

## STUDY ON APPLYING THE TMDLs METHOD TO CALCULATE THE TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD OF POLLUTION COMPONENTS N, P, BOD FOR RIVER SEGMENTS WITH DIFFERENT WATER USE PURPOSE

**Bui Huy Hoang**

*University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi*

ARTICLE INFO		ABSTRACT
<b>Received:</b>	<b>20/5/2024</b>	Determining total maximum daily loads (TMDL) for river segments is important for river water quality control and management based on total pollutant load approach. This approach has been applied successfully in many advanced countries, such as USA, Canada, Japan, Korea,... This article presents the results of calculation of the total maximum daily load for N, P for Cau river segments in Thai Nguyen province with different water use purposes. The SWAT model and QUAL2K model have been established, calibrated and validated for Cau river basin against monitoring data in 2004-2019 period. Using these models, the TMDLs of N, P, BOD are calculated for flow regimes: low flow. The TMDL of NH <sub>4</sub> is 19.1 ton/day, PO <sub>4</sub> is 3.6 ton/day and BOD is 93.1 ton/day respectively. Based on the calculation results, some solutions for improving the Cau River water environment have been proposed.
<b>Revised:</b>	<b>10/7/2024</b>	
<b>Published:</b>	<b>11/7/2024</b>	
<b>KEYWORDS</b>		
Total maximum daily load		
SWAT model		
QUAL2K model		
Water quality modeling		
River basin		

## NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP TMDL TÍNH TOÁN TẢI LƯỢNG NGÀY TỐI ĐA CỦA CÁC THÀNH PHẦN Ô NHIỄM N, P, BOD CHO CÁC ĐOẠN SÔNG CẦU VỚI MỤC ĐÍCH SỬ DỤNG NƯỚC KHÁC NHAU

**Bùi Huy Hoàng**

*Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia, Hà Nội*

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
<b>Ngày nhận bài:</b>	<b>20/5/2024</b>	Xác định tải lượng ngày tối đa cho các đoạn sông là công việc quan trọng phục vụ kiểm soát chất lượng nước trong lưu vực sông trên cơ sở tổng tải lượng ô nhiễm. Bài báo này trình bày kết quả tính toán tải lượng ngày tối đa của các thành phần ô nhiễm N, P cho các đoạn sông Cầu đi qua tỉnh Thái Nguyên với mục đích sử dụng nước khác nhau. Mô hình thủy văn SWAT và mô hình chất lượng nước QUAL2K được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu quan trắc trong giai đoạn 2004-2019 và được sử dụng để mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước trong lưu vực sông. Tải lượng tối đa ngày của N, P, BOD được tính toán cho kịch bản dòng chảy là dòng chảy kiệt. Kết quả tính toán tải lượng tối đa ngày đối với NH <sub>4</sub> là 19,1 tấn/ngày, PO <sub>4</sub> , tương ứng là 3,6 tấn/ngày và BOD là 93,1 tấn/ngày. Kết quả nhận được làm cơ sở cho việc đề xuất một số giải pháp phục vụ mục đích cải thiện môi trường nước cho lưu vực sông Cầu.
<b>Ngày hoàn thiện:</b>	<b>10/7/2024</b>	
<b>Ngày đăng:</b>	<b>11/7/2024</b>	
<b>TỪ KHÓA</b>		
Tổng tải lượng tối đa ngày (TMDL)		
SWAT Mô hình		
QUAL2K Mô hình		
Mô hình chất lượng nước		
Lưu vực sông		

**DOI:** <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10419>

*Email: hoangbh86@gmail.com*

<http://jst.tnu.edu.vn>

350

*Email: jst@tnu.edu.vn*

## 1. Mở đầu

Khái niệm "tải lượng ô nhiễm ngày tối đa" có nguồn gốc từ khái niệm TMDL (Total Maximum Daily Load) trong đạo luật nước sạch ở Mỹ năm 1972. TMDL là tải lượng tối đa của một chất ô nhiễm từ các nguồn thải điểm và nguồn thải diện đổ vào một thủy vực cần xác định sao cho chất lượng nước của thủy vực đó không vượt quá quy chuẩn về chất lượng nước [1], [2]. Khi mà chương trình kiểm soát nguồn thải quốc gia (NPDES - National Pollutant Discharge Elimination System) không đáp ứng được tiêu chuẩn chất lượng nước thì chương trình quản lý lưu vực cụ thể cần được xây dựng trên cơ sở kết quả xác định TMDL. Ở châu Âu, Khung chỉ thị về nước của cộng đồng châu Âu (European Union Water Framework Directive), cũng có cách tiếp cận tương tự như cách tiếp cận TMDL. Phương pháp TMDL cũng đã được áp dụng ở Nhật Bản, Hàn Quốc và một số nước châu Á như Trung Quốc, Philipin [3] – [6] đã mang đến sự cải thiện rõ rệt về chất lượng nước ở các thủy vực ven biển, các đoạn sông...

