

Bài báo khoa học

Đánh giá và dự báo chất lượng nước các kênh, rạch, sông, suối trên địa bàn tỉnh Bình Dương

Nguyễn Đức Thiện¹, Trần Đức Dũng^{1*}, Nguyễn Thế Tùng Lâm², Nguyễn Quốc Quân¹, Phạm Đặng Mạnh Hồng Luân¹

¹ Trung tâm Quản lý Nước và Biến đổi khí hậu – Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; quocquannguyen1987@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

² Trung tâm Quan trắc Kỹ thuật Tài nguyên Môi trường Bình Dương (BREM); lambk2000@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dungtranducvn@yahoo.com; Tel.: +84–902007905

Ban Biên tập nhận bài: 08/12/2021; Ngày phản biện xong: 04/01/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

Tóm tắt: Chất lượng nước tại các kênh, rạch sông, suối dưới tác động của phát triển công nghiệp và đô thị hóa là một trong những vấn đề cần được quan tâm trong việc quản lý tài nguyên nước tại địa bàn tỉnh Bình Dương. Nghiên cứu thực hiện đánh giá chất lượng nước tại 26 lưu vực sông, suối và kênh rạch tỉnh Bình Dương cho cái nhìn tổng quát về tình hình chất lượng nước và dự báo chất lượng nước thay đổi trong tương lai qua kịch bản xả thải năm 2025. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước khá tốt với NSE và R^2 trên 0,7 đồng thời kết quả hiệu chỉnh nồng độ mặn tạm chấp nhận với NSE và R^2 trên 0,5. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho chất lượng nước (BOD, COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) cho phần trăm sai số so với thực tế dưới 25%. Nghiên cứu thực hiện mô phỏng chất lượng nước theo các kịch bản với kết luận nhiều lưu vực vượt ngưỡng nồng độ cho phép theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT cột B1 đặc biệt là các lưu vực nằm gần khu công nghiệp, khu đô thị và một số vùng nông nghiệp chăn nuôi lớn. Chỉ số chất lượng nước (WQI) được tính toán bằng các kết quả trích xuất từ mô hình MIKE 11 cho phép đánh giá rõ hơn về phân vùng ô nhiễm của tỉnh Bình Dương.

Từ khóa: MIKE 11; Ecolab; Chất lượng nước; WQI; Lưu vực.

1. Mở đầu

Bình Dương là một tỉnh có tốc độ phát triển kinh tế cao so với cả nước và khu vực [1]. Với sự phát triển của công nghiệp và gia tăng dân số, nhiều lưu vực đã có các vấn đề trong việc quản lý chất lượng nước khi nồng độ tải lượng thải ngày một tăng nhưng khả năng tự làm sạch của lưu vực có giới hạn. Kết quả lấy mẫu phân tích vào ngày 14/4/2020 cho thấy, chất lượng nước kênh Ba Bò như sau: Thượng nguồn hàm lượng chất hoạt động bề mặt 4,2 mg/l, vượt quy chuẩn 8,4 lần [2]. Ngày 8/4/2020, chỉ sau một trận mưa đầu mùa, suối Chợ chảy từ KCN Đại Đăng xuống P. Tân Phước Khánh, TX. Tân Uyên bỗng nổi đầy bọt trắng. Bọt lấp đầy dòng suối kèm theo mùi hôi khiến người dân hoang mang. Theo Sở TNMT Bình Dương, qua lấy mẫu nước xét nghiệm, con suối này bị ô nhiễm hàm lượng BOD vượt 127 lần, COD vượt 123 lần...[3]. Trước tình hình chất lượng nước diễn ra khá phức tạp, việc đánh giá hiện trạng cũng như dự báo ảnh hưởng của nồng độ các chất ô nhiễm tại các lưu vực địa bàn tỉnh Bình Dương là cần thiết. Hiện nay, phương pháp mô hình hóa được ứng dụng rộng rãi trong mô phỏng quá

trình lan truyền nồng độ các chất trên nhiều hệ thống sông suối. Đã có nhiều nghiên cứu ngoài nước ứng dụng mô hình MIKE 11 để mô phỏng lưu lượng và chất lượng nước [4, 7]. Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu cũng đã ứng dụng mô hình MIKE 11 trong việc đánh giá, dự báo và quản lý chất lượng nước [8, 11]. Trên thực tế, đã có các nghiên cứu đánh giá chất lượng nước tại các lưu vực tỉnh Bình Dương [12, 15], tuy nhiên, phạm vi nghiên cứu còn nhỏ lẻ chưa cho thấy được bức tranh tổng quan về tình hình chất lượng nước của cả tỉnh. Ngoài ra, MIKE 11 còn có các ưu điểm như giao diện dễ dùng, tích hợp hệ thống thông tin địa lý GIS truy xuất dữ liệu dễ dàng, quá trình lập mô hình nhanh. Vì vậy nghiên cứu sử dụng bộ mô hình MIKE 11 với module HD, AD và Ecolab để mô phỏng và dự báo nồng độ các chất (BOD, COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) tại 26 lưu vực của Bình Dương. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá chất lượng nước mùa mưa và mùa khô cho hiện trạng và năm 2025 tại 26 sông, suối, kênh rạch tỉnh Bình Dương. Kết quả của nghiên cứu sẽ cung cấp thông tin phục vụ cho quản lý tài nguyên và chất lượng nước của Bình Dương.

2. Phương pháp nghiên cứu

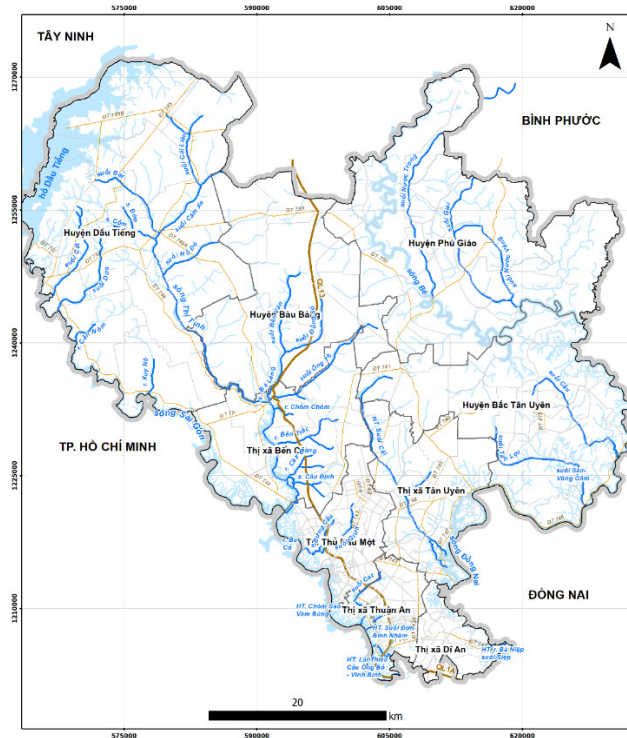
2.1. Khu vực nghiên cứu

Bình Dương là tỉnh thuộc miền Đông Nam bộ, nằm trong Vùng kinh tế trọng điểm phía Nam [16]. Diện tích tự nhiên 2.694,64 km² (chiếm 0,83% diện tích cả nước và xếp thứ 42/61 về diện tích tự nhiên), có tọa độ địa lý nằm trong 11°52'–12°18' vĩ độ Bắc và 106°45'–107°67'30" kinh độ Đông (Hình 1). Tỉnh Bình Dương có 9 đơn vị hành chính cấp huyện, bao gồm 3 thành phố (Thủ Dầu Một, Dĩ An, Thuận An), 2 thị xã (Bến Cát và Tân Uyên) và 4 huyện (Bàu Bàng, Bắc Tân Uyên, Dầu Tiếng, Phú Giáo) với 91 đơn vị hành chính cấp xã, bao gồm 45 phường, 4 thị trấn và 42 xã. Dân số của tỉnh là 1.995.817 người, mật độ dân số là 741 người/km².

Bình Dương nằm trong vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa, mang tính chất cận xích đạo. Trong năm có hai mùa, mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau. Nhiệt độ bình quân hàng năm từ 24–28°C. Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm đạt 1.200 đến 1.400mm. Tổng lượng mưa trung bình từ 1.614 đến 2.147mm/năm [17]. Bình Dương có hệ thống sông ngòi với nhiều kênh rạch, sông nhánh với các con sông lớn chảy qua địa bàn tỉnh như sông Đồng Nai, sông Sài Gòn và sông Bé. Trong phạm vi tỉnh Bình Dương có 3 dạng địa hình sau: Địa hình đồi núi thấp, Địa hình đồng bằng cao tích tụ và xâm thực tích tụ, Đồng bằng thấp tích tụ ven sông rạch. Tỉnh có các vùng đất đỏ thuận lợi cho trồng cây cao su và cà phê; vùng đồng bằng sông bồi đắp, nơi có nhiều ruộng lúa và vườn cây ăn trái.

