

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE 21 VÀ CÔNG NGHỆ GIS XÂY DỰNG BẢN ĐỒ, ĐÁNH GIÁ SỰ LAN TRUYỀN Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC THEO CÁC KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU CHO KHU VỰC NUÔI TRỒNG THỦY SẢN VEN BIỂN HẢI PHÒNG

Phạm Thị Song Thu<sup>(1)</sup>, Đoàn Quang Trí<sup>(2)</sup>, Nguyễn Văn Hồng<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Khu di tích chủ tịch Hồ Chí Minh

<sup>(2)</sup>Tổng cục khí tượng Thủy văn

<sup>(3)</sup>Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 23/10/2023; ngày chuyển phản biện: 24/10/2023; ngày chấp nhận đăng: 17/11/2023

**Tóm tắt:** Khu vực ven biển Hải Phòng ở phía Tây Vịnh Bắc Bộ là nơi thường xuất hiện các vấn đề phức tạp về môi trường như ô nhiễm vùng biển do hoạt động phát triển kinh tế - xã hội đặc biệt chất ô nhiễm từ nguồn thải ở các khu công nghiệp (KCN), cụm công nghiệp (CCN) lớn. Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 21 để đánh giá lan truyền ô nhiễm môi trường nước và ứng dụng công nghệ GIS xây dựng bản đồ lan truyền một số thông số ô nhiễm theo các kịch bản biến đổi khí hậu (ĐKKH). Nghiên cứu đã hiệu chỉnh và kiểm định nhằm xác định bộ thông số phù hợp của mô hình MIKE 21 SW và MIKE 21 FM cho khu vực ven biển thành phố Hải Phòng. Nghiên cứu đã đánh giá chất lượng nước theo 03 kịch bản: Hiện trạng, RCP 4.5 thời kỳ 2046 - 2065 và RCP 4.5 thời kỳ 2080 - 2099. Kết quả nghiên cứu cho thấy với kịch bản mô phỏng hiện trạng, các khu vực nuôi trồng thủy sản (NTTS) đã bị ô nhiễm thông số DO và BOD<sub>5</sub>, một số khu vực bị ô nhiễm COD. Kết quả mô phỏng theo kịch bản ĐKKH và theo quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 cho thấy với sự phát triển mở rộng thêm các KCN, CCN thì nồng độ các thông số đều có xu hướng gia tăng. Để đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững kinh tế khu vực ven biển Hải Phòng cần có các biện pháp hiệu quả và phù hợp nhằm kiểm soát bảo vệ môi trường ven biển Hải Phòng.

**Từ khóa:** MIKE 21, GIS, biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường ven biển Hải Phòng.

## 1. Mở đầu

Hiện nay, trên thế giới đã và đang có nhiều nghiên cứu ứng dụng mô hình hóa trong mô phỏng, tính toán, đánh giá lan truyền thông số ô nhiễm trong môi trường nước [15], [28], [37], [38]. Các nghiên cứu [14], [31], [34], [39] đã sử dụng mô hình MIKE 21 để mô phỏng chất lượng nước hồ chứa Erhai và phân tích khả năng ô nhiễm nguồn nước có thể xảy ra dọc hồ này vào các thời kỳ mùa khô, mùa mưa và bình thường. Mô hình MIKE 21 được ứng dụng mô phỏng vận chuyển bùn cát ven biển khu vực cảng Mar del Plata - khu vực quan trọng trong phát triển thủy sản ở Argentina [10]. Ứng dụng mô hình

MIKE 21 để mô phỏng nồng độ các chất: Thực vật phù du, chất diệp lục, động vật phù du, chất hữu cơ, chất vô cơ và oxy trong sông Elbe ở Hamburg [28]. Mô hình đã chỉ ra chất lơ lửng và độ khoáng hóa các chất hữu cơ giữ vai trò quan trọng trong hệ thống tạo ra sự cân bằng giữa việc mở cửa cống để tăng lượng oxy trong nước ở vị trí cảng và bảo vệ các thành phần hữu cơ đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng oxy ở Reiherstieg. Nghiên cứu [32] đã đưa ra kết quả ứng dụng mô hình MIKE 21 Ecolab trong mô phỏng chất lượng nước ven biển khu vực Nandgadon. Mục đích là đánh giá khả năng mô hình hóa chất lượng nước ở khu vực ven biển. Các nhà phân tích môi trường yêu cầu ước tính mức độ ô nhiễm nước và các mô hình phân tán/vận chuyển chất thải công nghiệp thải ra môi trường ven biển trong trường hợp cố ý hoặc xảy

Liên hệ tác giả: Phạm Thị Song Thu

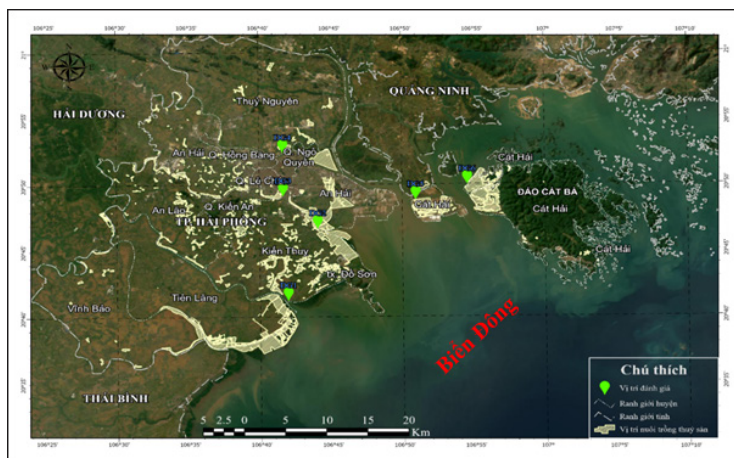
Email: songthu19678@gmail.com

ra sự cố. Mô hình chất lượng nước hỗ trợ trong việc đánh giá các tác động tiềm tàng đối với sức khỏe con người/môi trường và các hoạt động của Chính phủ bằng cách đưa ra các ước tính dự báo về nồng độ chất ô nhiễm, tốc độ và hướng đi của các thông số ô nhiễm [32]. Ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng bản đồ đánh giá, giám sát chất lượng nước, ô nhiễm sự cố môi trường đã được triển khai, áp dụng trong nhiều kết quả nghiên cứu [10], [11], [28], [34], [32].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu ứng dụng mô hình hóa 1 - 3 chiều trong việc tính toán, mô phỏng lan truyền ô nhiễm môi trường ven biển đã được nghiên cứu: Mô phỏng nguy cơ lan truyền vệt dầu trong sự cố tràn dầu trên vùng biển Phú Quốc [3]; Ứng dụng bản đồ chỉ số nhạy cảm môi trường (Environmental Sensitivity Index - ESI map) ứng phó sự cố tràn dầu ở khu vực đảo Cát Bà [16]; Nghiên cứu [5] đã ứng dụng mô hình MIKE 21 Ecolab vào mô phỏng đánh giá chất lượng nước khu vực ven biển Đình Vũ, thành phố Hải Phòng - cửa ngõ giao thông ra biển của vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc; Nghiên cứu [17] đã ứng dụng kết hợp mô hình 1 - 2 chiều đánh giá chất lượng nước khu vực cửa sông ven biển dưới tác động của khu công nghiệp Đình Vũ, Hải Phòng; Kết quả nghiên cứu [18] đánh giá chất lượng môi trường nước

biển tại các trạm quan trắc ven bờ miền Bắc Việt Nam năm 2019. Ứng dụng công nghệ GIS kết hợp phân tích ảnh viễn thám để xây dựng bản đồ đánh giá chất lượng nước mặt các sông, khu vực ven biển, sự cố môi trường đã được nghiên cứu tại một số khu vực ở Việt Nam [4], [12], [16].

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu ô nhiễm môi trường nước ven biển, tuy nhiên, cũng chưa có nghiên cứu nào đánh giá lan truyền chất lượng nước và kết hợp ứng dụng công nghệ GIS xây dựng bản đồ lan truyền một số thông số ô nhiễm theo các kịch bản biến đổi khí hậu cho khu vực ven biển Hải Phòng. Áp lực phát triển các hoạt động kinh tế - xã hội vùng bờ biển Hải Phòng đến quá trình đô thị hóa và gia tăng dân số, phát triển công nghiệp, phát triển cảng biển, phát triển du lịch, phát triển nuôi trồng thủy sản, phát triển chăn nuôi sẽ gây ra những tác động đến môi trường hệ sinh thái khu vực ven biển. Mục đích của nghiên cứu này bao gồm: (1) Ứng dụng được mô hình MIKE 21 (SW, FM, ECO Lab) kết hợp công nghệ GIS để xây dựng được bản đồ lan truyền chất ô nhiễm môi trường nước ven biển khu vực Hải Phòng; (2) Đánh giá sự lan truyền chất ô nhiễm theo các kịch bản hiện trạng, RCP 4.5 thời kỳ 2046 - 2065 và RCP 4.5 thời kỳ 2080 - 2099 đối với khu vực nuôi trồng thủy sản ven biển.



