NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ GIÓ MÙA ĐẾN LAN TRUYỀN ĐỘ ĐỤC TỪ HOẠT ĐỘNG NẠO VÉT BÙN CÁT TẠI CẢNG NGHI SƠN, TỈNH THANH HOÁ BẰNG MÔ HÌNH MIKE 3

Vũ Văn Lân[1*], Nguyễn Hồng Lân[1], Vũ Thị Thúy Nga[1], Ngô Trà Mai[2]
[1]Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
[2]Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Hoạt động nạo vét cảng là quá trình sử dụng các thiết bị nạo vét loại bỏ bùn cát trong cảng để tạo ra một khu vực cảng có độ sâu lớn hơn nhằm nâng cao khả năng tiếp nhận tàu, tăng cường năng lực vận chuyển hàng hóa và phát triển hoạt động thương mại tại cảng. Quá trình này khiến cho bùn cát ở đáy biển bị dao động và lan truyền đến các khu vực xung quanh, ảnh hưởng đến môi trường sống của các loài sinh vật biển như rạn san hô, thảm cỏ biển và các loại hải sản khác. Trong nghiên cứu này mô hình MIKE 3 được ứng dụng để mô phỏng chế độ thủy động lực và quá trình lan truyền độ đục từ hoạt động nạo vét bùn cát ở khu vực cảng Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa trong điều kiện gió mùa. Kết quả nghiên cứu cho thấy tốc độ dòng chảy ven bờ ở khu vực cảng trong thời kỳ gió mùa Tây Nam lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc. Quá trình lan truyền độ đục từ hoạt động nạo vét bùn cát phụ thuộc lớn vào chế độ dòng chảy trong cảng Nghi Sơn. Cụ thể, sau 4 tuần thi công nạo vét nồng độ bùn cát ở khu vực trong cảng đạt giá trị 1,2 kg/m^3, khu vực ven biển phía ngoài cảng có nồng độ bùn cát giảm xuống còn khoảng 0,15 kg/m^3. Sau 6 tuần thi công nạo vét trong cảng trường độ đục bùn cát có xu thế di chuyển rộng ra phía ngoài cảng có nồng độ bùn cát đạt giá trị 0,015 kg/m^3 do sự tác động của dòng chảy thủy triều, sau 8 tuần thi công nồng độ bùn cát có xu hướng di chuyển đến khu vực kè biển phía ngoài cảng và có nồng độ bùn cát đạt giá trị khoảng 0,08 kg/m^3. Sau 10 tuần thi công trường độ đục được phân tán dọc theo bờ biển ở phía Nam cảng Nghi Sơn với nồng độ bùn cát đạt giá trị khoảng 0,004 kg/m^3.

Từ khóa: MIKE; Độ đục; Nạo vét; Bùn cát; Cảng; Sóng; Dòng chảy.

Abstract

Application model MIKE 3 for dispersal simulation of turbidity due to dredging activities at Nghi Son port, Thanh Hoa province

The port dredging activity is the process of using dredging equipment to remove mud and sand within the port to create a deeper port area, aiming to enhance vessel reception capability, bolster cargo transportation capacity, and foster commercial activities at the port. This process has stirred up sediment particles on the seabed, spreading to surrounding areas and affecting the marine habitats of organisms such as coral reefs, seagrass beds, and other marine species. In this study, the MIKE 3 model was applied to simulate the hydrodynamic regime and turbidity dispersion resulting from dredging activities for sand extraction in the Nghi Son port area, Thanh Hoa province under seasonal wind conditions. The research results indicate that the

nearshore flow velocity in the port area during the southwest monsoon period is higher than during the Northeast monsoon period. The turbidity dispersion process from sand dredging activities significantly depends on the flow regime within the port. After 4 weeks of dredging operations, the sediment concentration inside the port reaches 1,2 kg/m^3, while outside the port, it decreases to approximately 0,15 kg/m^3. After 6 weeks of dredging within the port, the sediment turbidity tends to spread towards the outside of the port, with a sediment concentration of 0,015 kg/m^3, influenced by tidal currents. After 8 weeks of dredging, the sediment concentration tends to move towards the coastal embankment outside the port, reaching around 0.08 kg/m^3. After 10 weeks of dredging, the turbidity plume disperses along the southern coastline of Nghi Son port, with sediment concentrations reaching approximately 0,004 kg/m^3.

Keywords: MIKE; Turbidity; Dredging; Sediment transport; Wave; Current; Dispersion.