Bình Dương có 33 KCN với tổng diện tích quy hoạch 14.790 ha. Trong 05 năm qua (2016–2020), tỉnh đã thành lập mới và mở rộng 04 KCN với diện tích 1.400 ha, điều chỉnh giảm quy mô 05 KCN với diện tích 243 ha. Tính đến tháng 6/2020, tỉnh có 29 KCN với tổng diện tích quy hoạch 12.721 ha, chiếm 9% về số lượng và 13% về diện tích KCN cả nước [18]. Về cơ cấu nền kinh tế năm 2020, khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản chiếm tỷ trọng 3,23%; khu vực công nghiệp và xây dựng chiếm 65,97%; khu vực dịch vụ chiếm 22,69%; thuế sản phẩm trừ trợ cấp sản phẩm chiếm 8,11%. GRDP bình quân đầu người đạt 150,1 triệu đồng/năm.

Tổng Thư ký Hội Bảo vệ thiên nhiên và Môi trường Việt Nam cho biết nguồn gây ô nhiễm chủ đạo là nước thải sinh hoạt và công nghiệp. Vấn đề ô nhiễm sông Đồng Nai hiện quá nguy cấp nhưng 11 tỉnh, thành trong lưu vực hiện nay chỉ Bình Dương và TP HCM có nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt nhưng cũng xử lý được phần rất nhỏ [19].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp mô hình hóa

MIKE 11 là phần mềm được phát triển bởi Viện Nghiên cứu Thủy lực Đan Mạch (DHI), cung cấp các công cụ động lực học một chiều nhằm phân tích động thái dòng chảy trên một hệ thống sông và kênh rạch từ đơn giản đến phức tạp [20]. 5 mô-đun chính của phần mềm bao gồm: mô-đun thủy động lực học; mô-đun truyền tải khuếch tán; mô-đun dự báo lũ; mô-đun vận chuyển bùn cát; và mô-đun chất lượng nước. Mô-đun thủy động lực (HD) là hạt nhân của hệ thống mô hình MIKE 11 và là cơ sở cho hầu hết các mô-đun bao gồm: dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn cát. Mô-đun thủy lực của MIKE 11 giải các phương trình tổng hợp theo phương dòng chảy để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng (hệ phương trình Saint-Venant) hệ phương trình này gồm [21]:

Phương trình liên tục:

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

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} = 0 \quad (2)$$

Trong đó Q là lưu lượng dòng chảy (m^3/s); A là diện tích mặt cắt ướt (m^2); q là lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m^2/s); C là hệ số cản Chezy; R là bán kính thủy lực (m); h là độ sâu dòng chảy (m); α là hệ số hiệu chỉnh động năng.

Mô-đun truyền tải khuếch tán (AD) được dùng để mô phỏng vận chuyển một chiều của chất huyền phù hoặc hoà tan (phân huỷ) trong các lòng dẫn hở dựa trên phương trình để trữ tích lũy với giả thiết các chất này được hoà tan trộn lẫn, nghĩa là không có thay đổi hay biến động trong cùng mặt cắt và dòng chảy không phân tầng (đồng đẳng) [21].

Phương trình truyền tải-khuếch tán:

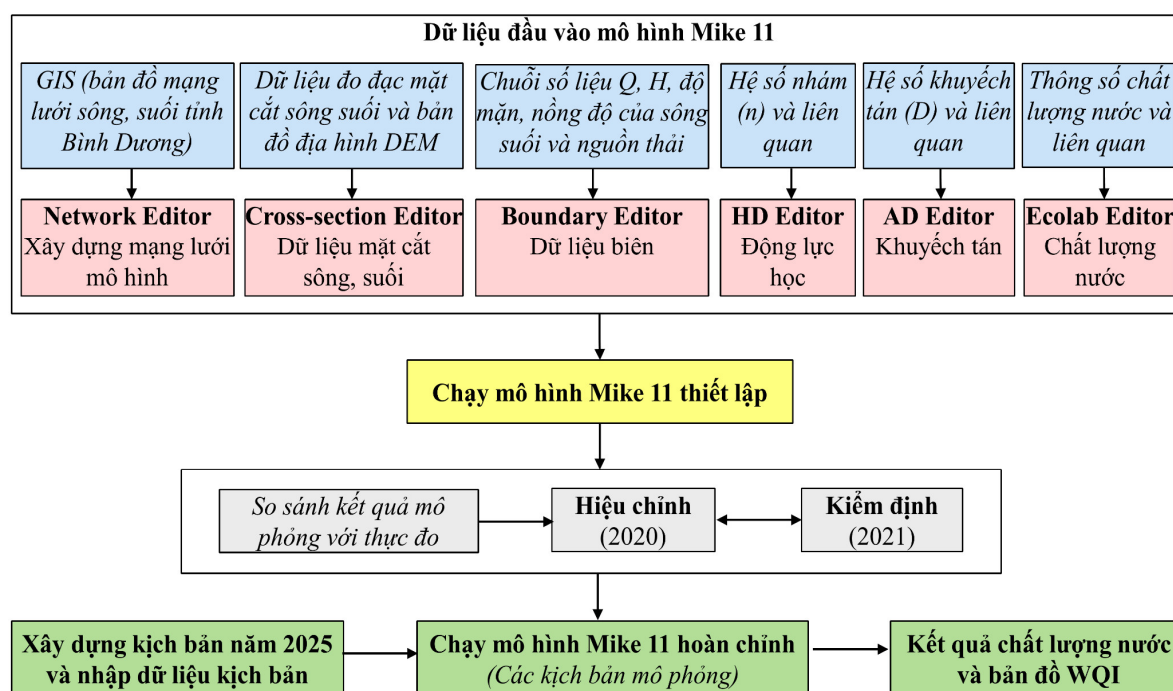
$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

Trong đó A là diện tích mặt cắt ướt (m^2); C là nồng độ chất (kg/m^3 hay g/l); D là hệ số khuếch tán (m^2/s); q là lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m^2/s); C_2 là nồng độ nguồn bổ sung (kg/m^2 hay g/l); K là hệ số phân hủy sinh học.

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.

2.3. Thiết lập mô hình

Các công việc chính để xây dựng mô hình thủy lực tính toán mô phỏng chất lượng nước được phân chia thành 9 bước chính được thực hiện: Bước 1: Xây dựng mạng lưới mô hình (Network Editor) dựa trên bản đồ sông suối chính của khu vực nghiên cứu. Bước 2: Nhập dữ liệu mặt cắt sông suối (Cross-section Editor). Bước 3: Xác định biên đầu vào cho mạng lưới tính toán và nhập biên (Boundary Editor). Bước 4: Tính toán và nhập thông số modun động lực học (HD Editor). Bước 5: Tính toán và nhập thông số modun khuếch tán (AD Editor). Bước 6: Tính toán và nhập thông số modun chất lượng nước (Ecolab Editor). Bước 7: Hiệu chỉnh giai đoạn 2020. Bước 8: Kiểm định giai đoạn 2021. Bước 9: Mô phỏng chất lượng nước các kịch bản năm 2025H và 2025A.