Hình 1. Vị trí các khu nuôi trồng thủy sản điển hình ở khu vực nghiên cứu

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Thành phố Hải Phòng có diện tích khoảng 1.519,2 km<sup>2</sup> với 15 đơn vị hành chính, trong đó

có 7 quận, 6 quận huyện ven biển và 02 huyện đảo là đảo Cát Hải và đảo Bạch Long Vĩ. Vùng bờ và biển Hải Phòng được giới hạn gồm có 5 quận, 3 huyện ven biển và 2 huyện đảo là đảo

Cát Hải và đảo Bạch Long Vĩ [6]. Trong giai đoạn 2021 - 2025, thành phố Hải Phòng triển khai xây dựng thêm 15 khu công nghiệp mới với tổng diện tích trên 6.200 ha, gồm các KCN, CCN: Xuân Cầu (dịch vụ sau cảng) với diện tích 752 ha nằm trong Khu kinh tế Đình Vũ - Cát Hải, Nam Tràng Cát, Thủy Nguyên, Tiên Thanh, Tràng Duệ mở rộng, Giang Biên 2, Cầu Cự, An Hòa, An Hưng - Đại Bản, Vinh Quang, Ngũ Phúc - Kiến Thụy, Sao Mai (Tiên Lãng 1), đóng tàu Vinh Quang (Tiên Lãng 2), Đảo Cái Tráp, Nam Cầu Kiền (giai đoạn 2) [7]. Hiện nay, Hải Phòng có các đầm nuôi trồng thủy sản nước lợ gần 3.834 ha, phân bố ở các huyện Kiến Thụy, huyện Thủy Nguyên và huyện Cát Hải (Hình 1). Nguồn lợi thủy sản phát triển diện tích nuôi biển, sản lượng nuôi biển đạt trên 31.000 tấn với các loại cá biển, nhuyễn thể, thủy sản khác trên địa bàn huyện Cát Hải, Tiên Lãng, huyện ven biển Đồ Sơn, Dương Kinh, Tiên Lãng, Kiến Thụy, Cát Hải,...[8].

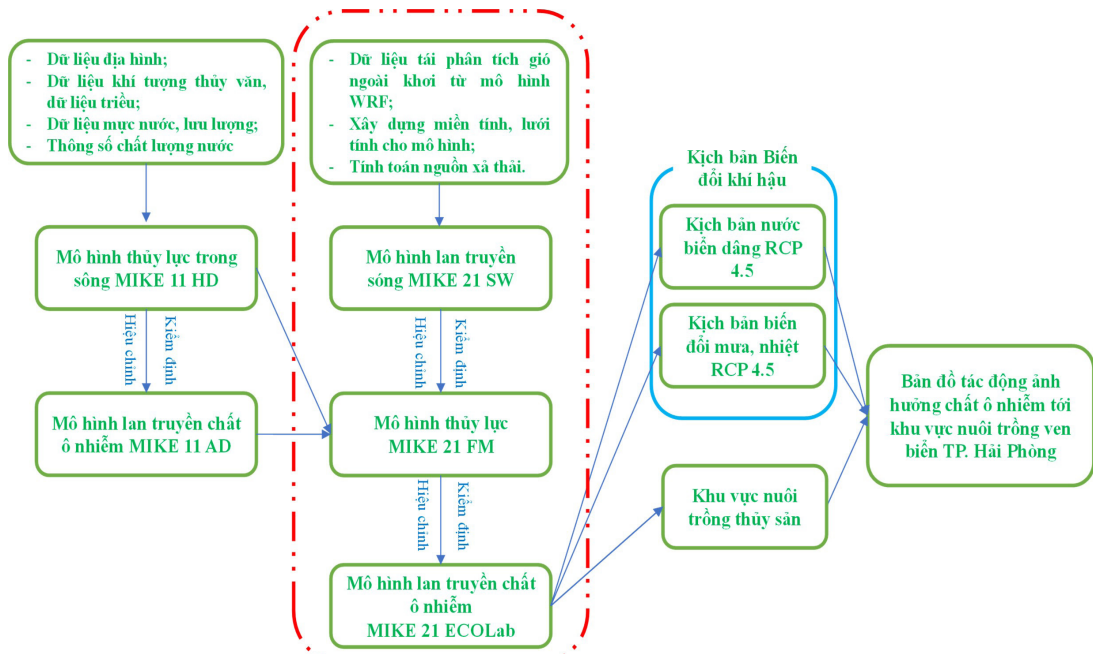
## 2.2. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu sử dụng trong bài báo gồm: (1) DEM khu vực ven biển Hải Phòng (phục vụ làm lưới tính, số liệu năm 2010); (2) Bản đồ nền thành phố Hải Phòng (phục vụ biên tập các lớp bản đồ, năm 2020); (3) Số liệu mực nước tại trạm Hòn Dấu năm 2020 để hiệu chỉnh mô hình,

năm 2021 để kiểm định mô hình thủy lực MIKE 21 FM; (4) Số liệu sóng và gió thực đo tại trạm Hòn Dấu năm 2020, 2021 được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng; (5) Báo cáo xả thải của các khu công nghiệp trong khu vực nghiên cứu: KCN Đình Vũ, công ty Shinetsu, cảng Đình Vũ, cảng Tân Vũ để lấy thông tin nguồn xả thải, lưu lượng xả thải (thu thập theo báo cáo thống kê các khu công nghiệp thành phố Hải Phòng năm 2021),...; (6) Số liệu thông số chất lượng nước (CLN) tại các vị trí có điểm quan trắc môi trường thuộc khu vực nghiên cứu phục vụ cho việc hiệu chỉnh, kiểm định CLN mô hình (thu thập từ báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hải Phòng năm 2015, 2016); (7) Chuỗi số liệu quan trắc thực đo chất lượng nước khu vực biển ven bờ thành phố Hải Phòng (năm 2015, 2016); (8) Quy hoạch phát triển kinh tế xã hội giai đoạn 2030 - 2050 thành phố Hải Phòng; (9) Niên giám thống kê năm 2022, năm 2023 của Thành phố Hải Phòng; (10) Tài liệu về nuôi trồng thủy sản và hệ sinh thái khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng (kế thừa từ đề tài [9]); (11) Kịch bản biến đổi khí hậu năm 2020 [1].

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp tiếp cận được mô tả như trong sơ đồ phương pháp nghiên cứu Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

a) Mô hình sóng MIKE 21 SW

Trong nghiên cứu này, MIKE 21 SW được sử dụng để mô phỏng trường sóng cho khu vực nghiên cứu [19]. MIKE 21 SW là mô hình tính trường sóng gió được tính toán dựa trên lưới phi cấu trúc. Mô hình này tính toán sự phát triển, suy giảm và truyền sóng tạo ra bởi gió và sóng lừng ở ngoài khơi và khu vực ven bờ. Động lực học của sóng trọng lực được mô phỏng dựa trên phương trình mật độ tác động sóng. Khi áp dụng tính cho vùng nhỏ thì phương trình cơ bản được sử dụng trong hệ tọa độ Cartesian, còn khi áp dụng cho vùng lớn thì sử dụng hệ tọa độ cầu. Phổ mật độ tác động sóng thay đổi theo không gian và thời gian là một hàm của 2 tham số pha sóng. Các phương trình cơ bản được xây dựng trong cả hệ tọa độ Đề các với những áp dụng trong phạm vi nhỏ và hệ tọa độ cầu cho những áp dụng trong phạm vi lớn hơn. MIKE 21 SW bao gồm các hiện tượng vật lý sau: Sóng phát triển bởi tác động của gió; Tương tác sóng - sóng là phi tuyến; Tiêu tán sóng do sự bạc đầu; Tiêu tán sóng do ma sát đáy; Tiêu tán sóng do sóng vỡ; Khúc xạ và hiệu ứng nước nông do sự thay đổi độ sâu; Tương tác sóng - dòng chảy; Ảnh hưởng của thay đổi độ sâu theo thời gian [19].

b) Mô hình thủy lực MIKE 21 FM HD

Mô đun dòng chảy được phát triển từ phương pháp lưới phần tử hữu hạn. Mô đun này được dựa trên nghiệm số của hệ các phương trình Navier-Stokes cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều kết hợp với giả thiết Boussinesq và giả thiết về áp suất thủy tĩnh [20], [21], [22], [23]. Do đó, mô đun bao gồm các phương trình: Phương trình liên tục, động lượng, nhiệt độ, độ muối và mật độ và khép kín bởi sơ đồ khép kín rời. Với trường hợp ba chiều sử dụng hệ tọa độ sigma. Việc rời rạc hóa không gian của các phương trình cơ bản được thực hiện bằng việc sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn trung tâm. Miền không gian được rời rạc hóa bằng việc chia nhỏ miền liên tục thành các ô lưới/phần tử không trùng nhau. Theo phương ngang thì lưới phi cấu trúc được sử dụng còn theo phương thẳng đứng trong trường hợp 3 chiều thì sử dụng lưới có cấu trúc. Trong trường hợp hai chiều các phần tử có thể là phần tử tam giác hoặc tứ giác. Trong trường

hợp ba chiều các phần tử có thể là hình lăng trụ tam giác hoặc lăng trụ tứ giác với các phần tử trên mặt có dạng tam giác hoặc tứ giác.