[*]**Tác giả liên hệ, Email:** vvlan@hunre.edu.vn

DOI:

1. Giới thiệu

Việt Nam có đường bờ biển dài khoảng 3.260 km và nhiều vị trí có tiềm năng phát triển giao thông vận tải biển. Thông thường, hệ thống cảng biển hiện nay được quy hoạch đồng bộ gắn liền với các trung tâm, vùng kinh tế lớn của cả nước. Đặc biệt, các cảng biển lớn với vai trò là đầu mối phục vụ xuất - nhập khẩu hàng hóa, tạo động lực phát triển toàn vùng và đóng góp không nhỏ vào sự tăng trưởng của nền kinh tế. Nhằm đẩy mạnh và tối ưu hoá các hoạt động khai thác dich vụ hàng hải trong nước và quốc tế một số cảng đã và đang thực hiện nâng cấp. Trong đó, hoạt động nạo vét cảng nhằm đáp ứng những tàu có tải trọng lớn có thể cập cảng được chú trọng đẩy mạnh. Chính vì vậy, những vật liệu từ quá trình nạo vét trong cảng một phần được san lấp trên đất liền và một phần được nhận chìm ngoài biển. Đặc biệt, khu kinh tế Nghi Sơn đang phát triển các khu công nghiệp và lượng hàng hóa cần được vận chuyển bằng đường bộ và đường thủy sẽ được gia tăng. Điều này làm cho hoạt động giao thông đường thủy chiếm 80 - 90 % lượng hàng hóa được vận chuyển. Đồng thời, cần lưu ý rằng việc vận chuyển bằng đường thủy sẽ giảm chi phí vận tải và nâng cao hiệu quả đầu tư cho các doanh nghiệp, đồng thời phát huy được thế mạnh của tỉnh Thanh Hóa với đường bờ biển chạy dài. Hơn nữa, theo kế hoạch năm 2022 của tỉnh, khu vực cảng Nghi Sơn cần phải thực hiện nạo vét và khai thác một số bến cảng quan trọng nhằm đưa vào khai thác tàu có trọng tải 100.000 DWT [1].

Quá trình nạo vét bùn cát trong cảng sẽ chịu tác động của các quá trình thủy động lực và khuếch tán lan truyền trong môi trường xung quanh, vì vậy việc ứng dụng mô hình thủy lực để tính toán lan truyền độ đục và các chất ô nhiễm kim loại nặng, phục vụ cho công tác đánh giá tác động môi trường của dự án là hết sức cần thiết.

Việc ứng dụng các mô hình thủy động lực trong mô phỏng quá trình lan truyền các chất ô nhiễm từ các hoạt động khai thác, nạo vét bùn cát ở khu vực biển ven bờ đã mang lại nhiều thành tựu lớn

trong việc đánh giá tác động môi trường biển. Nghiên cứu của S. A Luger và cộng sự đã dự báo và đánh giá được lan truyền độ đục do hoạt động nạo vét tại vịnh Saldanha bằng mô hình chất lượng nước Deflt3D - WAQ, kết quả nghiên cứu cho thấy chế độ sóng và dòng chảy ảnh hưởng lớn đến quá trình khuếch tán và chìm lắng bùn cát ở trong vịnh [2]. Bên cạnh đó tác giả Nicoletti và cộng sự đã ứng dụng mô hình thủy động lực kết hợp với mô-đun môi trường để đánh giá sự phân tán hàm lượng chất lơ lửng trong điều kiện chế độ thủy động lực khác nhau nhằm xác định được giá trị môi trường ban đầu phục vụ cho việc đánh giá ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát đến môi trường [3]. Ngoài ra, tác giả Capello và cộng đã mô phỏng lan truyền bùn cát từ hoạt động nạo vét bằng mô hình Lagrangian Trajectory 3D cho khu vực cảng Loano thuộc biển Ligurian, Tây Bắc Địa Trung Hải, kết quả nghiên cứu đã thể hiện được khu vực ảnh hưởng lan truyền độ đục cũng như những vùng bùn cát bồi tụ và đánh giá được ảnh hưởng của chế độ thủy động lực đến quá trình lan truyền độ đục [4].