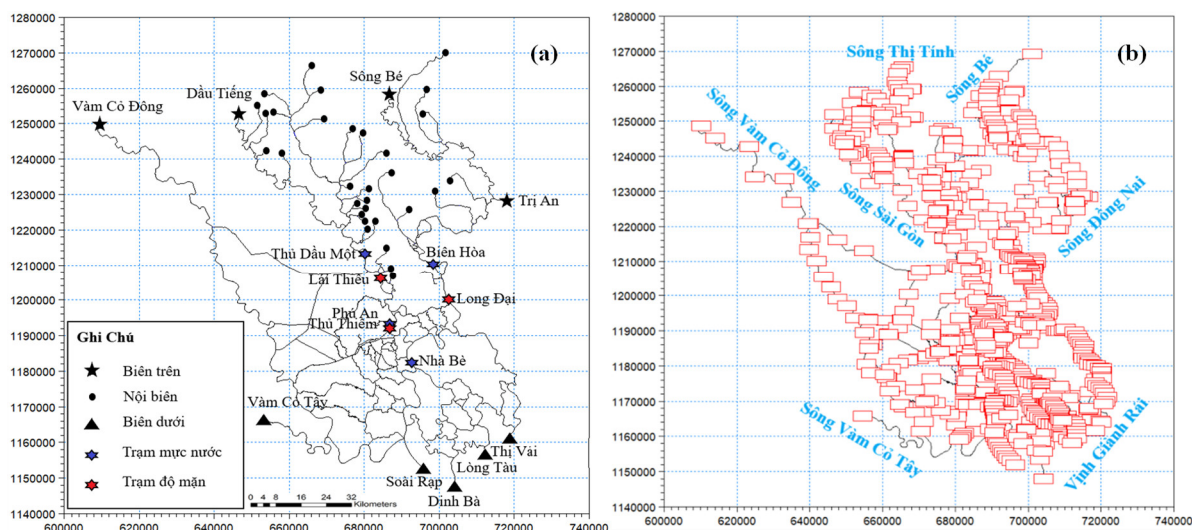


Hình 2. Quy trình thiết lập mô hình.

Mô hình thủy lực xây dựng bao gồm: 8808 Điểm kết nối, 112 nhánh sông, kênh, 1121 mặt cắt, 53 biên, các thông số AD, HD, và Ecolab. Thời gian chạy hiệu chỉnh và kiểm định mực nước bao gồm: mùa mưa tháng 10/2020 và mùa khô tháng 4/2021 tại 4 trạm Biên Hòa, Thủ Dầu Một, Nhà Bè, Phú An. Thời gian chạy hiệu chỉnh mặn vào mùa khô tháng 4/2021 tại 3 trạm Lái Thiêu, Long Đại, Thủ Thiêm.

Mạng lưới sông suối được xây dựng với các biên sau: Biên trên gồm dữ liệu chất lượng nước $C = 0$, độ mặn $S = 0$, H tại Vàm Cỏ Đông, Sông Bé và Q xả tại Dầu Tiếng, Trị An. Nội biên gồm dữ liệu chất lượng nước mặt, nồng độ và lưu lượng thải, độ mặn $S = 0$, Q tại 26 sông, suối, kênh, rạch tỉnh Bình Dương. Biên dưới gồm dữ liệu chất lượng nước $C = 0$, độ mặn, H tại các trạm Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải, Vàm Cỏ Tây.

Hình 3a trình bày vị trí các biên và các trạm hiệu chỉnh. Hình 3b trình bày số lượng mặt cắt của nghiên cứu. Dữ liệu thu thập cung cấp số liệu đầu vào cho mô hình mô phỏng chất lượng nước. Số liệu nguồn xả thải tại 26 lưu vực bao gồm nguồn điểm (2190 cơ sở công nghiệp có lưu lượng thải từ 5 m³/ngày đêm trở lên) và nguồn diện (sinh hoạt, chăn nuôi, trồng trọt và nước mưa chảy tràn). Dữ liệu chất lượng nước mặt được thu thập dựa trên 11 thông số đánh giá: Nhiệt độ, pH, độ đục, TSS, DO, COD, BOD, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, Coliform. Có 5 thông số được hiệu chỉnh – kiểm định mô hình trong bài nghiên cứu này: COD, BOD, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻.



Hình 3. (a) Vị trí biên và trạm hiệu chỉnh; (b) Mặt cắt của nghiên cứu.

Danh sách 26 sông suối thuộc địa bàn tỉnh Bình Dương: Suối Cầm Xe, Rạch Xuy Nô, Hệ thống (HT) suối Bến Ván–Đồng Sở–Bà Lãng–Ông Tề, Rạch Chòm Chòm, HT rạch Cây Bàng–suối Tân Định–Suối Cầu Định, Sông Thị Tinh, Suối Nước Trong, Suối Giai, Suối Tân Lợi–Vũng Gấm–suối Sâu, Hệ thống suối Giữa–Bưng Cầu–rạch Bà Cô, Suối Cát (Bà Lụa), Hệ thống rạch Lái Thiêu–Vĩnh Bình, Hệ thống Chòm Sao–rạch Vàm Búng, Hệ thống Suối Đồn – rạch Bình Nhâm, Hệ thống Suối Cái, HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp, Suối Cát (Dầu Tiếng), Suối Dừa, Suối nước vàng, Rạch Cần Nôm, Suối Cầu, Suối Cái Liêu, Suối Bát, Suối Cóm, Rạch Bến Trắc, Suối Hồ Đỏ.

2.4. Đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình

Độ chính xác của các mô hình thủy lực và khuếch tán được đánh giá thông qua chỉ số hiệu quả Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) [22] và hệ số tương quan (R^2) [23], trong đó, khi NSE và R^2 càng tiến đến 1 thì độ chính xác của các kết quả đạt được càng cao. Phần trăm sai số (PBIAS) [24] được áp dụng cho đánh giá chất lượng nước, kết quả sai số càng tiến đến 0 thì độ chính xác càng tốt.

2.5. Kịch bản xả thải

Nhóm nghiên cứu chạy mô hình theo kịch bản vào mùa mưa (tháng 10) và mùa khô (tháng 4):

KB2025H: Kịch bản xả thải cao năm 2025 tính theo điều kiện phát triển thực tế có thể đạt được, các nguồn thải bao gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và chăn nuôi tính theo năm 2025 tăng 10% lưu lượng so với hiện tại. Nước mưa chảy tràn không thay đổi.

KB2025A: Kịch bản xả thải thấp năm 2025 tính theo quy hoạch kinh tế xã hội đã được phê duyệt, các nguồn thải bao gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và chăn nuôi tính theo năm 2025 tăng 10% lưu lượng so với hiện tại (như KB2025H), tuy nhiên nồng độ BOD, COD, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ giảm 10% so với hiện tại. Nước mưa chảy tràn không thay đổi.

2.6. Chỉ số chất lượng nước (WQI)

Chỉ số chất lượng nước (viết tắt là WQI) là một chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng của nguồn nước đó; được biểu diễn qua một thang điểm [25]. Theo Quyết định 1460/QĐ-TCMT, các thông số được sử dụng để tính WQI được chia thành 05 nhóm (I, II, III, IV, V), trong bài nghiên cứu này, WQI tính toán theo nhóm IV (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng): bao gồm các thông số DO, BOD₅, COD, TOC, N- NH₄, N- NO₃, N-NO₂, P- PO₄ với công thức:

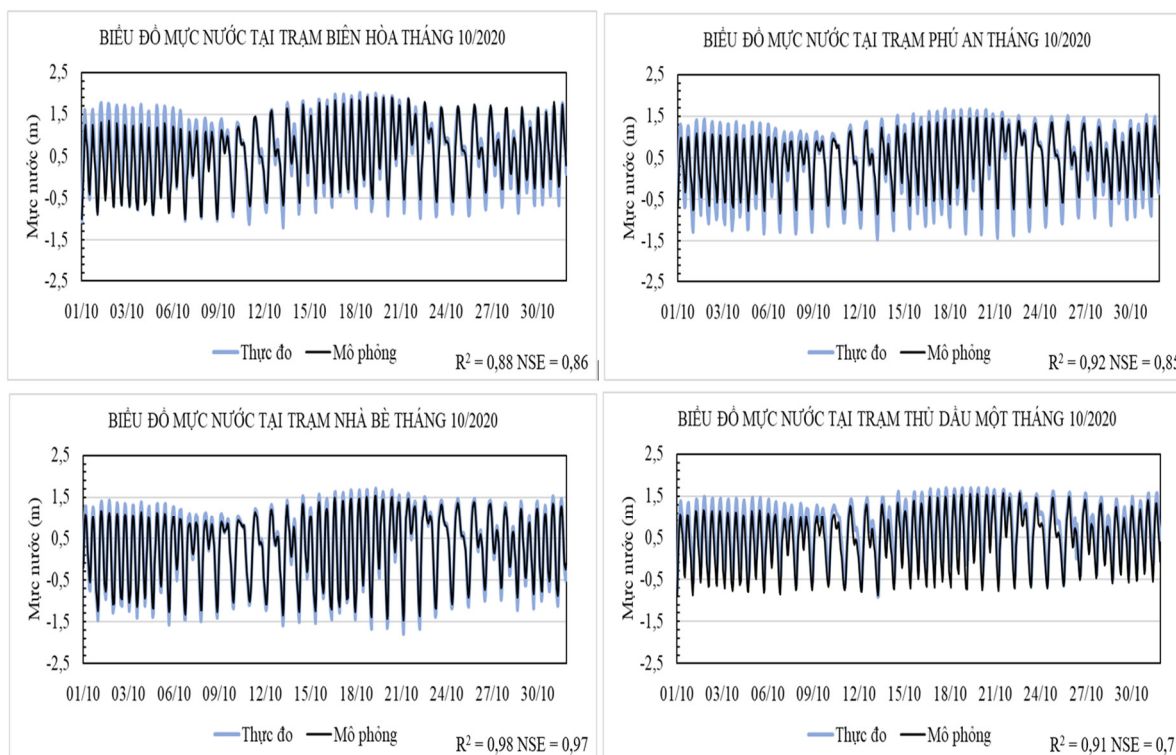
$$WQI_{SI} = \frac{q_i - q_{i+1}}{BP_{i+1} - BP_i} (BP_{i+1} - C_p) + q_{i+1} \quad (4)$$