Phương trình liên tục như sau:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

Phương trình động lượng theo phương x và y tương ứng như sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} &= f\bar{v}h - \\ g h \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{g h^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_o} - \\ \frac{\tau_{by}}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_o} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x} (h T_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h T_{xy}) + h u_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} &= f\bar{u}h - \\ g h \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{g h^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_o} - \\ \frac{\tau_{bx}}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_o} \left( \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x} (h T_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (h T_{yy}) + h v_s S \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó:  $t$  là thời gian;  $x, y$  và  $z$  là tọa độ Đề các;  $\eta$  là dao động mực nước;  $d$  là độ sâu;  $h = \eta + d$  là độ sâu tổng cộng;  $u, v$  và  $w$  là thành phần vận tốc theo phương  $x, y$  và  $z$ ;  $f = 2\Omega \sin\phi$  là tham số Coriolis;  $g$  là gia tốc trọng trường;  $\rho$  là mật độ nước;  $vt$  là nhớt rối thẳng đứng;  $p_a$  là áp suất khí quyển;  $\rho_o$  là mật độ chuẩn;  $S$  là độ lớn của lưu lượng do các điểm nguồn;  $(u_s, v_s)$  là vận tốc của dòng lưu lượng đi vào miền tính;  $F_u, F_v$  là các số hạng ứng suất theo phương ngang.

c) Mô hình chất lượng nước MIKE 21 FM EcoLab

Mô hình EcoLab được tích hợp trong MIKE 21 trên nền của module thủy lực HD, đây là



module tính toán mực nước và dòng chảy hai chiều không đều trong một lớp chất lỏng đồng nhất theo phương thẳng đứng [24 - 27]. Phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng được tích phân theo chiều thẳng đứng mô tả sự biến đổi của mực nước và dòng chảy:

Phương trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (4)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương x:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} - \\ \frac{1}{p_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} h\tau_{xx} + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - \\ fVV_x + \frac{h}{p_x} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương y:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \\ \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{p_w} \left( \frac{\partial}{\partial y} h\tau_{yy} + \frac{\partial}{\partial x} h\tau_{xy} \right) - \\ \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{p_w} \frac{\partial}{\partial y} p_a = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó:  $h(x,y,t)$  là độ sâu (m);  $d(x,y,t)$  là độ sâu thay đổi theo thời gian (m);  $\xi(x,y,z)$  là mực nước (m);  $p, q(x,y,t)$  là thông lượng mật độ theo hướng x và y ( $m^3/s/m$ );  $p = uh, q = vh$  với  $u$  và  $v$  lần lượt là các thành phần vận tốc trung bình độ sâu theo hướng x và y;  $C(x,y)$  là hệ số nhám Chezy ( $m^{1/2}/s$ );  $g$  là gia tốc trọng trường ( $m/s^2$ );  $f_{(v)}$  là hệ số ma sát do gió;  $V, V_x, V_y(x,y,t)$  là vận tốc gió và các thành phần theo hướng x và y ( $m/s$ );  $\Omega(x,y)$  là tham số Coriolis, phụ thuộc vào vĩ độ ( $1/s$ );  $p_a(x,y,t)$  là áp suất khí quyển ( $kg/m/s^2$ );  $p_w$  là mật độ nước biển ( $kg/m^3$ );  $t$  là thời gian;  $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{zz}$  là các thành phần của ứng suất trượt.

Các kết quả tính toán từ module thủy lực sẽ cho phép có được mô phỏng được các quá trình vật lý động lực, làm cơ sở và đầu vào cho quá trình tính toán trong EcoLab. Kết hợp với module truyền tải khuếch tán, phương trình viết cho dạng vật chất không bảo toàn có dạng:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \\ D_x \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + S_c + P_c \end{aligned} \quad (7)$$

Trong đó:  $C$  là nồng độ của biến số;  $u, v, w$  là các thành phần của vận tốc theo các hướng x, y, z;  $D_x, D_y, D_z$  là hệ số khuếch tán theo các hướng x, y, z;  $S_c$  là nguồn sinh và nguồn mất;  $P_c$  là các quá trình trong mô hình EcoLab.

Các phương trình số trong EcoLab sẽ được giải theo hướng tích phân tốc độ biến đổi theo thời gian với cả các quá trình sinh - hóa trong EcoLab và quá trình truyền tải - khuếch tán. Tuy nhiên, trong một bước thời gian tốc độ biến đổi được xem như không đổi.

$$C(t + \Delta t) = \int_{\tau}^{\tau + \Delta \tau} (P_c(t) + AD_c) dt \quad (8)$$

Sự tham gia của số hạng  $AD_c$  được xấp xỉ như sau:

$$AD_c = \frac{C' + (\tau + \Delta \tau) - C^*(\tau)}{\Delta \tau} \quad (9)$$

Trong đó:  $C^*$  là giá trị nồng độ tức thời.

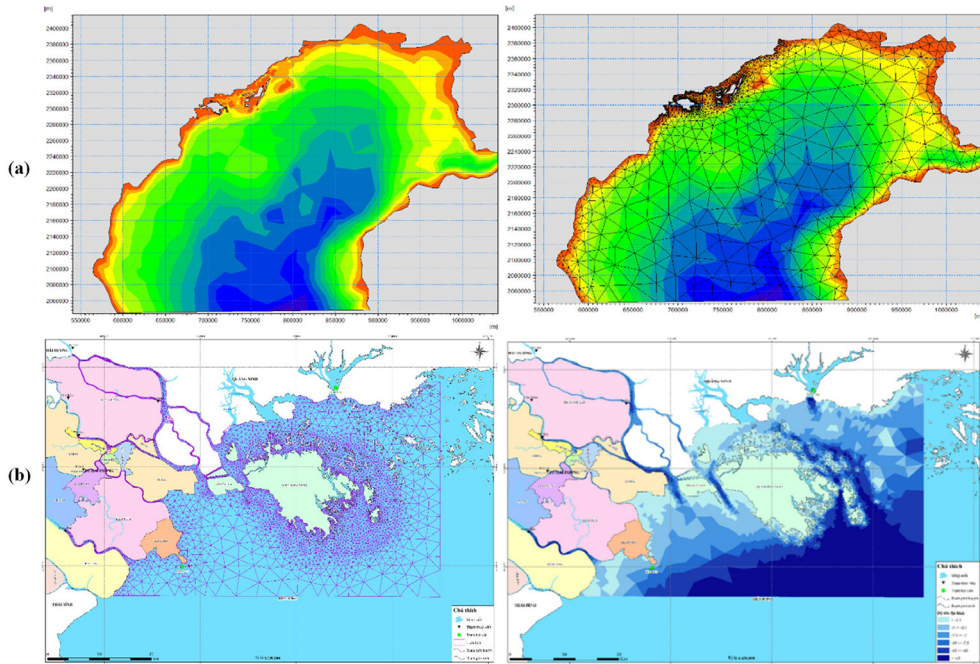
#### 2.4. Thiết lập các mô hình cho khu vực nghiên cứu

##### a) Mô hình MIKE 21 SW

Miền tính sử dụng cho nghiên cứu là khu vực ven biển thành phố Hải Phòng, tọa độ miền tính được xây dựng từ 20°01'N đến 21°31'N và 106°38'E đến 107°14'E. Lưới tính được xây dựng kết hợp lưới phi cấu trúc và lưới vuông có tổng số ô lưới là 10.512 ô, 7.047 nút lưới; khu vực tính được mô phỏng bằng lưới phi cấu trúc. Số liệu đưa vào làm điều kiện biên cho mô đun

là các số liệu sóng, số liệu gió và mực nước các biên được thu thập từ các trạm hải văn trong khu vực nghiên cứu. Để mô phỏng sóng cho khu vực ven biển Hải Phòng, bài báo đã mô phỏng sóng cho vùng biển rộng xung quanh khu vực nghiên cứu (sóng vùng to) sau đó truyền sóng

về khu vực sóng nước nông vùng ven biển Hải Phòng (sóng vùng nhỏ). Hình 3 là lưới tính mô hình sóng to và sóng cho khu vực nghiên cứu. Xây dựng, thiết lập miền tính lan truyền sóng cho khu vực nghiên cứu được kế thừa từ kết quả nghiên cứu [35].



Hình 3. Lưới tính và địa hình khu vực nghiên cứu: a) Khu vực sóng to; b) Khu vực nghiên cứu [34]

b) Thiết lập và hiệu chỉnh mô hình thủy lực MIKE 21 HD

**Số liệu đầu vào:** Địa hình khu vực nghiên cứu: số liệu hải đồ của Bộ Tư lệnh Hải quân Việt Nam và từ các nghiên cứu đo đạc trong các dự án trước đây; Lưu lượng tại các cửa sông: Kế thừa kết quả mô hình MIKE 11 đã được hiệu chỉnh kiểm định của hệ thống sông Hồng - Thái Bình từ đề tài [2]. Mực nước tại biên ngoài khơi: Được tính toán bằng công cụ truyền triều của mô hình MIKE 21; Số liệu gió khu vực nghiên cứu: Số liệu gió tại trạm Hòn Dấu; Mực nước phục vụ quá trình hiệu chỉnh kiểm định: Mực nước đo tại trạm Hải văn Hòn Dấu; Lưu lượng xả tại các vị trí xả thải của các nhà máy, khu công nghiệp và cụm công nghiệp trong khu vực nghiên cứu; Biên biển: Là mực nước tại 2 biên hướng Đông và Nam của vùng tính, được tính bằng công cụ truyền triều của mô hình MIKE 21 với các hằng số điều hòa thủy triều được tính từ số liệu thực

đo tại trạm thủy văn Hòn Dấu; Biên sông: Là lưu lượng tại các vị trí trên sông được mô phỏng từ mô hình MIKE 11 cho toàn hệ thống sông Hồng - Thái Bình gồm: Sông Đá Bạc, sông Cấm, sông Lạch Tray, sông Văn Úc.

c) Thiết lập và hiệu chỉnh mô hình lan truyền chất MIKE 21 Ecolab

Nghiên cứu thiết lập mô hình mô phỏng đánh giá chất lượng nước từ một số khu công nghiệp ven biển thành phố Hải Phòng với 06 thông số ô nhiễm: TSS, Coliform, BOD<sub>5</sub>, DO, COD và kim loại nặng Fe. Khu vực ven biển Hải Phòng tập trung nhiều khu công nghiệp và cụm công nghiệp lớn, nghiên cứu đã thu thập và tổng hợp thông tin một số KCN/CCN lớn trong khu vực và mô phỏng dưới dạng nguồn thải điểm. Bài báo không thu thập được toàn bộ nguồn thải từ sinh hoạt và các khu công nghiệp nhỏ lẻ đổ ra hệ thống sông trong khu vực nghiên cứu, tuy nhiên, đã cập nhật số liệu nồng độ nước sông tại thời điểm

hiệu chỉnh kiểm định làm điều kiện ban đầu cho quá trình mô phỏng, do đó vẫn đảm bảo phản ánh tương đối chính xác chất lượng nước sông

khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng. Bảng 1 thể hiện thông tin một số nguồn xả thải lớn trong khu vực nghiên cứu.

