2015, 2016 cho lưu vực sông Cầu.

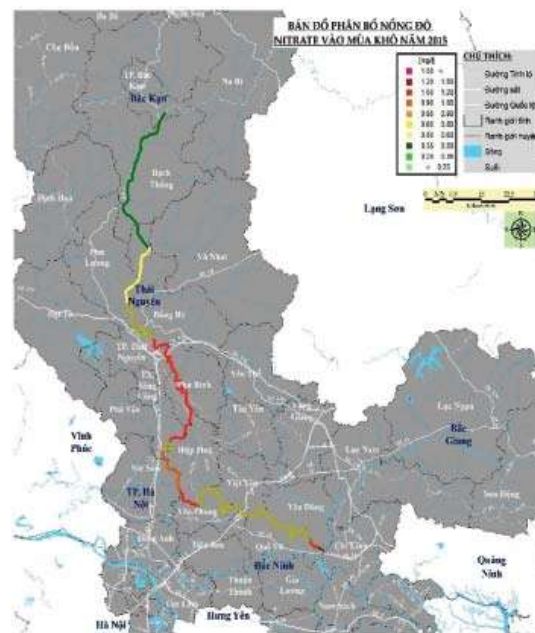
Từ bộ thông số mô hình chất lượng nước tìm được, tiến hành tính toán mô phỏng chất lượng nước năm 2015, 2016 cho lưu vực sông Cầu. Kết quả mô phỏng chất lượng nước sông Cầu trong mùa khô, mùa mưa năm 2015, 2016 được trình bày trong Hình 10, 11, 12, 13, 14 và trong Bảng 3.

Bảng 3. Bảng giá trị lớn nhất của các yếu tố trong mùa khô và mùa mưa năm 2015, 2016 trên sông Cầu (đơn vị: mg/l)

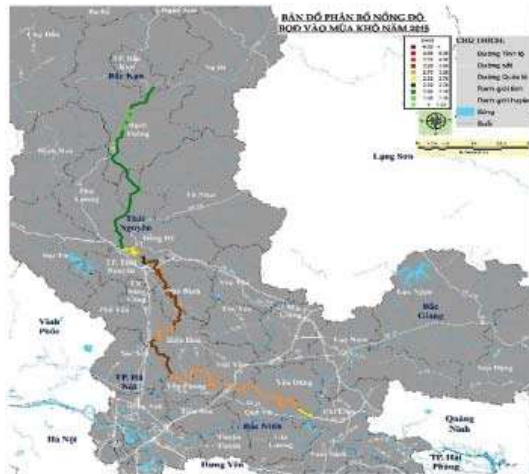
Yếu tố	2015		2016		Giá trị giới hạn theo (QCVN 08-MT: 2015/BTNMT)			
	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	A		B	
					A1	A2	B1	B2
DO	6,0 < <7,7	5,0 < <7,7	6,0 < <7,5	5,0 < <8,0	≥6	≥5	≥4	≥2
BOD	<3,5	<5,0	<6	<7	4	6	15	25
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	>0,9	<0,45	>1,1	<0,3	0,3	0,3	0,9	0,9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<1,2	<1,05	<1,5	<1,4	2	5	10	15
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0,16	<0,08	<0,09	<0,65	0,1	0,2	0,3	0,5
TSS	< 70	<40	<40	<40	20	30	50	100



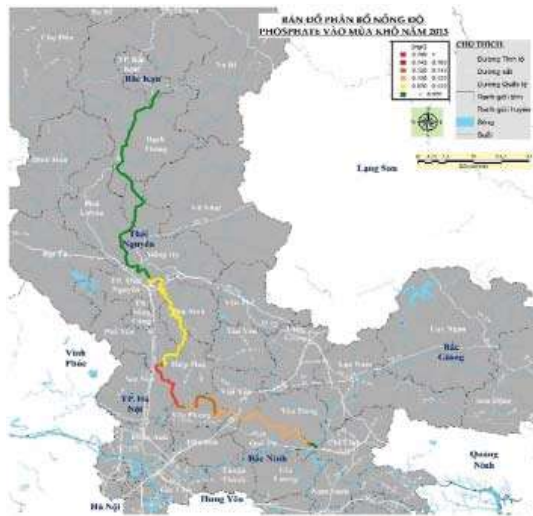
Hình 10: Bản đồ phân bố nồng độ  $NH_4^+$  trong mùa khô năm 2015



Hình 11: Bản đồ phân bố nồng độ  $NO_3^-$  trong mùa khô năm 2015



Hình 12: Bản đồ phân bố nồng độ BOD trong mùa khô năm 2015



Hình 13: Bản đồ phân bố nồng độ  $PO_4^{3-}$  trong mùa khô năm 2016



Hình 14: Bản đồ phân bố nồng độ TSS trong mùa khô năm 2016

Kết quả mô phỏng nồng độ các chất BOD, DO,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , TSS trên sông Cầu trong mùa khô và mùa mưa năm 2015, 2016 được trình bày chi tiết trong cáo tổng kết dự án “Điều tra, khảo sát, xác định nguồn gốc và đặc tính ô nhiễm Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) và Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) phục vụ kiểm soát ô nhiễm nước mặt lưu vực sông Cầu”.