Khái niệm TMDL liên quan chặt chẽ đến khái niệm "sức chịu tải" của thủy vực. Tại Việt Nam vấn đề xác định sức chịu tải ô nhiễm cho một đoạn sông đã được nghiên cứu trong thời gian gần đây trên cơ sở thông tư hướng dẫn của Bộ Tài nguyên và Môi trường về phương pháp đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước [7]. Các nghiên cứu chủ yếu chỉ đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải tại hạ lưu sông Vàm Cỏ, sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua huyện Bến Lức (BOD, COD, TSS, tổng N và tổng P) bằng mô hình MIKE 11; nhiều mô hình như MIKE11, ISIS, Duflow, Delft3D được sử dụng để tính toán khả năng tiếp nhận nước thải trong lưu vực sông (LVS), vùng ven biển, đầm, vịnh. Việc đánh giá sử dụng phương pháp tải lượng ô nhiễm ngày tối đa hầu như chưa được nghiên cứu đến.

Lưu vực sông Cầu nằm ở vùng Đông-Bắc Việt Nam có diện tích khoảng 6300 km<sup>2</sup>. LVS bao gồm toàn bộ tỉnh Thái Nguyên và một phần của 6 tỉnh khác. Dòng chính sông Cầu dài khoảng 288 km chảy qua các tỉnh Bắc Kạn, Thái Nguyên, Bắc Ninh và Bắc Giang. Đầu ra của dòng chính sông Cầu là Phả Lại. Các nhánh cấp nước chính của sông Cầu bao gồm sông Chợ Chu, sông Nghinh Tường, sông Đu, sông Công, sông Cà Lồ và sông Ngũ Huyện Khê (Hình 1).

Đoạn sông Cầu chảy qua tỉnh Thái Nguyên chịu ảnh hưởng do tiếp nhận nước thải của các khu công nghiệp và các hoạt động nông nghiệp dọc 2 bên bờ nên nước sông bị ô nhiễm rõ rệt, một số đoạn sông các chỉ số chất lượng nước NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD, COD chỉ đạt QCVN 08 cột B2 [8], [9].

Bài báo này trình bày thiết lập mô hình và tính toán chất lượng nước cho lưu vực sông Cầu. Trên cơ sở đó tính toán tổng tải lượng tối đa ngày của các thành phần ô nhiễm N, P và BOD cho các đoạn sông Cầu, cụ thể là đoạn sông đi qua tỉnh Thái Nguyên, phục vụ cho công tác tính toán sức chịu tải và phân bổ hạn ngạch cho các đơn vị hành chính thuộc lưu vực sông Cầu.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Cơ sở khoa học

Tổng tải lượng tối đa ngày là giá trị tải lượng tối đa mà một thủy vực có thể tiếp nhận mà vẫn đạt tiêu chuẩn chất lượng nước (theo yêu cầu sử dụng). Xác định tổng tải lượng tối đa đi kèm với việc xác định tải lượng của các nguồn chất thải: nguồn diện và nguồn điểm. TMDL được định nghĩa bởi phương trình sau:

$$TMDL = \Sigma_{WLA} + \Sigma_{LA} + MOS \quad (1)$$

Trong đó:

- TMDL: tổng tải lượng tối đa ngày
- WLA: tải lượng nguồn điểm
- LA: Tải lượng nguồn phân tán
- MOS: hệ số an toàn

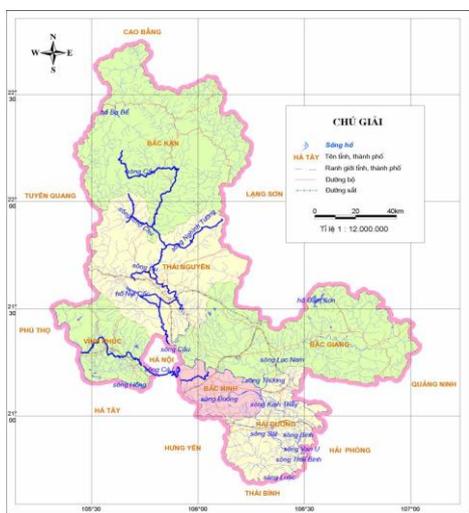
## 2.2. Thiết lập mô hình mô phỏng và tính toán

### 2.2.1. Mô hình dòng chảy SWAT

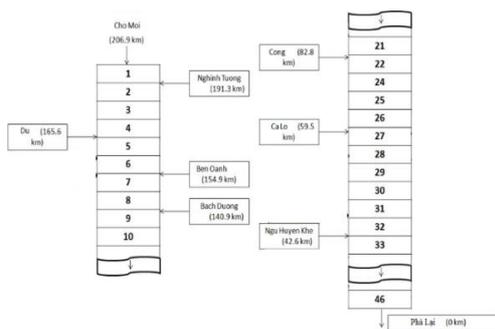
Các hệ số dòng chảy tại các trạm Thác Riêng, Chợ Mới và Gia Bảy lấy từ dữ liệu quan trắc cho giai đoạn 2004-2016 có thể được sử dụng làm số liệu tham chiếu. Mô hình SWAT được hiệu chỉnh lưu lượng nước theo số liệu quan trắc lưu lượng tại trạm Gia Bảy giai đoạn 2004-2011, và được kiểm định cho giai đoạn 2011-2016.