Bảng 1. Thông tin một số nguồn thải từ KCN/CCN

STT	Nguồn thải	Lưu lượng xả thải (m <sup>3</sup> /s)
1	Khu công nghiệp Đình Vũ	0,11
2	Khu công nghiệp Tân Vũ	0,02
3	Nhà máy xi măng Hải Phòng	0,13
4	Nhà máy đóng tàu Bạch Đằng	0,02

d) Lựa chọn kịch bản BĐKH và phân tích kết quả mô phỏng

Để đánh giá ô nhiễm môi trường nước tại NTTS ven biển Hải Phòng dưới tác động một số hoạt động phát triển kinh tế, bài báo sau khi tìm được bộ thông số phù hợp của các mô hình, đã thiết lập bộ số liệu đầu vào tương ứng với lượng mưa và mực nước triều biến đổi theo kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam do Bộ Tài nguyên và Môi trường công

bố năm 2020 [1]. Báo cáo lựa chọn kịch bản RCP4.5 - kịch bản nồng độ khí nhà kính trung bình thấp để mô phỏng tính toán khả năng ảnh hưởng thông số ô nhiễm môi trường ven biển khu vực nghiên cứu vì đây là kịch bản có bức xạ tác động ổn định, trong đó tổng bức xạ tác động đạt tới mức khoảng 4,5 W/m<sup>2</sup> vào năm 2065 và ổn định tới năm 2100 và sau đó, không có sự tăng đột ngột trong một thời gian dài (Bảng 2 và Bảng 3).

Bảng 2. Mức biến đổi nhiệt độ trung bình và lượng mưa mùa xuân theo kịch bản RCP 4.5 [1]

Yếu tố	Nhiệt độ (độ C)		Lượng mưa (%)	
	2046 - 2065	2080 - 2099	2046 - 2065	2080 - 2099
	1,6 (1,0 - 2,2)	2,1 (1,3 ÷ 3,0)	17,3 (3,2 ÷ 29,8)	32,3 (11,7 ÷ 51,2)

Bảng 3. Mực nước dâng theo kịch bản RCP 4.5 (Đơn vị: cm) [1]

Khu vực	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Móng Cái	12	17	22	28	34	40	46	52
- Hòn Dấu	(7 ÷ 17)	(10 ÷ 23)	(14 ÷ 30)	(17 ÷ 39)	(21 ÷ 47)	(25 ÷ 57)	(29 ÷ 66)	(33 ÷ 75)

Nghiên cứu tập trung vào nội dung mô phỏng và xây dựng bản đồ phân vùng CLN đến NTTS khu vực nghiên cứu trong bối cảnh BĐKH theo các kịch bản sau:

- Kịch bản 1: Đánh giá môi trường nước biển hiện trạng (số liệu thủy lực là số liệu trung bình nhiều năm, nồng độ thông số ô nhiễm là nồng độ được cập nhật mới nhất trong khu vực nghiên cứu, cập nhật hiện trạng phát triển kinh tế năm 2023).

- Kịch bản 2: Đánh giá môi trường nước biển với số liệu mưa, nhiệt độ và mực nước biển theo kịch bản BĐKH năm 2020 RCP 4.5 thời kỳ 2046 - 2065, nguồn xả thải cập nhật theo nguồn

thải dự kiến phát sinh trong tương lai theo quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội Thành phố Hải Phòng năm 2030 - 2050.

- Kịch bản 3: Đánh giá môi trường nước biển với số liệu mưa, nhiệt độ và mực nước biển theo kịch bản BĐKH năm 2020 RCP 4.5 thời kỳ 2080 - 2099, nguồn xả thải cập nhật theo nguồn thải dự kiến phát sinh trong tương lai theo quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội Thành phố Hải Phòng năm 2030 - 2050.

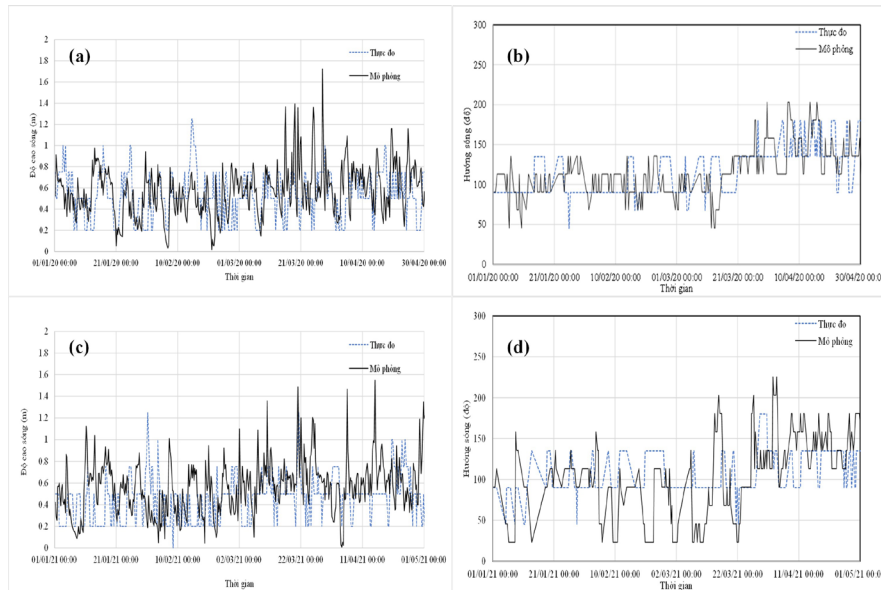
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả mô hình sóng MIKE 21 SW

Mô hình sóng được thiết lập cho khu vực

ngiên cứu, kết quả mô phỏng mô hình được hiệu chỉnh với số liệu thực đo tại trạm Hòn Dấu năm 2020 và kiểm định năm 2021 với 02 yếu tố

là độ cao sóng trung bình và hướng sóng trung bình. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng được thể hiện trong các Hình 4a-4d.



Hình 4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng: a) Độ cao sóng trung bình năm 2020; b) Hướng sóng năm 2020; c) Độ cao sóng trung bình năm 2021; d) Hướng sóng năm 2021 [35]

Kết quả hiệu chỉnh độ cao sóng trung bình và hướng sóng năm 2020 và 2021 cho thấy mô hình sóng MIKE 21 SW mô phỏng khá tốt độ cao sóng trung bình, tuy nhiên, chưa thực sự tốt với các giá trị hướng sóng. Các thông số mô hình MIKE 21 SW sau khi hiệu chỉnh - kiểm định được trình bày trong Bảng 4. Trong đó, các giá trị các

định hướng lan truyền, ma sát đáy, các giá trị xác định sóng bạc đầu ( $C_{dis} = 4,5$  và  $\Delta = 0,5$ ), sóng vỡ do độ sâu được xác định giá trị 0,73. Điều kiện ban đầu được xác định là phổ nước sâu và sử dụng phổ JONSWAP. Điều kiện biên chọn 2 biên lỏng ở đó có sự trao đổi năng lượng sóng giữa phía trong và phía ngoài vùng tính.

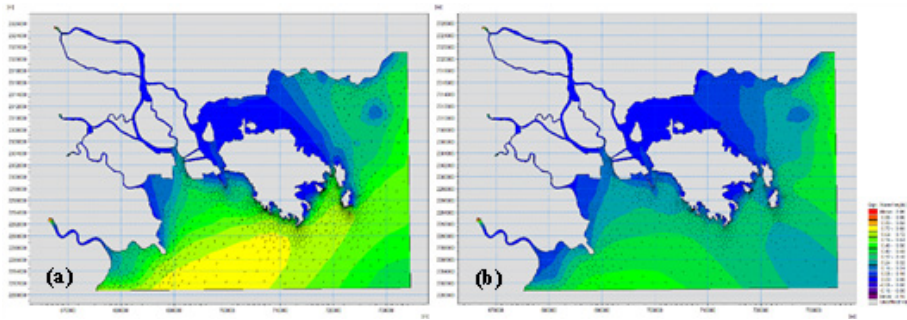
Bảng 4. Tham số mô đun sóng

STT	Thông số	Giá trị
1	Hướng lan truyền	36
2	Ma sát đáy	0,038
3	Sóng bạc đầu	$C_{dis} = 4,5$ ; $\Delta = 0,5$
4	Gió	Trường gió biến đổi theo không gian, thời gian
5	Tương tác về năng lượng	Tương tác bậc 4
6	Sóng vỡ do độ sâu	0,73
7	Điều kiện ban đầu	Coi là phổ nước sâu và sử dụng phổ JONSWAP
8	Điều kiện biên	Chọn 2 biên lỏng ở đó có sự trao đổi năng lượng sóng giữa phía trong và phía ngoài vùng tính

Với bộ thông số sau khi đã xây dựng được mô hình sóng nước sâu cho khu vực nghiên cứu, tiến hành truyền sóng từ mô hình sóng to về

phạm vi khu vực nghiên cứu, kết quả mô phỏng sóng khu vực nghiên cứu năm 2020 và năm 2021 được thể hiện trên Hình 5a - 5b.