Trong đó BP_i là nồng độ giới hạn dưới của giá trị thông số quan trắc, BP_{i+1} là nồng độ giới hạn trên của giá trị thông số quan trắc được quy định, q_i là giá trị WQI ở mức i tương ứng với giá trị BP_i, q_{i+1} là giá trị WQI ở mức i+1 tương ứng với giá trị BP_{i+1}, C_p là Giá trị của thông số quan trắc được đưa vào tính toán.

3. Kết quả và thảo luận

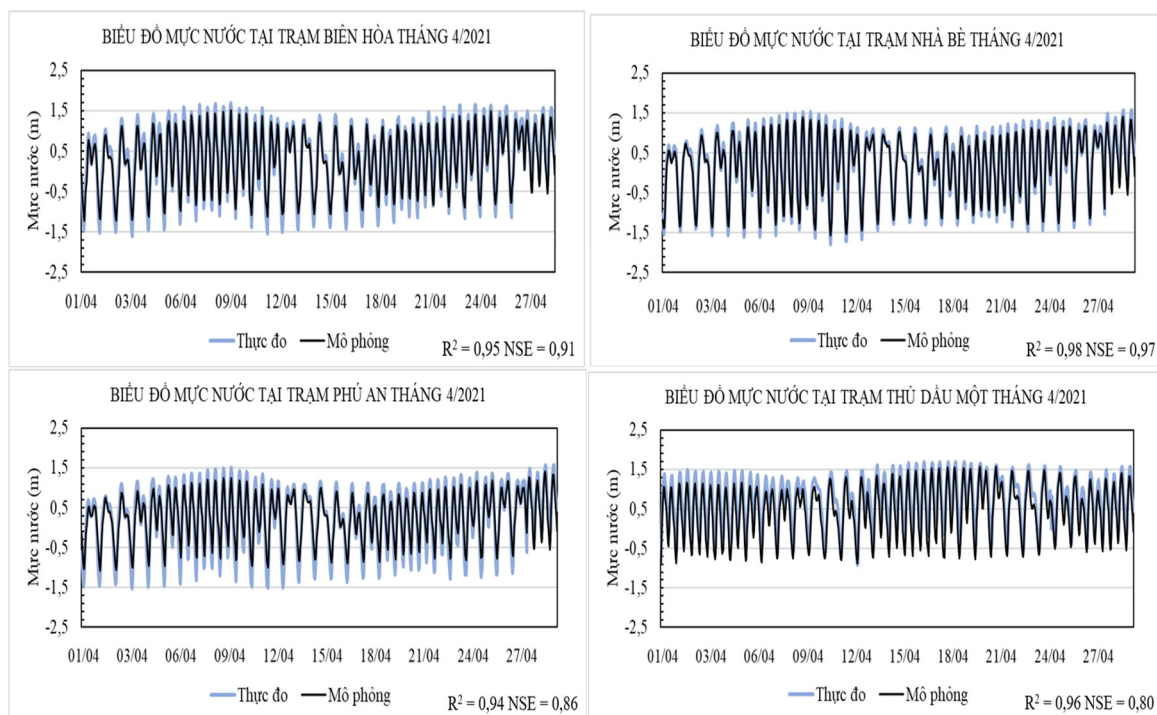
3.1. Kết quả hiệu chỉnh–kiểm định dòng chảy

Kết quả hiệu chỉnh mực nước tối ưu với hệ số nhám (n) từ 0,005 đến 0,1. Mực nước dao động từ -1,5 m đến 2 m. Thời gian hiệu chỉnh mực nước từ 0h ngày 1/10/2020 tới 0h ngày 1/11/2020. Nhìn chung kết quả hiệu chỉnh mực nước rất tốt. Các giá trị R₂ hiệu chỉnh ở các trạm đạt từ 0,88 đến 0,98. Các giá trị Nash khá tốt dao động trong khoảng 0,71 đến 0,97. Mô hình đã được hoàn chỉnh cho mô đun HD để thực hiện kiểm định. Hình 4 trình bày kết quả hiệu chỉnh mực nước tháng 10/2020.



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại 4 trạm tháng 10/2020.

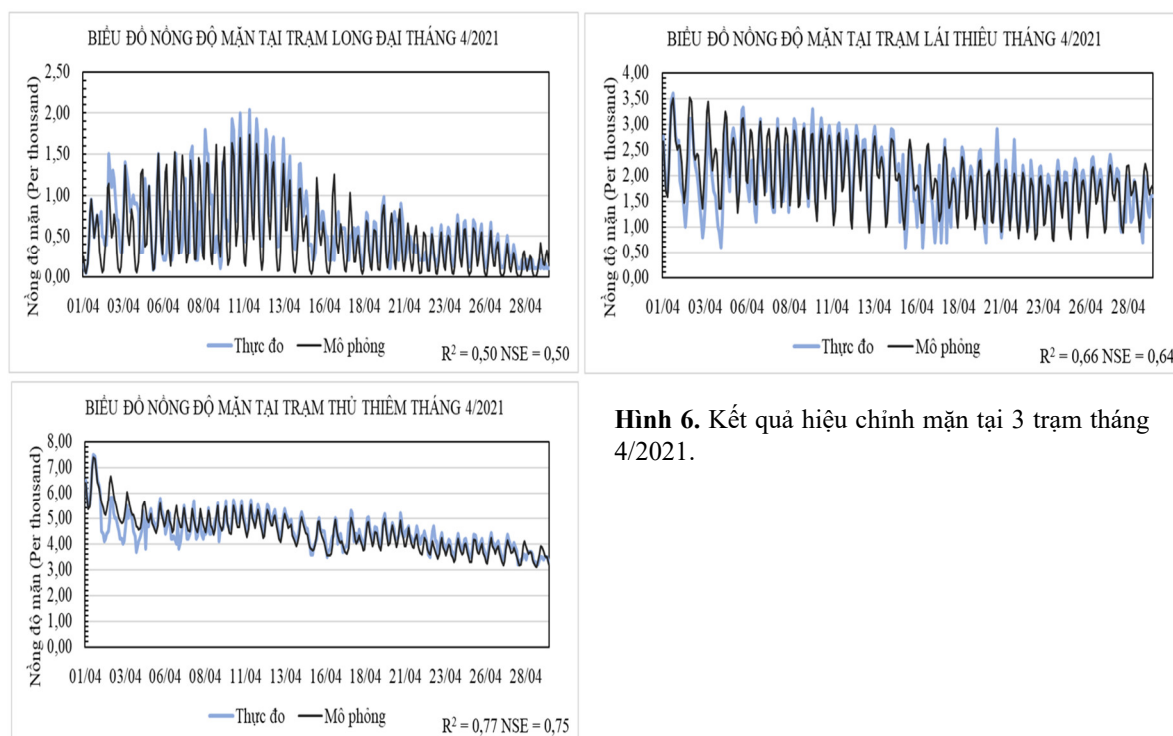
Thời gian kiểm định mực nước từ 0h ngày 1/4/2021 tới 0h ngày 1/5/2021. Nhìn chung kết quả kiểm định mực nước rất tốt. Các giá trị R₂ kiểm định mô hình ở các trạm đạt từ 0,93 đến 0,98, cho thấy các giá trị mô phỏng khá bám với thực đo. Các giá trị NSE rất tốt khi dao động trong khoảng 0,80 đến 0,96. Mô hình về cơ bản đã được hoàn chỉnh cho mô đun HD để chạy cho mô đun AD. Hình 5 trình bày các kết quả kiểm định mực nước tháng 4/2021.