Dữ liệu cho mô hình SWAT bao gồm:

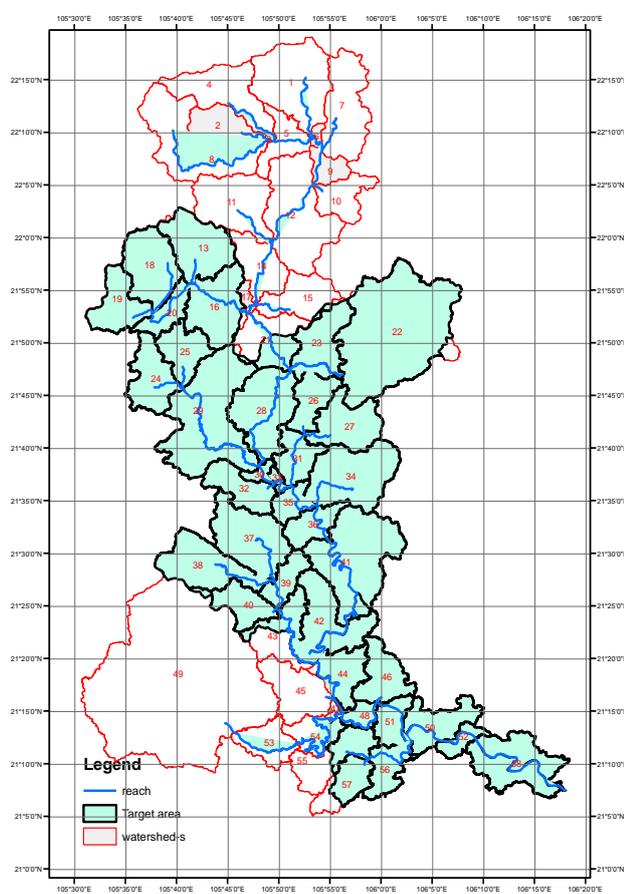
- Bản đồ DEM lấy từ USGS với độ phân giải 1-arc.
- Bản đồ thảm phủ dựa lấy từ bản đồ sử dụng đất năm 2007 vào chỉnh sửa theo niên giám thống kê; Bản đồ đất dựa trên bản đồ đất châu Á của FAO.
- Các số liệu khí tượng thủy văn thu thập từ các trạm đo trên lưu vực (CEM) giai đoạn từ 2004-2019.



Hình 1. Lưu vực sông Cầu



Hình 3. Sơ đồ chia đoạn sông Cầu trong mô hình QUAL2K



Hình 2. Phân chia tiểu lưu vực sông Cầu trong SWAT

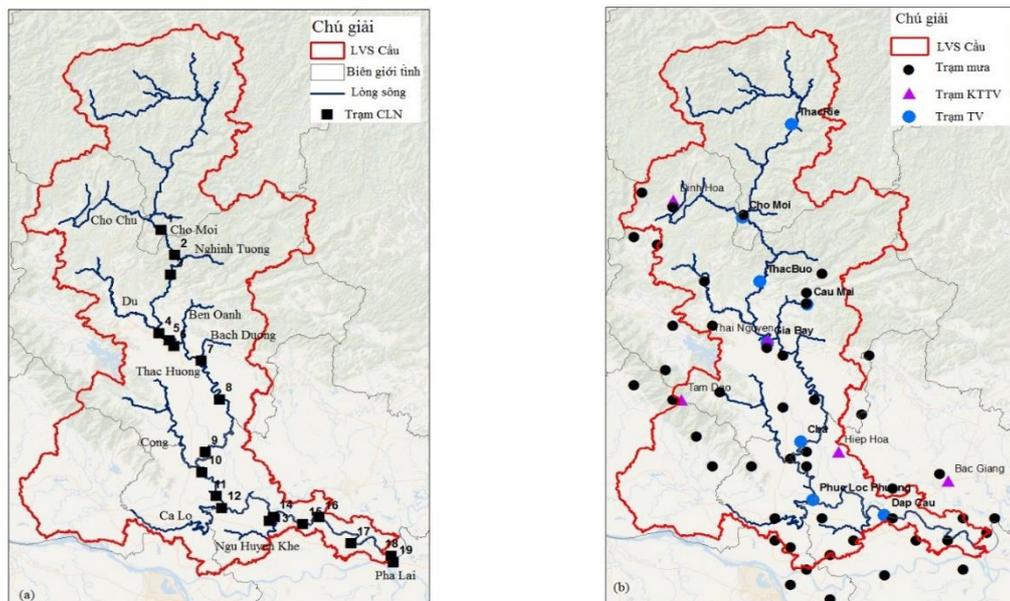
Hình 2 cho thấy phân chia tiểu lưu vực trong lưu vực sông Cầu thu được từ mô hình SWAT. Các tiểu lưu vực được sử dụng như là đơn vị diện tích để tính toán tải lượng ô nhiễm.