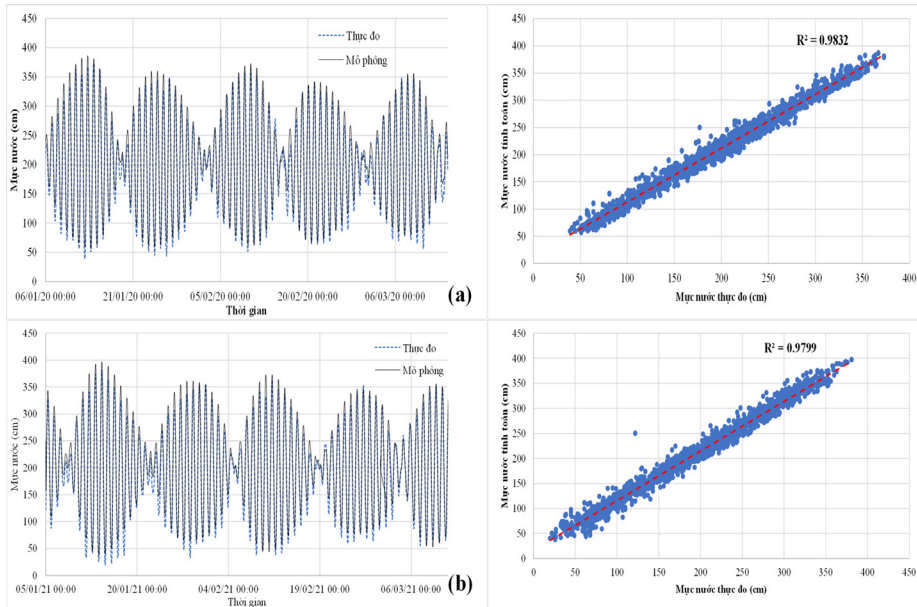
Hình 5. Kết quả mô phỏng sáng khu vực nghiên cứu: a) năm 2020; b) năm 2021

### 3.2. Kết quả mô hình thủy lực MIKE 21 HD

Kết quả quá trình hiệu chỉnh và kiểm định thủy lực của mô hình MIKE 21 FM cho khu vực nghiên cứu với các thời đoạn là tháng I đến tháng III năm 2020 cho hiệu chỉnh mô hình và tháng I đến tháng III năm 2021 cho kiểm định

mô hình, kết quả được thể hiện như các Hình 6a - 6b.

Kết quả quá trình hiệu chỉnh kiểm định được đánh giá độ chính xác bằng các chỉ số Nash và hệ số tương quan giữa kết quả tính toán và số liệu thực đo tại trạm Hòn Dấu. Kết quả các chỉ số đánh giá được trình bày trên Bảng 5.



Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước tại Hòn Dấu: a) năm 2020; b) năm 2021

Bảng 5. Đánh giá kết quả quá trình hiệu chỉnh kiểm định mô hình thủy lực

Quá trình	Thời gian bắt đầu	Thời gian kết thúc	Chỉ số Nash	Hệ số tương quan
Hiệu chỉnh	06/01/2020	06/03/2020	0,90	0,98
Kiểm định	06/01/2021	06/03/2021	0,85	0,97

Từ kết quả quá trình hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy mô hình MIKE 21 FM có thể mô phỏng tương đối chính xác với các chỉ số dao động trong khoảng 0,85 đến 0,90 đều đạt mức tốt. Mô hình bắt tương đối chính xác chế độ triều tại khu

vực, tuy nhiên, chưa bắt được chính xác các chân và đỉnh triều, sai số khoảng 0,1 m. Bộ thông số tối ưu cho mô hình MIKE 21 FM được trình bày trong Bảng 6. Các giá trị xác định hệ số nhớt rối (0,28), hệ số nhám Manning (57 m<sup>1/3</sup>/s), hệ số

ma sát gió (0,002), bước thời gian tính toán (30 giây) được xác định đảm bảo độ tin cậy và có thể

áp dụng bộ thông này tính toán mô phỏng chất lượng nước cho khu vực nghiên cứu.

Bảng 6. Bộ hệ số tối ưu của mô hình MIKE 21 FM

STT	Các thông số	Giá trị lựa chọn
1	Hệ số nhớt rối - Smagorinsky	0,28 (m <sup>2</sup> /s)
2	Hệ số cản đáy - hệ số Manning	57 (m <sup>1/3</sup> /s)
3	Hệ số ma sát gió	0,002
4	Bước thời gian	30 (s)

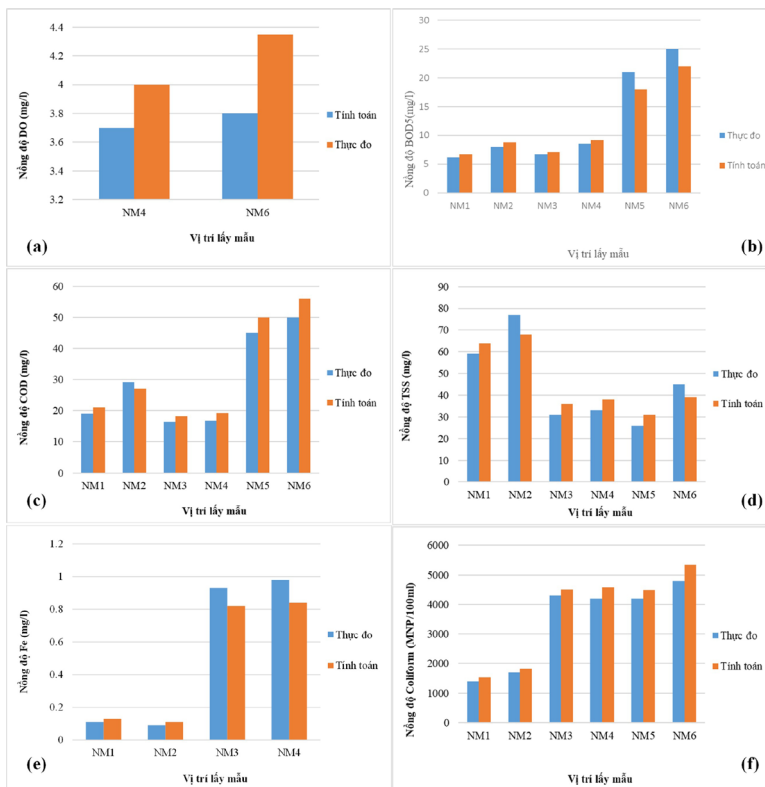
Với kết quả trên cho thấy mô hình đủ độ tin cậy để mô phỏng, đánh giá quá trình lan truyền các thông số ô nhiễm từ nguồn xả các khu công nghiệp vào khu vực nghiên cứu.

### 3.3. Kết quả mô hình chất lượng nước

Nghiên cứu đã thu thập số liệu thông số ô nhiễm tại nguồn xả và một số vị trí trong khu vực nghiên cứu kết hợp với một số vị trí có số liệu đo chất lượng nước năm 2015 và năm 2016. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chất lượng nước tại một số vị trí trong khu vực nghiên cứu được thể hiện trên Hình 7 - 8. Nghiên cứu được tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định với 6 thông số

chính: DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Fe và Coliform tại 06 vị trí quan trắc lấy mẫu NM1-NM6 (Bảng 7).

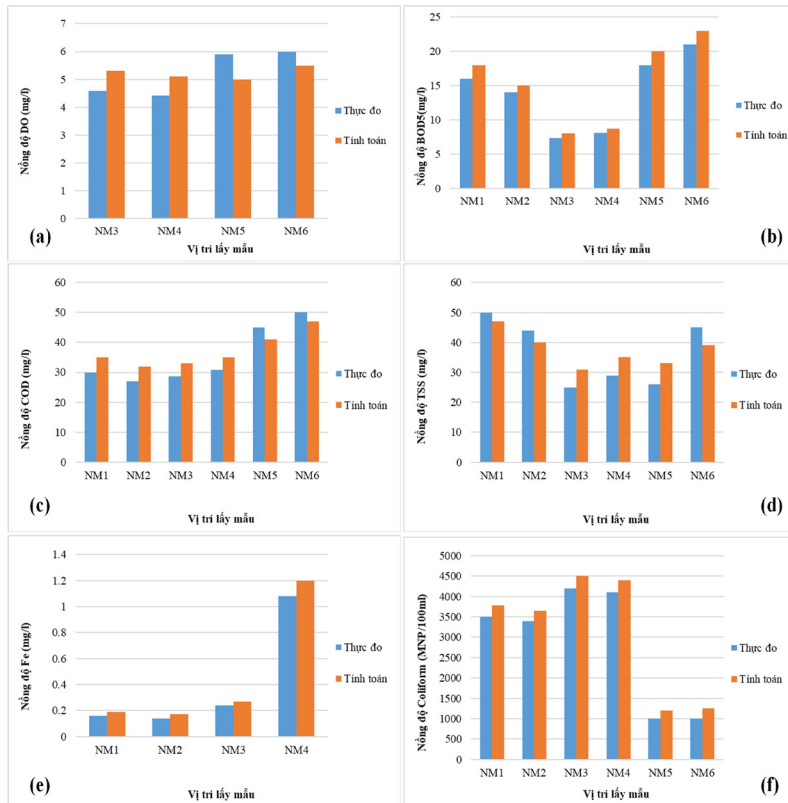
Trong đó: NM1: Nước sông Cấm (N 20°52'05,2"N; E 106°40'29,1"); NM2: Nước sông Hạ Lý (N 20°52'7,2"N; E 106°40'14,9"); NM3: Nước mặt tại thượng nguồn của sông cách điểm xả thải số 1 của cảng Tân Vũ 50 m (2305671.290X; 606208.711); NM4: Nước mặt tại hạ nguồn của sông cách điểm xả thải số 5 của cảng Tân Vũ 50 m (2305076.940X; 607003.946Y); NM5: Khu vực cảng nhập (2319121X; 0604836Y) nhà máy xi măng Hải Phòng; NM6: Khu vực cảng xuất (2319569X; 0605499Y) nhà máy xi măng Hải Phòng.



Hình 7. Kết quả hiệu chỉnh năm 2015: a) DO; b) BOD<sub>5</sub>; c) COD; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

Kết quả hiệu chỉnh năm 2015 cho thấy sai số giữa nồng độ mô phỏng và thực đo trong khoảng 5% - 19%. Có thể nhận thấy bộ thông số mô hình chất lượng nước tương đối phù hợp với

khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, để có thể đánh giá chính xác và khách quan thì mô hình sử dụng cùng bộ thông số chất lượng nước để mô phỏng kiểm định cho năm 2016.