Hình 5. Kết quả kiểm định mực nước tại 4 trạm tháng 4/2021.

3.2 Mô phỏng lan truyền mặn

Kết quả hiệu chỉnh độ mặn tối ưu với hệ số khuếch tán (D) từ 70 đến 1000. Kết quả hiệu chỉnh cho mô hình lan truyền mặn được trình bày trong Hình 6. Nhìn chung kết quả hiệu chỉnh nồng độ mặn ở mức chấp nhận được, dao động mô phỏng mặn tại các trạm khớp với dao động mặn của số liệu thực đo. Các giá trị R^2 hiệu chỉnh ở 3 trạm (Long Đại, Thủ Thiêm, Lái Thiêu) đạt từ 0,50 đến 0,77 và giá trị NSE hiệu chỉnh tại 3 trạm đạt từ 0,5 đến 0,75. Kết quả hiệu chỉnh khuếch tán đạt kết quả tốt sẽ cho mô phỏng lan truyền nồng độ các chất chính xác tại 26 sông suối Bình Dương là cơ sở để mô phỏng nồng độ các chất cho module Ecolab.



Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh mặn tại 3 trạm tháng 4/2021.

3.3. Mô phỏng hiện trạng chất lượng nước

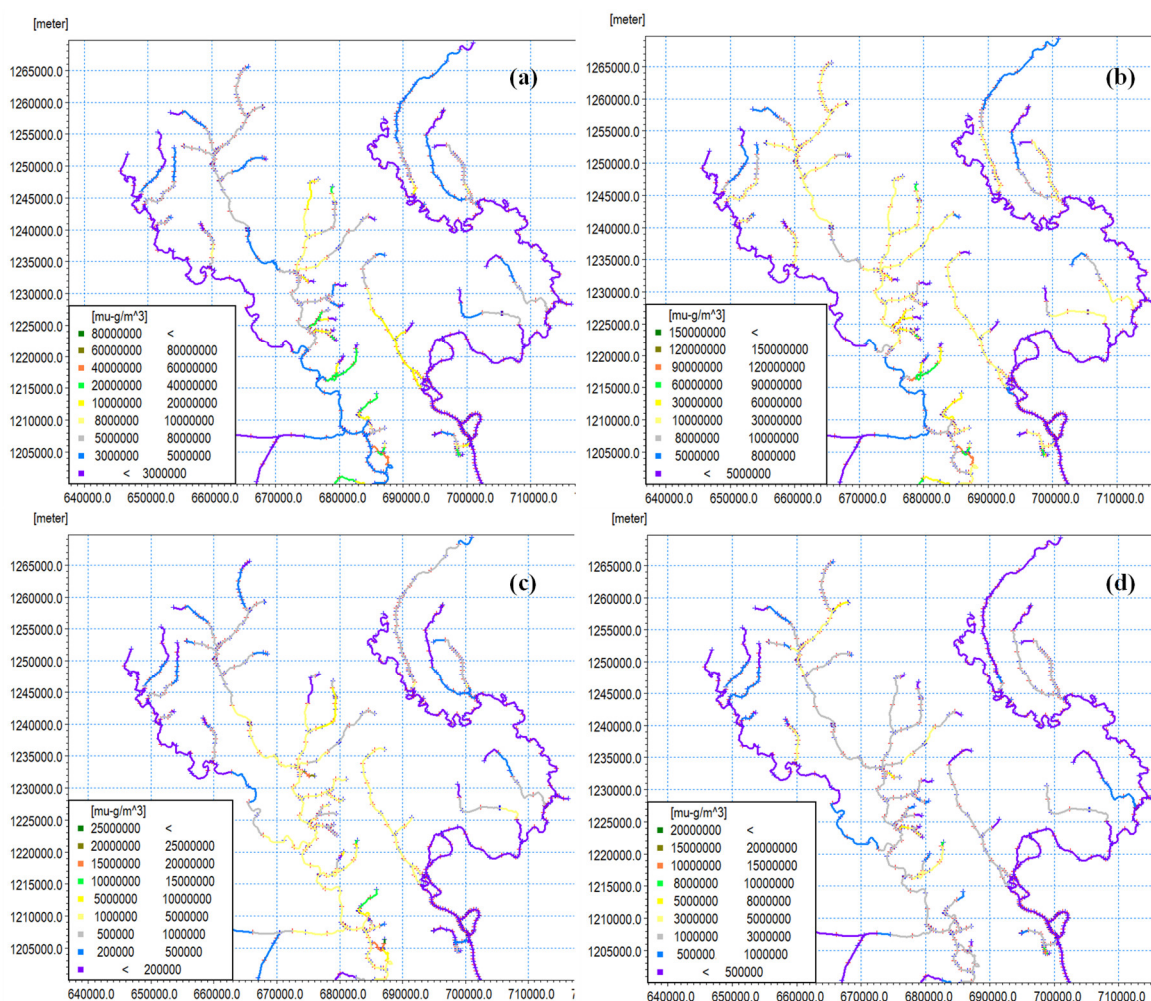
3.3.1. Hiện trạng chất lượng nước mùa mưa

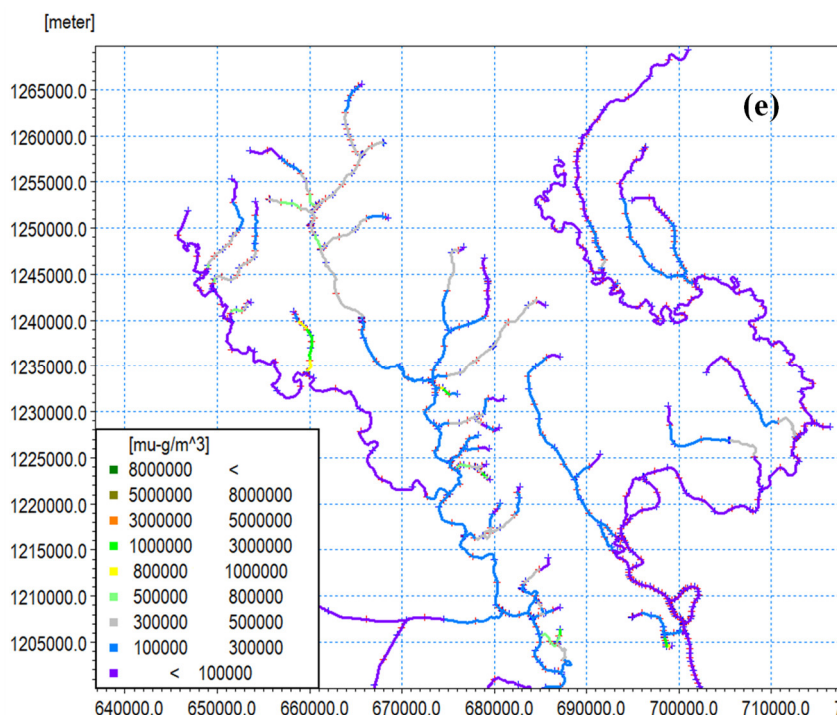
Module Ecolab được hiệu chỉnh tối ưu với nhiều thông số: 0,29 gNH₄/gBOD, 4,47 gO₂/gHN₄, 0,009 gP/gBOD...

Module Ecolab mô phỏng nồng độ các chất BOD, COD, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ vào tháng 10 năm 2020. Phần trăm sai số BOD (0,07–17,13%), COD (0,12–22,85%), NH₄⁺ (0,03–19,22%), NO₃⁻ (0,31–21,60%), PO₄³⁻ (0,46–24,15%). Nhìn chung, mô hình Ecolab mô phỏng khá tốt nồng độ các chất vào mùa mưa, nhóm nghiên cứu tiếp tục đánh giá khả năng mô phỏng của các chất vào mùa khô để đảm bảo mô hình chất lượng nước bền vững theo thời gian. Hình 7 trình bày kết quả mô phỏng hiện trạng chất lượng nước từ tính toán trên mô hình.

Diễn biến BOD dao động từ 2 đến 49 mg/l. Diễn biến COD dao động từ 4 đến 114 mg/l. Diễn biến NH₄⁺ dao động từ 0,04 đến 21 mg/l. Diễn biến NO₃⁻ dao động từ 0,1 đến 10 mg/l. Diễn biến PO₄³⁻ dao động từ 0.1 đến 1 mg/l. Lưu vực có nồng độ cao nhất so với 26 lưu vực còn lại: Suối Cát-Bà Lụa (BOD, COD, NH₄⁺, NO₃⁻), HT Rạch Lái Thiêu-Vĩnh Bình (PO₄³⁻).