### 2.2.2. Mô hình mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước QUAL2K

Mô hình mô phỏng dòng chảy trên QUAL2k được xây dựng dựa trên các mặt cắt sông thu thập được (50 mặt cắt ngang) chạy dọc sông Cầu bắt đầu từ Chợ Mới đến Phả Lại [9].

Mạng sông suối gồm có: dòng chính từ Chợ Mới đến Phả Lại và 7 nhánh sông (sông Nghinh Tường, sông Đu, Bèn Oánh, Bạch Dương, sông Công, sông Cà Lò và sông Ngũ Huyện Khê). Vị trí của điểm đầu nguồn (Headwater) (Chợ Mới) và các nhánh sông và các tiểu lưu vực thượng lưu được trình bày như trên Hình 3.

Mô hình mô phỏng chất lượng nước dựa trên mô hình dòng chảy được xây dựng trong mô hình QUAL2K ở trên. Vị trí trạm đo chất lượng nước và khí tượng thủy văn được trình bày như trên Hình 4.



Hình 4. (a) Mạng sông suối và vị trí các trạm đo chất lượng nước trên dòng chính sông Cầu; (b) Các trạm quan trắc thủy văn, khí tượng và trạm đo mưa

Tải lượng ô nhiễm đầu vào cho mô hình gồm có:

- Tải lượng ô nhiễm từ các mặt cắt thượng du (tại Chợ Mới) và 7 nhánh sông.
- Tải lượng ô nhiễm từ các nguồn phân tán (dân sinh, chăn nuôi, dịch vụ, sử dụng đất, lâm nghiệp);
- Tải lượng ô nhiễm từ các nguồn điểm (nhà máy, bệnh viện,...)

Các nguồn điểm sẽ được chia thành hai nhóm: (1) các nguồn thải trực tiếp vào sông Cầu hoặc các nhánh của nó và (2) các nguồn nằm cách xa sông.

Vị trí 200 nguồn điểm chính được biểu diễn trong Hình 5.

### 3. Kết quả và bình luận

#### 3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

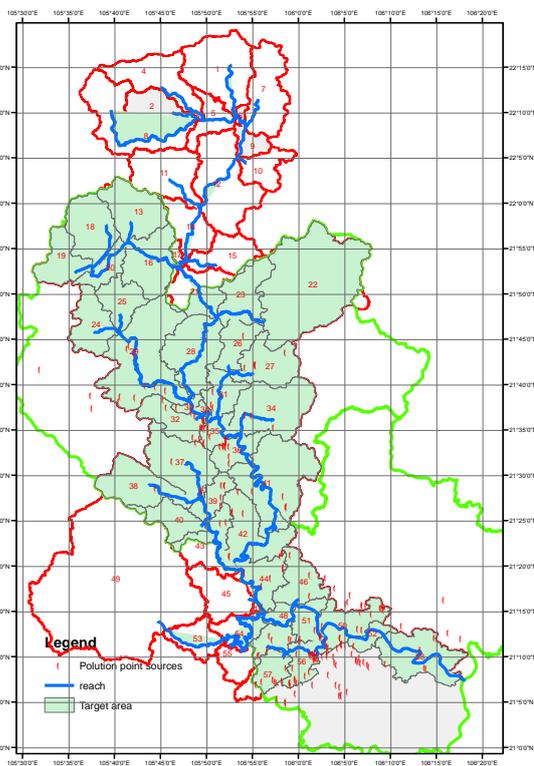
##### 3.1.1. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình dòng chảy

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWAT được biểu diễn như Hình 6, 7. Kết quả so sánh lưu lượng nước tại trạm Gia Bảy (Thái Nguyên) trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định giữa mô phỏng và thực đo cho kết quả khá tương đồng.

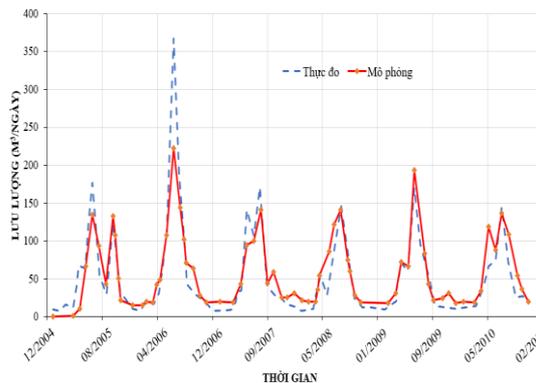
##### 3.1.2. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình chất lượng nước sông Cầu

Căn cứ vào số liệu quan trắc hiện có trên LVS Cầu, nghiên cứu lựa chọn 2 giai đoạn để hiệu chỉnh và kiểm định như sau:

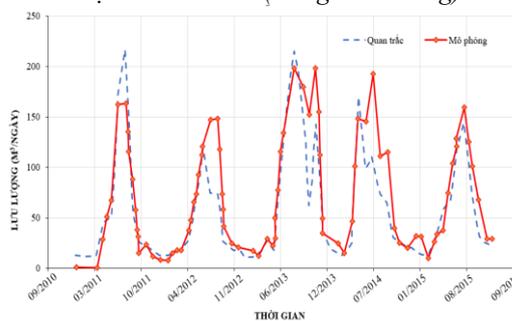
- Giai đoạn hiệu chỉnh mô hình (Mùa khô): từ 03/11/2015 đến 09/11/2015 trên cơ sở số liệu quan trắc thường xuyên của CEM (trung tâm quan trắc môi trường) năm 2015.
- Giai đoạn kiểm định mô hình (Mùa khô): từ 09/11/2019 đến 16/11/2019 trên cơ sở số liệu quan trắc thường xuyên của CEM trong năm 2019.



Hình 5. Vị trí các nguồn điểm



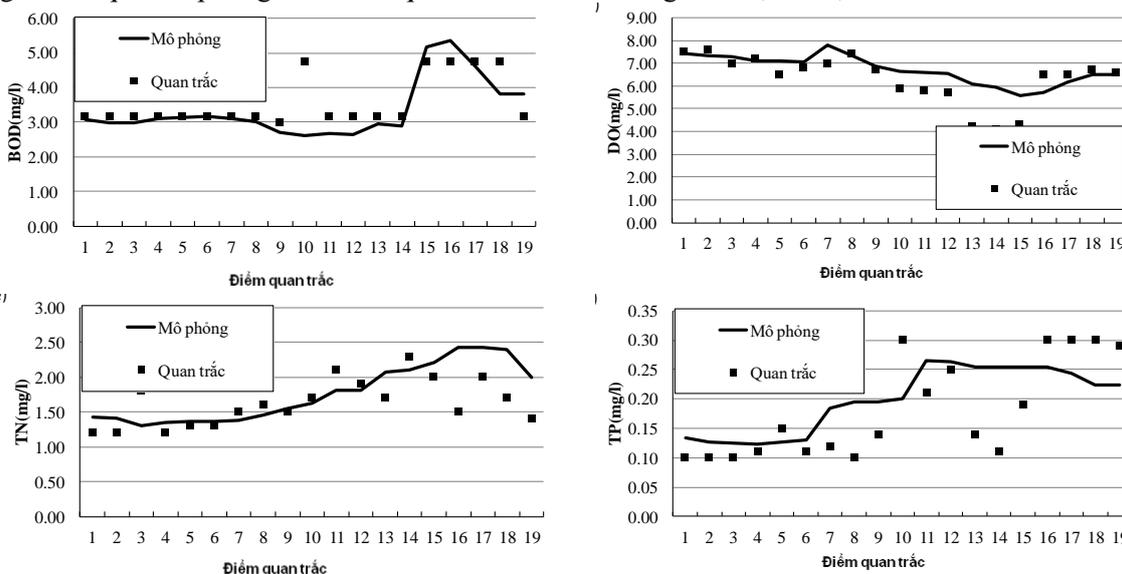
Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh mô hình SWAT giai đoạn 2006 - 2011 (trung bình tháng)



Hình 7. Kết quả kiểm định mô hình SWAT cho giai đoạn 2011-2016 (trung bình tháng)

Hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước

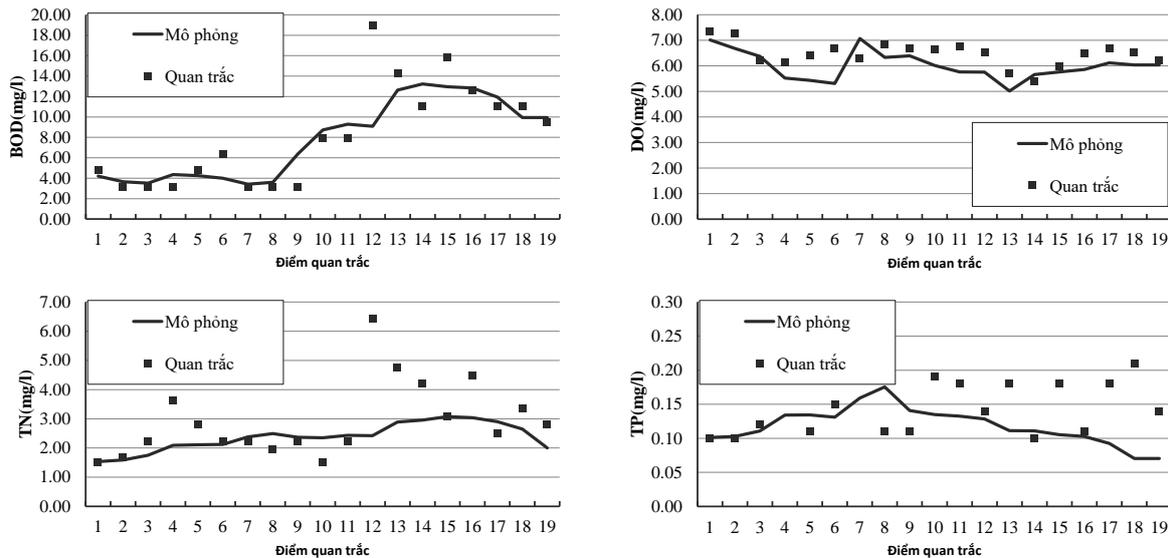
Hình 8 trình bày kết quả mô phỏng được so sánh với các số liệu quan trắc tại 19 trạm quan trắc dọc theo dòng chính sông Cầu trong giai đoạn hiệu chỉnh. Có thể nhận thấy sự phù hợp tốt giữa kết quả mô phỏng và số liệu quan trắc của các thông số DO, BOD, TN và TP.