Hình 8. Kết quả hiệu chỉnh năm 2016: a) DO; b) BOD<sub>5</sub>; c) COD; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

Bảng 7. Đánh giá sai số hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chất lượng nước

TT	Hiệu chỉnh (2015)					Kiểm định (2016)						
	Coliform	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	Fe	DO	Coliform	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	Fe	DO
NM1	-10%	-8%	-10%	-8%	-18%		-8%	-13%	-17%	6%	-19%	
NM2	-8%	-10%	8%	12%	-22%		-7%	-7%	-19%	9%	-21%	
NM3	-5%	-5%	-11%	-16%	12%		-7%	-9%	-15%	-24%	-13%	-16%
NM4	-9%	-8%	-15%	-15%	14%		-7%	-7%	-14%	-21%	-11%	-15%
NM5	-7%	14%	-11%	-19%		-8%	-10%	-11%	9%	-19%		15%
NM6	-11%	12%	-12%	13%		-14%	-15%	-10%	6%	13%		8%

Kết quả kiểm định mô hình chất lượng nước năm 2016 cho thấy sai số giữa nồng độ thông số ô nhiễm mô phỏng và thực đo dao động trong khoảng 6% đến 24%. Có thể nhận thấy bộ thông số mô hình CLN tương đối phù hợp với khu vực nghiên cứu. Bộ thông số mô hình sẽ được sử dụng để mô phỏng các kịch bản BĐKH đã thiết

lập phía trên.

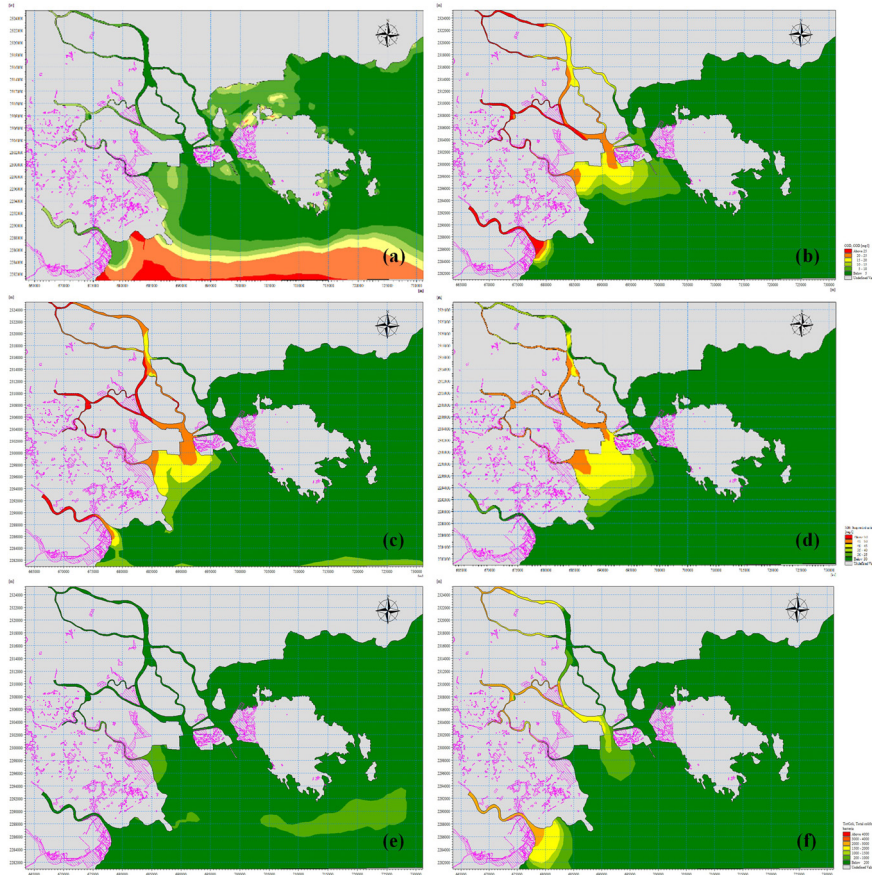
### 3.4. Kết quả mô phỏng kịch bản ô nhiễm môi trường biển xét đến BĐKH

Với các kịch bản BĐKH đã lựa chọn phía trên, nghiên cứu đã sử dụng MIKE 21 Ecolab để mô phỏng quá trình lan truyền thông số DO,

BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Fe và Coliform cho khu vực nghiên cứu. Kết quả mô phỏng cho thấy nồng độ DO có xu hướng giảm dần từ KB1 đến KB3; nồng độ các thông số BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Fe và Coliform có xu hướng tăng dần. Điều này là hợp lý vì các kịch bản 2 và kịch bản 3 được mô phỏng với biên đầu vào là các nguồn xả thải của các

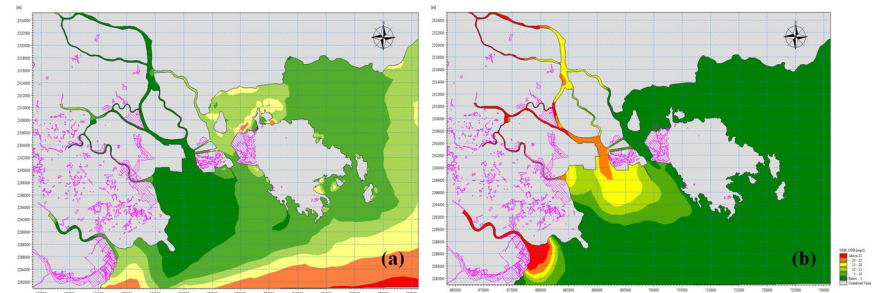
KCN, CCN được quy hoạch phát triển trong thời gian tới (có xu hướng gia tăng mạnh) đồng thời mực nước dâng và lượng mưa thay đổi theo kịch bản BĐKH. Hình 9 - 11 là kết quả thể hiện sự biến động quá trình lan truyền một số thông số ô nhiễm khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng.

a) Kịch bản 1



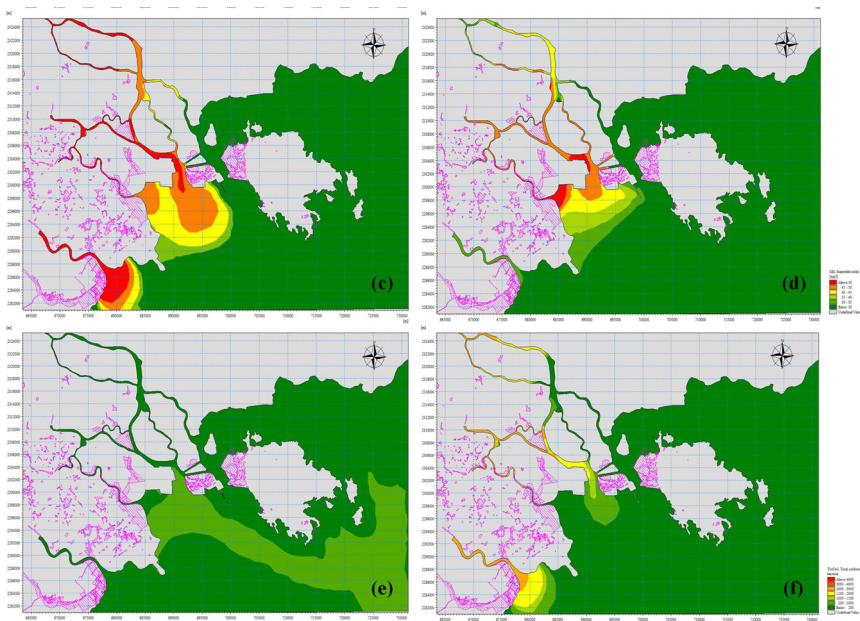
Hình 9. Kết quả mô phỏng kịch bản hiện trạng KB1: a) DO; b) COD; c) BOD<sub>5</sub>; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

b) Kịch bản 2



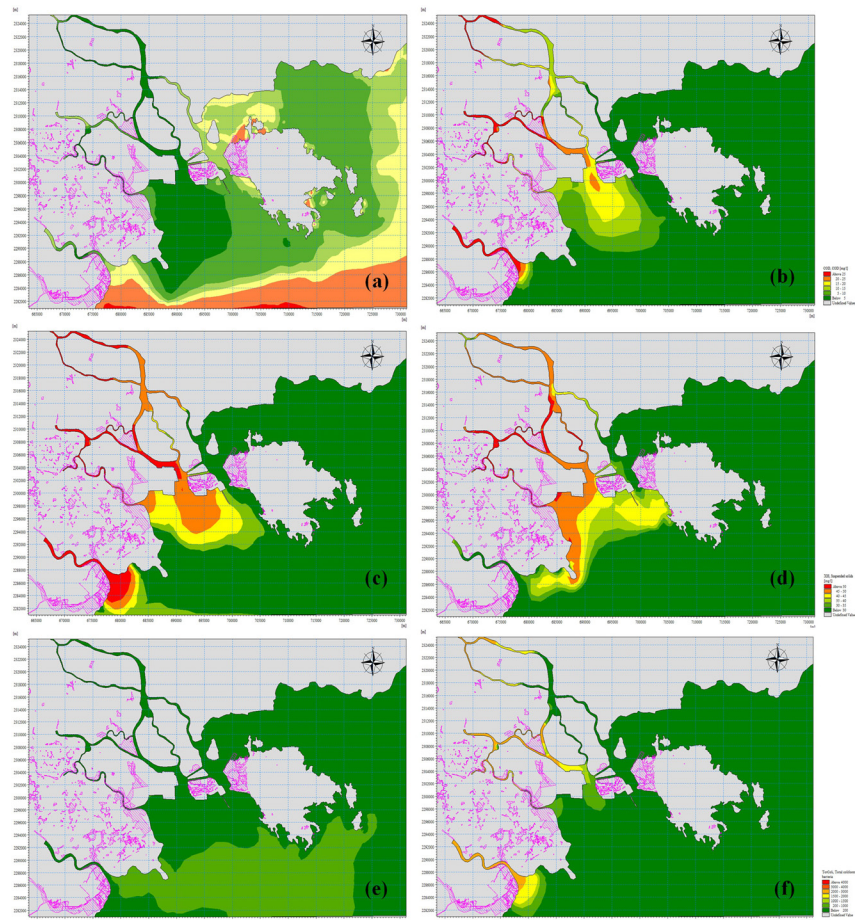
Hình 10. Kết quả mô phỏng kịch bản KB2: a) DO; b) COD