Kết quả mô phỏng chất lượng nước hiện trạng cho thấy nhiều sông suối vượt QCVN 08-MT:2015/BTNMT cột B1, nhất là thông số NH₄⁺ và PO₄³⁻ vượt chuẩn tại nhiều kênh rạch gần khu công nghiệp. Thông số BOD và COD có 2 lưu vực vượt nồng độ cho phép. Thông số NH₄⁺ có 18 lưu vực vượt nồng độ cho phép. Thông số NO₃⁻ tại 26 lưu vực đều trong ngưỡng nồng độ cho phép. Thông số PO₄³⁻ có 8 lưu vực vượt mức cho phép. Kết quả mô hình cho thấy 4 lưu vực có nồng độ vượt ngưỡng cao nhất là HT Lái Thiêu-Vĩnh Bình, Sông Thị Tinh, HT Rạch Bà Hiệp-Suối Siệp, Rạch Chôm Chôm.



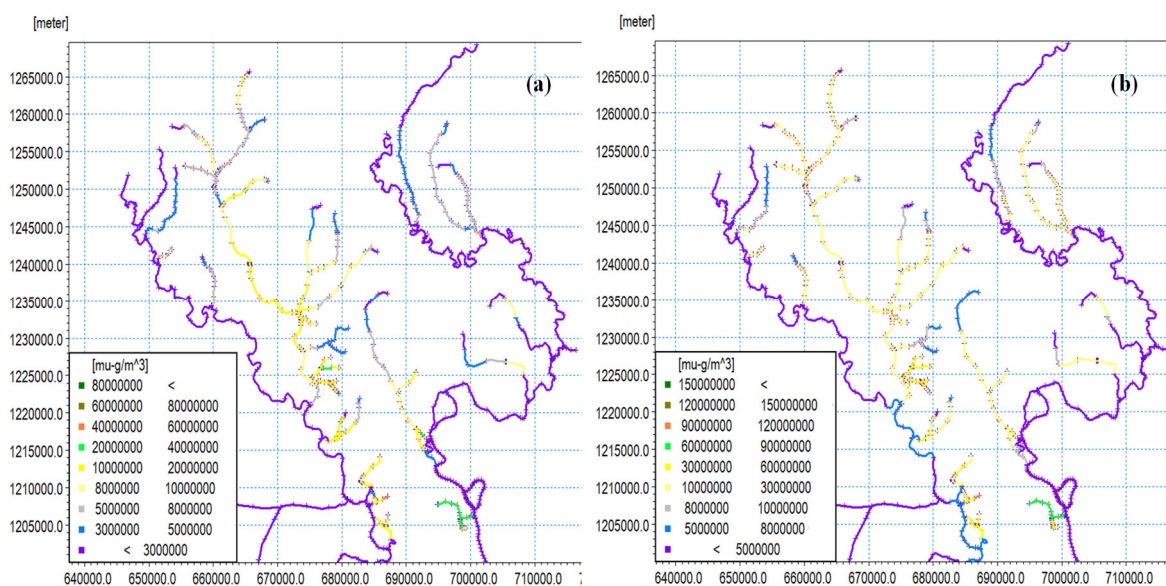


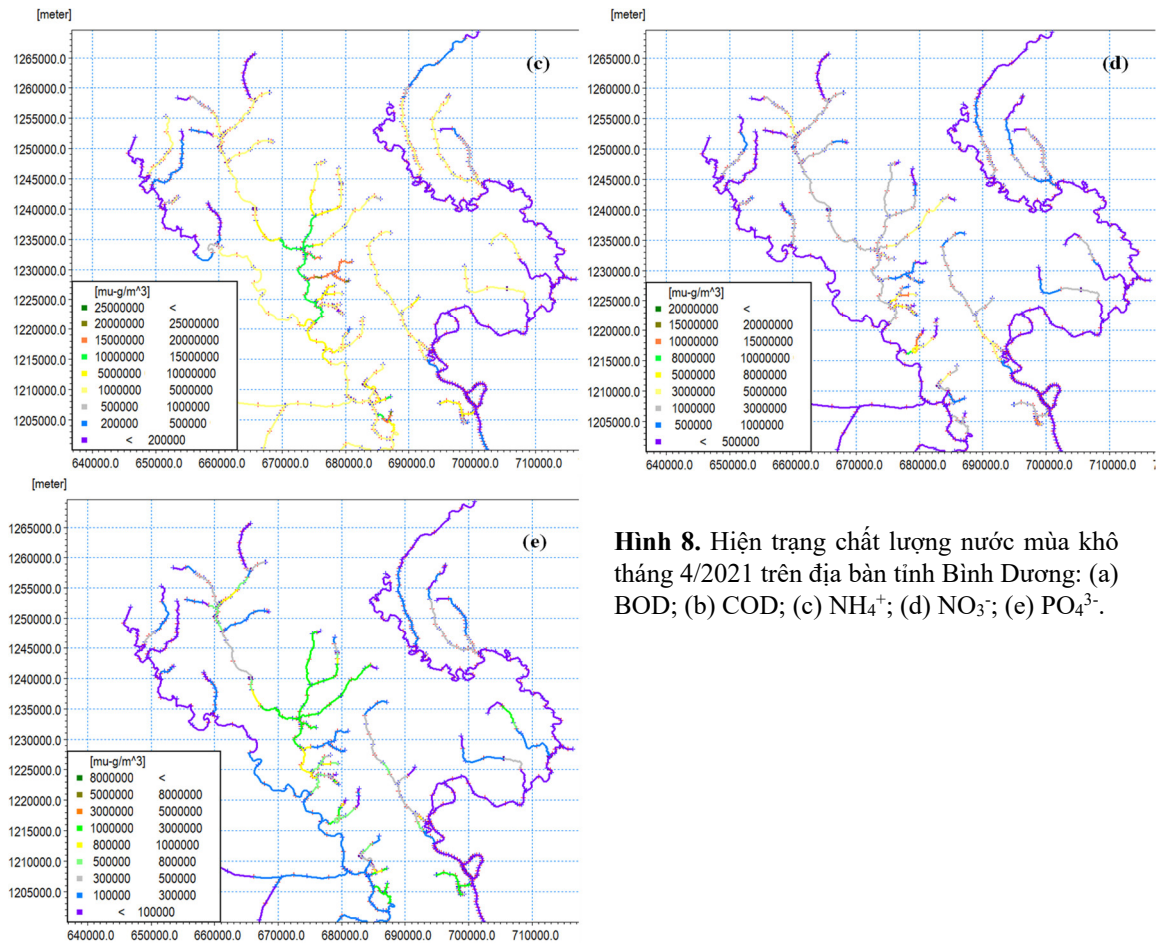
Hình 7. Hiện trạng chất lượng nước mùa mưa tháng 10/2020 trên địa bàn tỉnh Bình Dương: (a) BOD; (b) COD; (c) NH_4^+ ; (d) NO_3^- ; (e) PO_4^{3-} .

3.3.2. Hiện trạng chất lượng nước mùa khô

Kết quả tháng 4/2021 cho sai số BOD (0,39–18,58%), COD (2,20–21,71%), NH_4^+ (1,11–22,32%), NO_3^- (0,45–19,65%), PO_4^{3-} (0,65–19,26%). Ecolab mô phỏng khá tốt nồng độ các chất vào mùa khô, mô hình đã có thể chạy các kịch bản xả thải. Hình 8 trình bày kết quả mô phỏng hiện trạng chất lượng nước từ tính toán trên mô hình.

Diễn biến BOD dao động từ 2 đến 35 mg/l. Diễn biến COD dao động từ 4 đến 83 mg/l. Diễn biến NH_4^+ dao động từ 0,02 đến 22 mg/l. Diễn biến NO_3^- dao động từ 0,1 đến 13 mg/l. Diễn biến PO_4^{3-} dao động từ 0,1 đến 2 mg/l. Lưu vực có nồng độ cao nhất so với 26 lưu vực còn lại: Rạch Cần Nôm (BOD, COD, NO_3^-), Rạch Bến Trắc (NH_4^+), HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp (PO_4^{3-}).