Hình 8. Kết quả hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước trên sông Cầu mùa khô 2015

*Giai đoạn kiểm định mô hình chất lượng nước*

Mô hình được kiểm định với số liệu quan trắc trong thời gian mùa khô 09/11/2019 đến 16/11/2019 với các tham số mô hình nhận được từ kết quả hiệu chỉnh với các số liệu quan trắc trong thời gian 03/11/2015 đến 09/11/2015. Kết quả kiểm định chỉ ra rằng mô hình với các tham số kiểm định cho kết quả phù hợp với các giá trị quan trắc trong giai đoạn kiểm định mùa khô. Điều này cho thấy các tham số mô hình không phụ thuộc nhiều vào sự thay đổi theo mùa (lưu lượng và nhiệt độ). Hình 9 trình bày so sánh kết quả giữa kết quả mô phỏng và quan trắc trong giai đoạn kiểm định.



**Hình 9.** Kết quả kiểm định mô hình chất lượng nước trên sông Cầu mùa khô năm 2019

**3.2. Tính toán tải lượng ô nhiễm ngày tối đa**

Để tính toán tổng tải lượng ngày tối đa, nghiên cứu này tính toán cho dòng chảy trung bình tháng kiệt nhất. Khu vực áp dụng tính toán là đoạn sông Cầu đi qua tỉnh Thái Nguyên. Dựa theo phân vùng chất lượng nước cho đoạn sông thuộc Thái Nguyên như bảng 1 [10].

Chỉ tiêu ô nhiễm được lựa chọn là NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD

Để tính toán tải lượng tối đa ngày, có 2 loại tải lượng chất ô nhiễm của nguồn thải cần tính, đó là tải lượng chất ô nhiễm nguồn phân tán và nguồn điểm. Đối với nguồn phân tán (sinh hoạt, chăn nuôi, sử dụng đất, thương mại dịch vụ, công nghiệp) thì tải lượng chất ô nhiễm được tính toán dựa trên niên giám thống kê của tỉnh Thái Nguyên năm 2019 [11]. Đối với nguồn điểm biểu diễn trên hình 5 (có khoảng 200 nguồn thải điểm có vị trí xác định trong cả lưu vực sông Cầu và có số liệu quan trắc chất lượng nước được cung cấp từ CEM [8], [9]), tải lượng được tính dựa trên lưu lượng xả thải và nồng độ chất ô nhiễm quan trắc. Kết quả tính toán tải lượng ô nhiễm cho lưu vực thuộc Thái Nguyên như bảng 2.

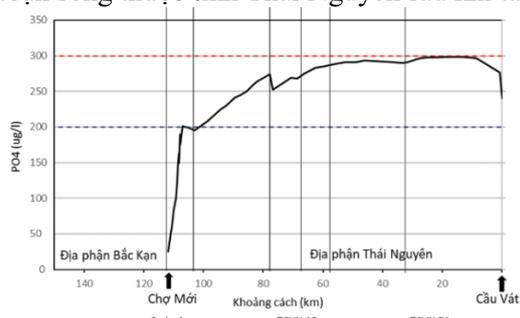
**Bảng 1.** Phân vùng sử dụng nước cho đoạn sông Cầu thuộc tỉnh Thái Nguyên

Đoạn	Từ điểm	Đến điểm	Độ dài (km)	Phân vùng sử dụng nước
1	Văn Lăng	(Hợp lưu suối Cái)	8,46	A2
2	(Hợp lưu suối Cái)	(Hợp lưu sông Đu)	25,56	B1
3	(Hợp lưu sông Đu)	(Hợp lưu Bến Oánh)	10,62	B1
4	(Hợp lưu Bến Oánh)	(Hợp lưu Bạch Dương)	9,38	B1
5	Hợp lưu Bạch Dương	Ranh giới Phú Bình, Hiệp Hòa	25,34	B1
6	Ranh giới Phú Bình và Hiệp Hòa	Cầu Vát	32,42	B1