Hình 10. Kết quả mô phỏng kịch bản KB2: c) BOD<sub>5</sub>; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

c) Kịch bản 3



Hình 11. Kết quả mô phỏng kịch bản KB3: a) DO; b) COD; c) BOD<sub>5</sub>; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

Nghiên cứu đánh giá kết quả mô phỏng lan truyền thông số ô nhiễm trong nước tại 06 khu vực NTTS, trong đó, có 4 vị trí kiểm tra trên sông là DG1 đến DG4 và 2 vị trí tại đảo DG5 - Cát Hải và DG6 - Cát Bà (Bảng 8). Đối chiếu với 2 QCVN do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành về chất lượng nước mặt trong sông (QCVN 08:2023) và QCVN về chất lượng nước

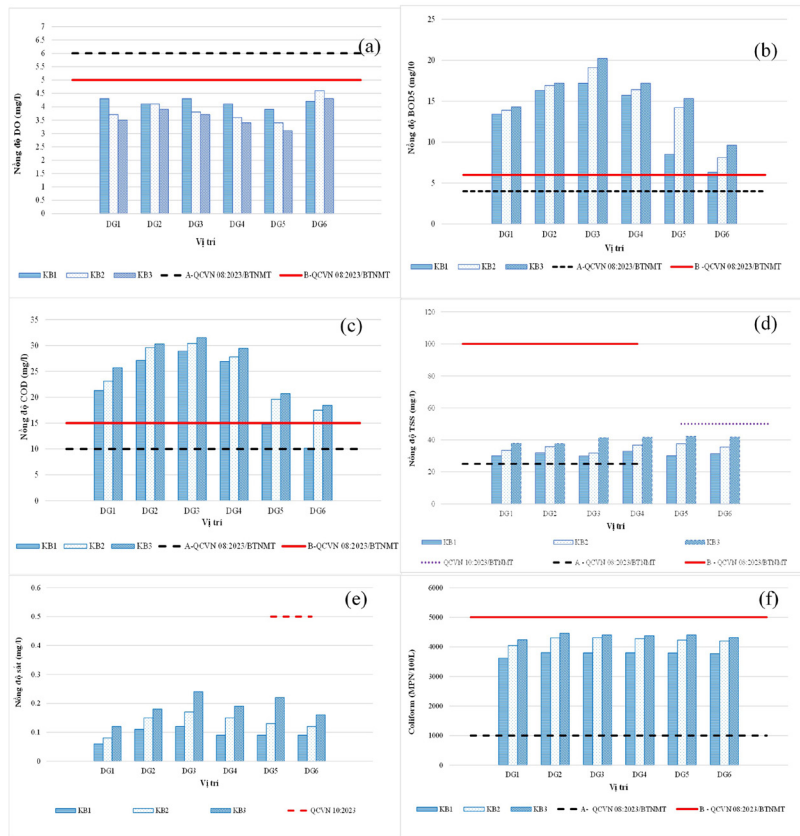
ven biển (QCVN 10:2023) cho thấy, chỉ có nồng độ TSS là có mức giới hạn khác nhau và nồng độ Fe chỉ quy định cho khu vực ven biển. Để đánh giá tác động của các chất ô nhiễm từ các KCN lớn ven biển Hải Phòng đến nuôi trồng thủy sản (NTTS), nghiên cứu đã xác định vị trí một số khu NTTS lớn ở ven biển Hải Phòng được thể hiện trên Hình 1.

*Bảng 8. Nồng độ ô nhiễm một số chất tại khu vực nuôi trồng thủy hải sản theo các kịch bản mô phỏng*

Kịch bản	Vị trí	Địa danh	DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Fe (mg/l)	Coliform (MPN/100 l)
KB1	DG1	Xã Vinh Quang, Tiên Lãng	4,3	21,3	13,4	47,4	0,06	3617
	DG2	Tràng Cát, Hải An	4,1	27,1	16,3	17,2	0,11	3805
	DG3	Đa Phúc, Dương Kinh	4,3	28,9	17,2	49,6	0,12	3798
	DG4	Dương Quang, Thủy Nguyên	4,1	26,9	15,7	47,8	0,09	3799
	DG5	Thị trấn Cát Hải, Cát Hải	3,9	14,8	8,5	37,8	0,09	3792
	DG6	Đảo Cát Bà, Phù Long, Cát Hải	4,2	10,2	6,3	13,1	0,09	3777
KB2	DG1	Xã Vinh Quang, Tiên Lãng	3,7	23,1	13,9	33,5	0,08	4042
	DG2	Tràng Cát, Hải An	4,1	29,6	16,9	35,8	0,15	4305
	DG3	Đa Phúc, Dương Kinh	3,8	30,4	19,1	31,8	0,17	4312
	DG4	Dương Quang, Thủy Nguyên	3,6	27,8	16,4	36,7	0,15	4274
	DG5	Thị trấn Cát Hải, Cát Hải	3,4	19,6	14,2	37,6	0,13	4231
	DG6	Đảo Cát Bà, Phù Long, Cát Hải	4,6	17,5	8,1	35,6	0,12	4202
KB3 QCVN 08:2023/ BTNMT (mức B)	DG1	Xã Vinh Quang, Tiên Lãng	3,5	25,7	14,3	37,9	0,12	4241
	DG2	Tràng Cát, Hải An	3,9	30,3	19,1	37,7	0,18	4459
	DG3	Đa Phúc, Dương Kinh	3,7	31,5	20,2	41,3	0,24	4401
	DG4	Dương Quang, Thủy Nguyên	3,4	29,4	18,4	41,7	0,19	4375
	DG5	Thị trấn Cát Hải, Cát Hải	3,1	20,7	15,3	42,2	0,22	4402
	DG6	Đảo Cát Bà, Phù Long, Cát Hải	4,3	18,4	9,6	41,8	0,16	4318
<b>QCVN 08:2023/BTNMT (mức B)</b>			<b>≥ 5</b>	<b>15</b>	<b>6,0</b>	<b>100</b>	<b>0,5</b>	<b>5000</b>

Các giá trị in đậm trong Bảng 8 thể hiện các giá trị vượt ngưỡng mức QCVN 08:2023/BTNMT (mức B) cho nuôi trồng thủy sản. Có thể nhận thấy hiện nay nồng độ DO và BOD<sub>5</sub> không đảm bảo giới hạn cho phép ở cả ba kịch bản mô phỏng. Nồng độ COD quá ngưỡng cho phép ở kịch bản 2 và kịch bản 3 - các kịch bản xét đến quy hoạch phát triển KCN cũng như điều kiện BĐKH; kết quả đánh giá hiện trạng thì có một số khu vực nồng độ COD đã vượt

ngưỡng cho phép với khu NTTS. Nồng độ TSS, Fe và Coliform vẫn đảm bảo dưới mức B - QCVN 08:2023/BTNMT. Hình 12 là biểu đồ kết quả mô phỏng nồng độ thông số chất ô nhiễm tại một số khu NTTS theo 03 kịch bản. Trong đó, nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD đang vượt quá ngưỡng mức A và B-QCVN 08:2023/BTNMT đối với cả 03 kịch bản tại các vị trí khu vực khảo sát NTTS (Hình 12b, 12c).



Hình 12. Nồng độ thông số ô nhiễm tại một số vị trí nuôi trồng thủy sản: a) DO; b) BOD<sub>5</sub>; c) COD; d) TSS; e) Fe; f) Coliform

#### 4. Kết luận

Biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng cùng với nhu cầu mở rộng các khu công nghiệp khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng đã dẫn đến nguy cơ làm gia tăng ô nhiễm chất lượng nước ven biển khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu đã đạt được một số kết quả như sau:

+ Nghiên cứu đã hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền sóng, mô hình thủy lực, xác định bộ thông số phù hợp của mô hình MIKE 21 SW và MIKE 21 FM cho khu vực ven biển thành phố Hải Phòng. Với bộ thông số tìm được, nghiên cứu đã áp dụng mô phỏng theo 03 kịch bản: Hiện trạng năm 2023, RCP 4.5 thời kỳ 2046 - 2065 và RCP 4.5 thời kỳ 2080 - 2099.

+ Có thể nhận thấy hiện nay nồng độ DO và BOD<sub>5</sub> đã vượt giới hạn cho phép ở cả ba kịch bản mô phỏng. Kết quả nghiên cứu với kịch bản mô phỏng hiện trạng, các khu vực NTTS đã bị ô

nhiễm thông số DO và BOD<sub>5</sub>, một số khu vực bị ô nhiễm COD. Nồng độ COD quá ngưỡng cho phép ở kịch bản 2 (RCP<sub>2046 - 2065</sub>) và kịch bản 3 (RCP<sub>2080 - 2099</sub>) - các kịch bản xét đến quy hoạch phát triển KCN cũng như điều kiện BDKH. Các trường hợp mô phỏng theo kịch bản BDKH và kịch bản phát triển kinh tế - xã hội theo quy hoạch phát triển năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 cho thấy với sự phát triển mở rộng thêm các KCN, CCN thì nồng độ các thông số đều có xu hướng gia tăng.