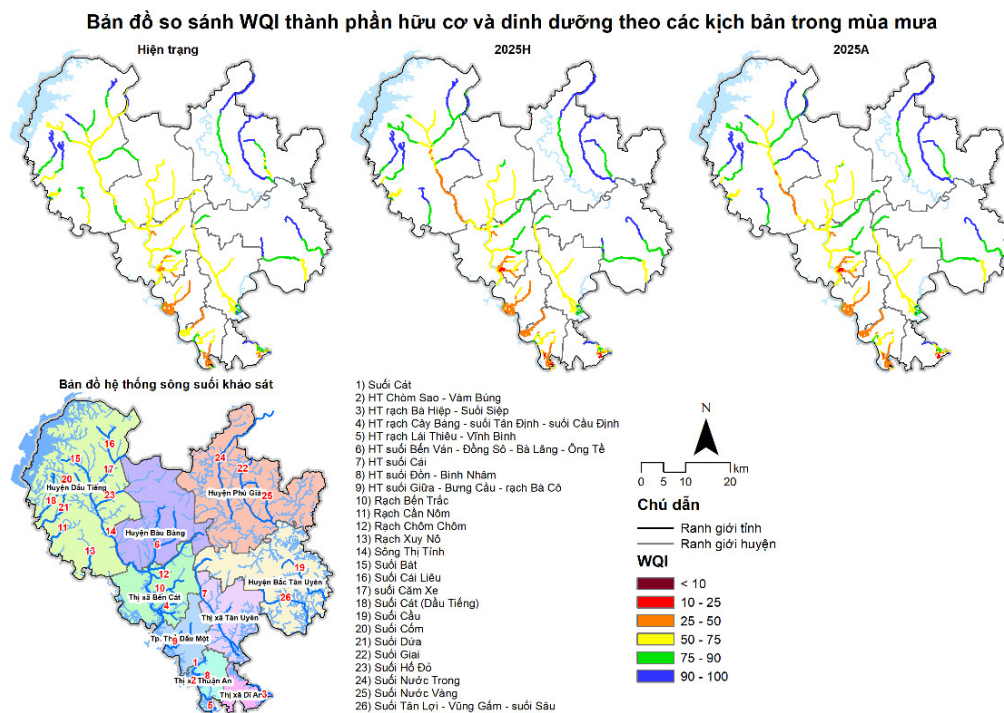




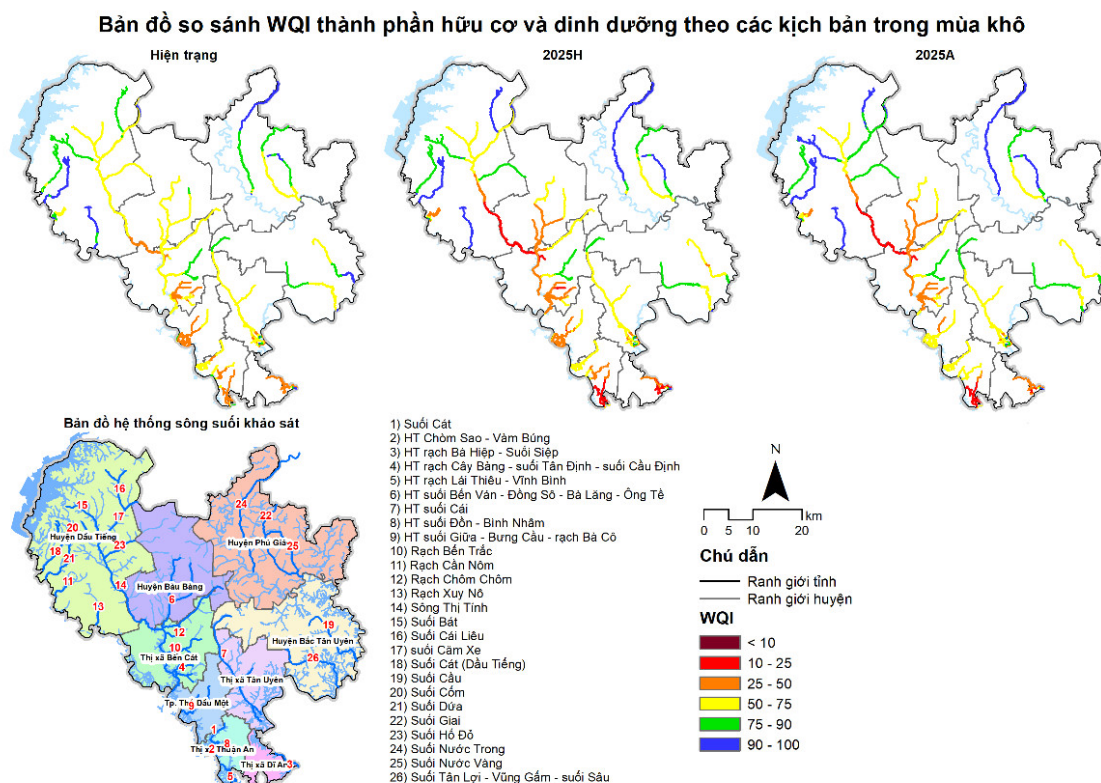
Hình 8. Hiện trạng chất lượng nước mùa khô tháng 4/2021 trên địa bàn tỉnh Bình Dương: (a) BOD; (b) COD; (c) NH_4^+ ; (d) NO_3^- ; (e) PO_4^{3-} .

3.4. Đánh giá chất lượng nước theo WQI

Hình 9 và Hình 10 trình bày bản đồ WQI mùa khô và mùa mưa của hiện trạng và các kịch bản cho 26 lưu vực tỉnh Bình Dương.



Hình 9. Bản đồ chỉ số WQI mùa mưa của hiện trạng và các kịch bản tại 26 lưu vực.



Hình 10. Bản đồ chỉ số WQI mùa khô của hiện trạng và các kịch bản tại 26 lưu vực.

Dựa trên các bản đồ WQI mùa khô và mùa mưa của 26 lưu vực, nhóm nghiên cứu chia thành 5 nhóm WQI để đánh giá nguyên nhân ô nhiễm:

- WQI 10–25 (Đỏ) Lưu vực bị ô nhiễm rất cao chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, ngoài ra còn có một phần tải lượng thải sinh hoạt lớn, thuộc vùng tập trung nhiều khu công nghiệp có tải lượng rất lớn
- WQI 25–50 (Cam) Lưu vực bị ô nhiễm cao chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, ngoài ra còn có một phần tải lượng sinh hoạt khá lớn, thuộc vùng tập trung các khu công nghiệp có tải lượng lớn
- WQI 50–75 (Vàng) Lưu vực bị ô nhiễm trung bình, ở mức WQI chia làm 2 dạng vùng ô nhiễm: vùng ô nhiễm do tải lượng lớn thải chăn nuôi và trồng trọt, vùng ô nhiễm do tải lượng công nghiệp nhỏ và một phần nước mưa chảy tràn. Ngoài ra, còn có một phần tải lượng sinh hoạt trung bình tập trung tại các lưu vực thuộc WQI này
- WQI 75–90 (Xanh lá) Lưu vực bị ô nhiễm thấp chủ yếu bởi tải lượng nguồn thải chăn nuôi và trồng trọt, ngoài ra có tải lượng nhỏ sinh hoạt.
- WQI 90–100 (Xanh dương) Lưu vực ô nhiễm rất thấp chỉ tải lượng nhỏ sinh hoạt hoặc chăn nuôi và trồng trọt.

Như vậy, dựa trên kết quả phân vùng theo WQI tính toán hiện trạng và các kịch bản, có thể thấy các hệ thống sông Thị Tinh, Rạch Bà Cỏ–Bung Cầu–Suối Giữa, Suối Cát (BL), HT Suối Đồn–Bình Nhâm, HT Lái Thiêu–Vĩnh Bình, HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp, Rạch Chôm Chôm, Suối Tân Định–Cầu Định–Cây Bàng đang bị mức ô nhiễm đáng báo động, chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, và một phần tải lượng thải sinh hoạt.

4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã mô phỏng mô hình thủy lực HD cho mực nước vào mùa mưa tháng 10/2020 và mùa khô tháng 4/2021 ở mức khá tốt khi NSE và R² đạt trên 0,7 tại trạm Biên Hòa, Nhà Bè, Thủ Dầu Một, Phú An. Mô phỏng mô hình khuếch tán AD cho nồng độ mặn vào tháng 4/2021 ở mức chấp nhận khi NSE và R² đạt trên 0,5 tại trạm Long Đại, Lái Thiêu, Thủ Thiêm.

Mô phỏng mô hình chất lượng nước Ecolab cho 5 chất COD, BOD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} ở mức khá tốt khi khác biệt mô phỏng so với thực tế dưới 25% sai số cho thấy khả năng mô phỏng chất lượng nước của mô hình cho dự án khá bám sát so với thực tế và đủ tiêu chuẩn để mô phỏng các kịch bản phát thải tương lai.