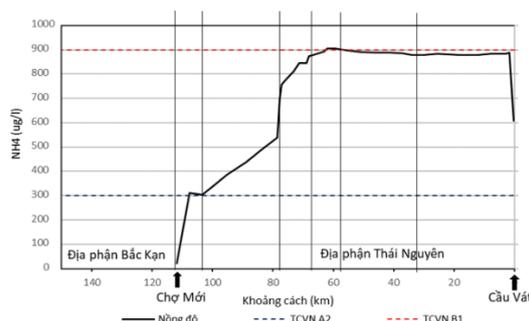
**Bảng 2. Tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải trong LVS Cầu**

Nguồn thải	BOD <sub>5</sub> (kg/day)	NH <sub>4</sub> (kg/day)	PO <sub>4</sub> (kg/day)	NO <sub>2</sub> (kg/day)	NO <sub>3</sub> (kg/day)	COD (kg/day)
Phân tán	210241,02	28122,10	7532,35	12852,52	5700,64	382088,06
Điểm	40875,96	4239,33	1054,74	1937,48	859,36	54352,47
<b>Tổng</b>	<b>251116,98</b>	<b>32361,42</b>	<b>8587,09</b>	<b>14789,99</b>	<b>6560,00</b>	<b>436440,53</b>

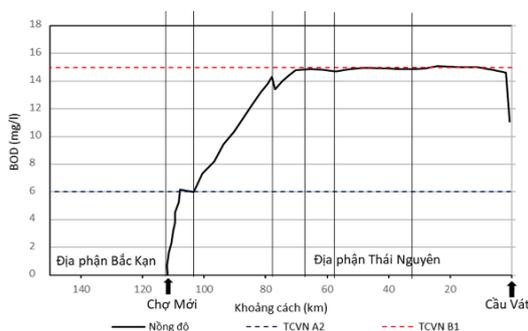
Để xác định tổng tải lượng ngày tối đa, nghiên cứu tăng dần tải lượng các nguồn thải cho đến khi nồng độ các chất ô nhiễm chưa vượt quá TCVN cho phép và DO không thấp hơn yêu cầu sử dụng nước. Kết quả tính toán tổng tải lượng ngày tối đa với các chất ô nhiễm được trình bày trong bảng 3. Hình 10, 11, 12 là diễn biến nồng độ các chất ô nhiễm NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD trong các đoạn sông thuộc tỉnh Thái Nguyên sau khi tăng dần các nguồn thải.



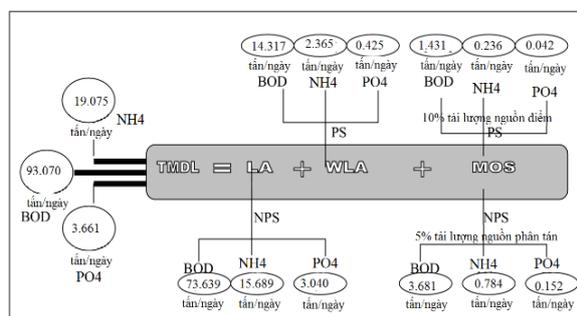
**Hình 10. Diễn biến nồng độ PO<sub>4</sub> dọc theo sông Cầu đoạn qua Thái Nguyên**



**Hình 11. Diễn biến nồng độ NH<sub>4</sub> dọc sông Cầu đoạn đi qua Thái Nguyên**



**Hình 12. Diễn biến nồng độ BOD dọc sông Cầu đoạn đi qua Thái Nguyên**



**Hình 13. Tổng tải lượng tối đa ngày các thành phần ô nhiễm cho đoạn sông Cầu qua tỉnh Thái Nguyên**

**Bảng 3. Kết quả tính toán tải lượng NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD tối đa cho các đoạn sông**

Từ điểm	Đến điểm	Tải lượng NH <sub>4</sub> (kg/ngày)	Tải lượng PO <sub>4</sub> (kg/ngày)	Tải lượng BOD (kg/ngày)
Văn Lăng (Chợ Mới)	(Hợp lưu suối Cái)	763,08	524,62	16215,55
(Hợp lưu suối Cái)	(Hợp lưu sông Đu)	762,91	256,44	25250,77
(Hợp lưu sông Đu)	(Hợp lưu Bến Oánh)	1547,81	142,80	10376,02
(Hợp lưu Bến Oánh)	(Hợp lưu Bạch Dương)	3007,43	754,15	93,99
Hợp lưu Bạch Dương	(Ranh giới Phú Bình và Hiệp Hòa)	11007,43	904,15	131,99
Ranh giới Phú Bình và Hiệp Hòa	Cầu Vát	1986,71	1078,96	41002,16
<b>Tổng tải lượng</b>		<b>19075,38</b>	<b>3661,12</b>	<b>93070,48</b>

Như vậy với dòng chảy kiệt, ta có tổng tải lượng ngày tối đa cho đoạn sông thuộc Thái Nguyên được trình bày trong Hình 13, cụ thể là:

$TMDL_{NH_4} = 19,075$  tấn/ngày;  $TMDL_{PO_4} = 3,661$  tấn/ngày;  $TMDL_{BOD} = 93,070$  tấn/ngày

#### 4. Kết luận

Bài báo này đã kết hợp sử dụng mô hình mưa dòng chảy SWAT và mô hình QUAL2K để tính toán mô phỏng chất lượng nước cho lưu vực sông Cầu đoạn từ Chợ Mới đến Phả Lại và lựa chọn đoạn sông Cầu đi qua tỉnh Thái Nguyên làm vùng nghiên cứu. Việc kết hợp hai mô hình cho kết quả tính toán tương đối tốt trong điều kiện chúng ta thiếu dữ liệu về lưu lượng dòng chảy tại các biên đầu vào. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực là tốt. Với mô hình chất lượng nước, các kết quả tính toán và đo đạc một số thời điểm không khớp nhau, nguyên nhân là do kết quả quan trắc tại 1 thời điểm không thể đại diện cho chất lượng nước của cả giai đoạn tính toán, nhưng khi so sánh với kết quả quan trắc trung bình 5 năm tại cùng 1 thời điểm vị trí ta thấy xu hướng diễn biến chất lượng nước tính toán và đo đạc là khá tương đồng và đối với chất lượng nước thì kết quả này chấp nhận được. Bài báo đã sử dụng phương pháp TMDL để xác định và tính toán được tải lượng ô nhiễm tối đa ngày áp dụng cho 1 đoạn sông Cầu thuộc tỉnh Thái Nguyên, theo đó tải lượng tối đa ngày đối với BOD là 93,070 tấn/ngày; với  $NH_4$  là 19,1 tấn/ngày, và với  $PO_4$ , tương ứng là 3,6 tấn/ngày. Kết quả chỉ ra được tải lượng tối đa ngày cho BOD,  $NH_4$  và  $PO_4$  mà đoạn sông Cầu đi qua tỉnh Thái Nguyên có thể tiếp nhận để đảm bảo theo đúng phân vùng chất lượng nước của đoạn sông. Kết quả này có thể làm cơ sở để tính toán hạn ngạch xả thải cho các đoạn sông Cầu tùy thuộc theo tình hình phát triển kinh tế của khu vực. Tuy nhiên để có thể tính toán được hạn ngạch xả thải thì cần những nghiên cứu chuyên sâu hơn kết hợp với những nghiên cứu về kinh tế xã hội của tỉnh để đảm bảo lợi ích cả về môi trường lẫn kinh tế.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] W. M. Jarrell, "Getting Started with TMDLs," Draft Guidance for Water Quality-Based Decisions, YSI Incorporated, Environmental Products Group, USEPA, 1999.
- [2] Maryland Department of the Environment, "Total Maximum Daily Loads of Biochemical Oxygen Demand (BOD), Nitrogen and Phosphorus for Town Creek into which the Town of Oxford Wastewater Treatment Plant Discharges," Talbot County, Maryland, 2002.
- [3] C. Fan, K.-H. Chen, and Y.-Z. Huang, "Model-based carrying capacity investigation and its application to total maximum daily load (TMDL) establishment for river water quality management: A case study in Taiwan," *Journal of Cleaner Production*, vol. 291, 2021, Art. no. 125251.
- [4] M. S. Riasi, A. Teklitz, W. Shuster, C. Nietch, and L. Yeghiazarian, "Reliability-Based Water Quality Assessment with Load Resistance Factor Design: Application to TMDL," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 23, no. 12, 2018, Art. no. 04018053.
- [5] W. Frost, R. C. Lott, R. LaPlante, and F. Rose, "Modeling for TMDL Implementation," *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 24, no. 6, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001786.
- [6] S. Liang, H. Jia, C. Xu, T. Xu, and C. Melching, "A Bayesian approach for evaluation of the effect of water quality model parameter uncertainty on TMDLs: A case study of Miyun Reservoir," *Science of The Total Environment*, vol. 560–561, pp. 44–54, 2016.
- [7] Ministry of Natural Resources and Environment, Circular No. 76/2017/TT-BTNMT dated 29/12/2017: Regulations on assessment of wastewater receiving capacity and carrying capacity of river and lake water sources, 2017.
- [8] N. H. Hà, "Study on the optimal distribution of pollution sources and estimation of total maximum daily pollution load for the purpose of control and management of water environment in river basins in Vietnam," (In Vietnamese), Institute of Environmental Technology, Projectcode: VAST07.05/18-19, 2020.
- [9] H. H. Bui, N. H. Ha, T. N. D. Nguyen, A. T. Nguyen, T. T. H. Pham, J. Kandasamy, and T. V. Nguyen, "Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam," *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 19, pp. 210–223, 2019.
- [10] Center for Environmental Monitoring, "Environmental zoning serves to manage and improve the quality of river sections in the Cau River basin," Project 2012.
- [11] General Statistics Office of Thai Nguyen, *Thai Nguyen Statistical Yearbook*, Statistical Publishing House, 2019.