Thông qua kết quả nghiên cứu sẽ góp phần đánh giá quá trình lan truyền các thông số ô nhiễm từ nguồn thải KCN và CCN lớn ven biển Hải Phòng là cơ sở khoa học cho các nhà quản lý trong việc ra quyết định quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội Thành phố Hải Phòng trong tương lai đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững.



## Tài liệu tham khảo

### Tài liệu tiếng Việt

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020), *Kịch bản biến đổi khí hậu*.
2. Đoàn Thanh Hằng (2009), *Xây dựng chương trình dự báo xâm nhập mặn cho khu vực Đồng bằng sông Hồng - Thái Bình*, đề tài cấp Bộ.
3. Trần Duy Kiều (2016), "Nghiên cứu mô phỏng nguy cơ lan truyền vết dầu trong sự cố tràn dầu trên vùng biển Phú Quốc" *Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, 50, tr. 44-51.
4. Nguyễn Hữu Đồng, Trần Thị Tú (2014), "Ứng dụng GIS xây dựng cơ sở dữ liệu nguồn nước thừa công nghiệp tỉnh Hà Tĩnh", *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*, 97(9), 29-44.
5. Trần Hồng Thái (2017), "Ứng dụng mô hình MIKE 21 FM mô phỏng chất lượng nước khu vực ven biển Đình Vũ", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 20(4T), tr. 282-292.
6. Trực tuyến: [https://vi.wikipedia.org/wiki/H%E1%BA%A3i\\_Ph%C3%B2ng](https://vi.wikipedia.org/wiki/H%E1%BA%A3i_Ph%C3%B2ng)
7. Trực tuyến: <https://haiphong.gov.vn/Cac-Du-An-Cong-Trinh/Cac-Cong-Trinh-Trong-Diem/Hai-Phong-quy-hoach-moi-12-cum-cong-nghiep-den-nam-2020-14793.html>.
8. Trực tuyến: <https://pbgdpl.haiphong.gov.vn/Chi-dao-dieu-hanh/Phat-trien-nuoi-trong-thuy-san-tren-bien-thanh-pho-Hai-Phong--den-nam-2030-tam-nhin-den-nam-2045-112305.html> (Tra cứu ngày 15/2/2023)
9. Hoàng Ngọc Khắc (2020), *Nghiên cứu giải pháp phát triển nuôi trồng thủy sản ven biển thông minh thích ứng biến đổi khí hậu (BĐKH) vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ*, đề tài cấp nhà nước, mã số BĐKH.18/16-20.

### Tài liệu tiếng Anh

10. Acosta, E. A. et al (2023), "A Web-GIS for decision making to achieve water quality standards of water bodies through collaborative watershed modeling", *Brazilian Journal of Water Resources*, 28(e29), 1-16.
11. Al-Aizari, H. S. et al (2023), "Evaluation of Groundwater Quality and Contamination Using the Groundwater Pollution Index (GPI), Nitrate Pollution Index (NPI), and GIS", *Water*, 15, 3701. <https://doi.org/10.3390/w15203701>.
12. Binh, N. T. et al (2012), "Management and monitoring of air and water pollution by using GIS technology", *Journal of Viet Namese Environment*, 3(1), 50-54.
13. Cáceres, R. A. et al (2016), "Analysis of Sedimentation Problems at the Entrance to Mar del Plata Harbor", *Journal of Coastal Research*, 318(2), 301-314.
14. Chen, X., & Wang, G (2007), "Mike 21 software and its application on the offshore reconstruction engineering of Changxing Islands", *Journal of Dalian University*, 28(6), 93-98.
15. Das, G. K (2022), "Coastal Tourism and Pollution", In: *Coastal Environments of India*, Springer Water. Springer.
16. Doan, Q. T. et al (2015), "Application of Environmental Sensitivity Index (ESI). Maps of Shoreline for the Coastal Oil Spills: Case Study of Cat Ba Island, Viet Nam", *Environmental Earth Sciences*, 74, 3433-3451.
17. Doan, Q. T. et al (2019), "Assessment of Water Quality in Coastal Estuaries under Impact of Industrial Zone in Hai Phong, Viet Nam", *Physics and Chemistry of the Earth*, 113, 100-114.
18. Duong, T. N. et al (2020), "Water Environment Quality at Coastal Monitoring Station in Viet Nam 2019", *Viet Nam Journal of Chemistry*, 58, 147-152.
19. DHI (2014), *Nearshore Spectral Wind-Wave Module, User Guide, MIKE 21, Denmark*
20. DHI (2014), *Hydrodynamic Module, User Guide, MIKE 21, Denmark*
21. DHI (2014), *Hydrodynamic Module, Scientific Documentation, MIKE 21, Denmark*
22. DHI (2014), *Hydrodynamic Module, Step by step training guide, MIKE 21, Denmark*
23. DHI (2014), *MIKE 21 Toolbox, User Guide, MIKE 21, Denmark*
24. DHI (2014), *ECOLab\_ShortScientific, MIKE 21/3, Denmark*



25. DHI (2014), *ECOLab\_UserGuide*, MIKE 21/3, Denmark.
26. DHI (2014), *ECOLab\_WQ*, MIKE 21/3, Denmark.
27. DHI (2014), *HeavyMetal*, MIKE 21/3, Denmark.
28. Gonçalves, V. et al (2023), "Groundwater Vulnerability Assessment to Cemeteries Pollution through GIS-Based DRASTIC Index", *Water*, 15, 812. <https://doi.org/10.3390/w15040812>.
29. Hammrich, A., & Schuster, D. D (2014), "Fundamentals on Ecological Modelling in Coastal Water Including and Example from the River Elbe", *Die Küste*, 81, pp. 107-118.
30. Luo, M. et al (2022), "Pollution assessment and sources of dissolved heavy metals in coastal water of a highly urbanized coastal area: The role of groundwater discharge", *Science of the Total Environment*, 807, 151070. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151070>.
31. Liu, K. & Yang, Z. (2009), "Water pollution and eutrophication in Hanjiang river and Raihu lake using Mike model", *Water & Wastewater Engineering*, 35(1), 456-459.
32. Mummidivarapu, S. K. et al (2023), "Mapping and assessment of river water quality under varying hydro-climatic and pollution scenarios by integrating QUAL2K, GEFC, and GIS", *Environmental Research*, 239, 11725.
33. Manivanan, R (2017), "Water quality modelling for ocean engineering project", *Oceanography and Fisheries*, 3(4), 1-5.
34. Supardi, I. H. K. et al (2023), "Generating Water Quality Maps of Klang River Based on Geographic Information System (GIS) and Water Quality Index (WQI)", *International Journal of Sustainable Construction Engineering And Technology*, 14(3), 408-418.
35. Thu, P. T. S., & Tri, D. Q (2023), "Assessing the Impact of Industrial Zones on the Environmental Pollution in Hai Phong's Coastal Areas, Viet Nam", *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11, 11-29. <https://doi.org/10.4236/gep.2023.117002>.
36. Wang, Z. et al (2008), "Application of Mike21 in ecological design of artificial lake", *Water Resources and Power*, 26(5), 124-127.
37. Xu, W., & Zhang, Z (2022), "Impact of coastal urbanization on marine pollution: Evidence from China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 10718. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710718>.
38. Zhou, D. et al (2021), "Impacts of Inland Pollution Input on Coastal Water Quality of the Bohai Sea", *Science of the Total Environment*, 765, 142691. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142691>.
39. Zhu, C. et al (2013), "Reduction of Waste Water in Erhai Lake Based on MIKE21 Hydrodynamic and Water Quality Model", *The Scientific World Journal*, 958506.

## APPLICATION OF MIKE 21 MODEL AND GIS TECHNOLOGY TO ESTABLISH MAPS AND ASSESS THE SPREAD OF WATER ENVIRONMENT POLLUTION UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR THE COASTAL AQUACULTURE AREA OF HAI PHONG

Pham Thi Song Thu<sup>(1)</sup>, Doan Quang Tri<sup>(2)</sup>, Nguyen Van Hong<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>President Ho Chi Minh's Vestige in the Presidential Palace Area

<sup>(2)</sup>Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

<sup>(3)</sup>Sub-Institutute of Hydrrometeorology and Climate Change

*Received: 23/10/2023; Accepted: 17/11/2023*

**Abstract:** *The coastal area of Hai Phong in the west of the Gulf of Tonkin is a place where complex*

*environmental problems often appear coastal marine pollution due to socio-economic development activities in coastal estuaries, especially pollutants from waste sources in industrial zones, large industrial clusters. This study applies the MIKE 21 model to evaluate water quality spread and apply GIS technology to build spread maps of some pollution parameters with climate change scenarios. This study was calibrated and validated to determine the optimized set of parameters of the MIKE 21 SW and MIKE 21 FM models for the coastal area of Hai Phong city. This study simulated and calculated the water quality with 03 scenarios: Current status, RCP 4.5 for the period of 2046 - 2065 and RCP 4.5 for the period of 2080 - 2099. Study results show that with the current situation simulation scenario, aquaculture areas are polluted with DO and BOD<sub>5</sub> parameters, and some areas are polluted with COD. Simulated results according to climate change scenarios and the socio-economic development plan for 2030, with a vision to 2050, show that with the development and expansion of industrial zones and industrial clusters, the concentration of parameters tends to increase. To ensure the goal of sustainable economic development in Hai Phong's coastal area, it is necessary to have effective and appropriate measures to control and protect Hai Phong's coastal environment.*

**Keywords:** MIKE 21, GIS, climate change, coastal environmental pollution Hai Phong.