Kịch bản phát thải năm 2025H và 2025A cho thấy, nồng độ thải của các sông suối kênh rạch tập trung nhiều khu công nghiệp vẫn có xu hướng tăng so với hiện trạng, tại các lưu vực ít tập trung cơ sở công nghiệp hơn cho nồng độ các chất có giảm nhưng không đáng kể, các lưu vực có nồng độ vượt QCVN 08-MT:2015/BTNMT cột B1 vẫn còn khá nhiều. Vì vậy, để đảm bảo chất lượng nước tại các hệ thống sông suối rạch đạt quy chuẩn, cần có các biện pháp kiểm soát nguồn thải và quản lý nước mặt phù hợp tại địa phương tỉnh Bình Dương.

Bài nghiên cứu còn có hạn chế như phạm vi nghiên cứu chỉ trong 26 sông, suối, kênh, rạch tỉnh Bình Dương. Các sông lớn như Sông Bé, Đồng Nai và Sài Gòn chưa đủ dữ liệu nguồn thải để có thể đánh giá chính xác.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Đ.T., T.Đ.D., N.T.T.L., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.Đ.D., N.T.T.L., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Xử lý số liệu: N.Đ.T., P.Đ.M.H.L.; Phân tích mẫu: N.Đ.T., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Lấy mẫu: N.Q.Q.; Viết bản thảo bài báo: N.Đ.T., T.Đ.D.; Chỉnh sửa bài báo: N.Đ.T., N.T.T.L., T.Đ.D.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề án “Điều tra, khảo sát xây dựng cơ sở dữ liệu để đánh giá sức chịu tải và dự báo chất lượng nước các kênh rạch, sông, suối trên địa bàn tỉnh Bình Dương”. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của tỉnh Bình Dương trong quá trình khảo sát đo đạc và thực hiện nghiên cứu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Nga, V.H.T. Phát triển kinh tế và vấn đề nâng cao chất lượng cuộc sống dân cư tỉnh Bình Dương. *Tạp chí khoa học ĐHSP TPHCM* **2016**, 5, 146–155.
2. Kênh Ba Bò nghìn tỷ nổi bọt trắng nghi ô nhiễm hữu cơ – Báo Công an Nhân dân điện tử. 2020. <https://cand.com.vn/Ban-doc-cand/Noi-bot-trang-khung-dong-kenh-dau-tu-hon-1000-ty-dong-nghi-o-nhiem-huu-co-i563616/>.
3. Bình Dương: Nhiều kênh rạch ô nhiễm nghiêm trọng, 2020. <https://laodong.vn/ban-doc/binh-duong-nhieu-kenh-rach-o-nhiem-nghiem-trong-830548.lido>.
4. Loliyana, V.D.; Patel, P.L. A physics based distributed integrated hydrological model in prediction of water balance of a semi-arid catchment in India. *Environ. Modell. Software* **2020**, 127, 104677. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2020.104677>.
5. Kanda, E. K.; Kipkorir, E. C. Kosgei, J. R. Modelling of nitrates in River Nzoia using MIKE 11. *Water Pract. Technol.* **2017**, 12, 217–223.
6. Girbaci, A.; Girbaci, C.; Petcovici, E.; Dodociu, A. M. Water Quality Modelling Using Mike 11. Revista de Chimie Bucharest Original Edition (REV CHIM-BUCHAREST), 2015.
7. Cox, B.A. A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Sci. Total Environ.* **2003**, 314–316, 335–377. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00063-9).
8. Khôi, N.H. Ứng dụng mike 11 đánh giá chất lượng nước lưu vực sông Đồng Nai. Tập san Khoa học và Công nghệ Quy hoạch thủy lợi Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam – Bộ Nông nghiệp và PTNT. NXB Nông nghiệp năm 2009, 2009.
9. Thang, L.V.; Khoi, N.D.; Phi, H.L. Impact of climate change on streamflow and water quality in the upper Dong Nai river basin, Vietnam. *La Houille Blanche* **2018**, 1, 70–79. <https://doi.org/10.1051/LHB/2018010>.

10. Khôi, Đ.N.; Quang, C.N.X. Đánh giá tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* **2015**, 5, 54–59.
11. Le, V.T. *et al.*, A multidisciplinary approach for evaluating spatial and temporal variations in water quality. *Water* **2019**, 11, 4. <https://doi.org/10.3390/w11040853>.
12. Tuấn, L.N.; Quân, T. M.; Thuý, T.T.; Huy, Đ.T.; Hoàng, T.X. Đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước – Nghiên cứu điển hình tại khu vực phía Nam tỉnh Bình Dương. *Tạp Chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ* **2018**, 2(6), 84–97.
13. Tri, N.; Hưng, Q.; Mạnh, N.C.; Kỳ, N.M. Quan trắc, đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt kênh rạch tỉnh Bình Dương. *Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường* **2019**, 66, 1–9.
14. Tuấn, L. N.; Huy, Đ.T.; Hoàng, T.X. Đánh giá diễn biến chất lượng nước suối Cái tại thị xã Tân Uyên – tỉnh Bình Dương đến năm 2020. *Tạp chí phát triển Khoa học Công nghệ: Chuyên san Khoa học tự nhiên* **2018**, 2, 222–231.
15. Kỳ, N.M.; Hưng, N.T.Q.; Mạnh, N.C.; Nguyên, C.T. Nghiên cứu khả năng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa trên địa bàn thị xã Dĩ An, tỉnh Bình Dương. *Can Tho University J. Sci.* **2019**, 55, 96. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.136>.
16. Giới thiệu chung, 2016. <https://www.tinhuybinhduong.vn/gioi-thieu-chung>.
17. BDSO, Statistical Yearbook of Binh Duong 2018. *Binh Duong Statistical Office* **2019**, 1, pp. 547.
18. Thông tin tuyên truyền – Phát triển công nghiệp theo hướng bền vững, 2020. <https://www.binhduong.gov.vn/thong-tin-tuyen-truyen/2020/10/588-phat-trien-cong-nghiep-theo-huong-ben-vung-hien-da>.
19. Sông Đồng Nai đang dần chết! – Báo Người lao động, 2020. <https://nld.com.vn/thoi-su-trong-nuoc/song-dong-nai-dang-dan-chet-20160107223510985.htm>.
20. DHI. A modelling system for Rivers and Channels, 2011.
21. DHI. MIKE Zero – User Guide, 2017.
22. Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. *J. Hydrol.* **1970**, 10(3), 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
23. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Van Liew, M.W.; Bingner, R. L.; Harmel, R.D.; Veith, T.L. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Trans. ASABE* **2007**, 50(3), 885–900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>.
24. Moriasi, D.N.; Gitau, M.W.; Pai, N.; Daggupati, P. Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria. *Trans. ASABE* **2015**, 58(6), 1763–1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>.
25. Tổng cục Môi trường. Quyết định về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI), 2019.

Assessing and forecasting water quality of canals, streams and rivers in Binh Duong Province

**Nguyen Duc Thien¹, Tran Duc Dung^{1*}, Nguyen The Tung Lam², Nguyen Quoc Quan¹,
Pham Dang Manh Hong Luan¹**

¹ Center of Water Management and Climate Change, Institute of Environment and Resources, Vietnam National University Ho Chi Minh City; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; quocquannguyen1987@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

² Binh Duong Center of Natural Resources and Environmental Technical – Monitoring; lambk2000@gmail.com

Abstract: Water quality pollution in rivers under industrial development and urbanization is one of the issues that need attention in managing water resources in Binh Duong province. The study assesses water quality in 26 river basins, streams, and canals in Binh Duong province to explore the water quality situation and forecasts water quality changes in the year of 2025. The water level calibration and validation results are pretty good with NSE and R^2 above 0.7, and the results of calibration of salinity concentration are temporarily acceptable with NSE and R^2 above 0.5. Calibration and validation results for water quality (BOD, COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) show that the percentage error is less than 25% compared to observed data. Model-based scenarios indicated that many sub-basins exceed the allowable concentration threshold according to QCVN 08-MT:2015/BTNMT column B1, especially the basins located near industrial parks, urban areas, some large agricultural and livestock areas. The water quality indexes (WQI) calculated by the MIKE 11 model results were further analyzed better to assess the pollution zoning of Binh Duong province.

Keywords: Mike11; Ecolab; Water quality; WQI; Basin.