Trong đó:

A1 - Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt (sau khi áp dụng xử lý thông thường), bảo tồn động thực vật thủy sinh và các mục đích khác như loại A2, B1 và B2.

A2 - Dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng phải áp dụng công nghệ xử lý phù hợp hoặc các mục đích sử dụng như loại B1 và B2.

B1 - Dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi hoặc các mục đích sử dụng khác có yêu cầu chất lượng nước tương tự hoặc các mục đích sử dụng như loại B2.

B2 - Giao thông thủy và các mục đích khác với yêu cầu nước chất lượng thấp.

#### 4. Nhận xét

Kết quả mô phỏng chất lượng nước lưu vực sông Cầu trong mùa khô 2015 và 2016 cho thấy:

- Nồng độ các chất có khả năng gây ô nhiễm trên sông Cầu biến đổi dọc theo dòng sông, nơi

bị ô nhiễm cao thường là nơi tập trung các khu công nghiệp, đô thị.

- Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  ở hạ lưu lớn hơn ở vùng thượng lưu, nơi có nồng độ  $\text{NH}_4^+$  cao nhất tại khu vực chảy qua địa phận thành phố Thái Nguyên và thị trấn Hiệp Hòa, tỉnh Bắc Giang (năm 2015) và từ thành phố Thái Nguyên và Yên Dũng, tỉnh Bắc Giang (2016), vượt quá chỉ tiêu B2, nơi cao nhất là khu vực thành phố Thái Nguyên có  $\text{NH}_4^+ > 1,1 \text{ mg/l}$ .

- Nồng độ các chất khác đều trong giới hạn cho phép trong QCVN 08-MT: 2015/BTNMT.

Kiến nghị: Trong nghiên cứu này mới chỉ tính toán mô phỏng nồng độ các chất BOD, DO,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , TSS mà chưa xét đến các yếu tố khác, nhất là những yếu tố ảnh hưởng tới sức khỏe con người như: Xyanua (CN-), Asen (As), Chì (Pb), Thủy ngân (Hg), Tổng dầu, mỡ,... Đây là các chất được sản sinh trong quá trình khai thác khoáng sản, tinh luyện kim loại,... và ở các khu công nghiệp, nên chưa đánh giá hết được mức độ ô nhiễm trên sông Cầu. Do đó, cần đo đạc và mô phỏng nồng độ các chất nói trên để có thể đánh giá đầy đủ mức độ ô nhiễm trên lưu vực sông Cầu trong các năm tiếp theo, làm cơ sở trong công tác giám sát, bảo vệ môi trường lưu vực sông Cầu.

#### Tài liệu tham khảo

1. Chi cục Bảo vệ môi trường lưu vực sông Cầu và Cục Quản lý chất thải và cải thiện môi trường (2015), Báo cáo thực trạng môi trường nước và các nguồn thải chính gây ô nhiễm môi trường nước trên lưu vực sông Cầu - Nguyên nhân và giải pháp, Bắc Giang, 2015.
2. Hoàng Văn Hùng, Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên (2013), Nghiên cứu thực trạng ô nhiễm môi trường nước sông Cầu đoạn chảy qua địa bàn tỉnh Bắc Kạn, Tạp chí Khoa học và Công nghệ.
3. Trung tâm Quan trắc Môi trường, Tổng cục Môi trường (2012), Đánh giá chất lượng nước mặt lưu vực sông Cầu dựa trên các kết quả đạt được trong năm 2010-2012 thuộc nhiệm vụ: Phân vùng môi trường phục vụ quản lý và cải thiện chất lượng các đoạn sông thuộc lưu vực sông Cầu, Hà Nội.
4. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Thái Nguyên, Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Thái Nguyên năm 2004-2005, Thái Nguyên 7/2005.



# SIMULATION AND EVALUATION OF POLLUTANT TRANSPORT IN CAU RIVER IN 2015 AND 2016 (FROM BAC KAN TO PHA LAI)

Phung Duc Chinh, Le Ngoc Cau, Nguyen Thanh Tuong, Le Van Linh, Tran Xuan Phong,  
Ngo Thi Van Anh, Tran Thuy Nhung, Tran Thi Thu Huyen  
Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Received: 1/8/2018; Accepted 21/8/2018

**Abstract:** *This paper presents results of the simulation and evaluation of pollutants transport in Cau river in 2015 and 2016 (from Bac Kan to Pha Lai). The propagation of BOD,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , and TSS in the river was simulated based on the basis of measurement data and the use of MIKE 11 considering the sources of river discharge on both river banks. The results showed that the concentrations of BOD,  $H_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , and TSS in the downstream area were higher than those in the upstream area. Additionally, downstream areas' DO concentration was lower than that in the upper area. In the rainy season, most concentrations do not exceed the surface water standard (QCVN 08-MT: 2015 / BTNMT). In the dry season, the  $NH_4^+$  concentration in Cau river is rather high, especially in the part crossing Thai Nguyen city, Thai Nguyen province and Hiep Hoa town, Bac Giang province, exceeding B2 column of the surface water standard (QCVN 08-MT: 2015 / BTNMT).*

**Keywords:** *Water source, pollution, Cau river, MIKE 11.*