Một số công trình nghiên cứu ứng dụng các mô hình thủy động lực, ví dụ như MIKE 21, để đánh giá tác động môi trường từ các hoạt động khai thác cát trong sông và vùng ven biển. Nghiên cứu của tác giả Vũ Văn Lân và cộng sự đã sử dụng mô hình thủy lực MIKE 21 đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát đến môi trường trên lưu vực Sông Hồng huyện Trấn Yên tỉnh Yên Bái, kết quả đã thể hiện được sự ảnh hưởng của chế độ dòng chảy đến quá trình lan truyền độ đục trên lưu vực Sông Hồng [5]. Bên cạnh đó việc ứng dụng mô hình MIKE 3 tính toán lan truyền bùn trong hoạt động nhận chìm phục vụ công tác bảo vệ môi trường tại các cảng biển của tác giả Nguyễn Minh Trung (2020) xây dựng mô hình thủy động lực mô-đun MIKE 21 HD kết hợp với các mô-đun sóng (Spectral wave) làm dữ liệu đầu vào cho việc mô phỏng lan truyền bùn bằng mô hình MIKE 21 MT [6]. Nhìn chung các mô hình thủy động lực đã mô phỏng thành công quá trình lan truyền độ đục, bùn cát từ các hoạt động khai thác khoáng sản ven bờ. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả ứng dụng mô hình MIKE 3 để mô phỏng chế độ thủy động lực khu vực ven biển làm dữ liệu đầu vào cho mô hình lan truyền độ đục từ hoạt động nạo vét bùn cát trong cảng Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình MIKE 3

Trong nghiên cứu này đã ứng dụng mô hình 3 chiều MIKE 3 để tính toán mô phỏng chế độ thủy động lực biển và lan truyền độ đục từ hoạt động nạo vét trong cảng Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Việc sử dụng mô hình 3 chiều sẽ giúp mô phỏng được đầy đủ quá các quá trình tương tác động lực ở khu vực ven biển, cũng như cơ chế lan truyền độ đục theo các tầng sâu khác nhau. MIKE 3 là bộ phần mềm sử dụng mô hình số trị 3 chiều do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI - Danish Hydraulic Institute) xây dựng và phát triển. Mô hình được sử dụng để tính toán cho các khu vực có địa hình phức tạp như đại dương, vùng biển ven bờ, cửa sông, cảng biển, trong sông và hồ [7]. Mô hình có khả năng mô phỏng chi tiết các yếu tố tác động như điều kiện về thủy thạch động lực, địa hình, dòng chảy, bùn cát và địa chất. Trong đó

có tính đến ảnh hưởng của phân tầng mật độ, nhiệt độ, độ muối và các tương tác của các yếu tố khí quyển biển (khí áp, sóng và gió trên mặt) [8] .

Phương trình nước nông: Modul thủy lực cơ bản trong phương pháp số của các phương trình nước nông 3 chiều,

Phương trình bảo toàn động lượng

phương trình kết hợp Navier - Stoke lấy trung bình hệ số Renold không nén với giả định Boussinesq và áp suất thủy tĩnh.

Phương trình liên tục

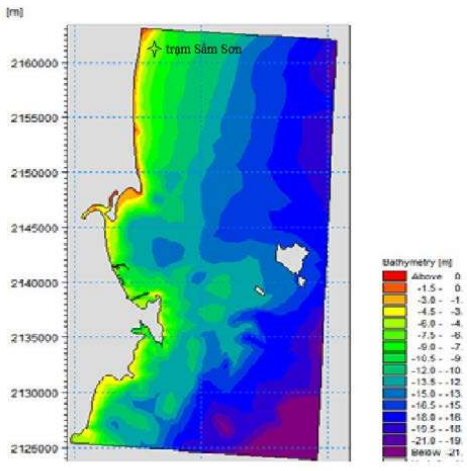
$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=S \qquad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial u^2}{\partial x}+\frac{\partial vu}{\partial y}+\frac{\partial wu}{\partial z}=fv-g\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^\eta \frac{\partial p}{\partial x}dz-\frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{xy}}{\partial y}\right)+F_u+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial_u}{\partial z}\right)+u_sS \qquad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{\partial v^2}{\partial y}+\frac{\partial uv}{\partial x}+\frac{\partial wu}{\partial z}=fu-g\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^\eta \frac{\partial p}{\partial y}dz-\frac{1}{\rho_0 h}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{yy}}{\partial y}\right)+F_v+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial_v}{\partial z}\right)+v_sS \qquad (3)$$

trong đó: t là thời gian; x,y và z là tọa độ theo không gian; η là mực nước; d: là độ sâu nước; $h = \eta + d$ độ sâu nước tổng; u, v, w là lưu tốc theo các hướng x, y và z; g: Gia tốc trọng trường (m/s2); F: Hệ số nhám do gió; ρ_a: Áp suất khí quyển (kg/m2/s); ρ_0: Khối lượng riêng của nước (kg/m3); $f = 2\Omega sin\phi$ là tham số Coriolis; S là giá trị lưu lượng.

2.2. Các điều kiện biên

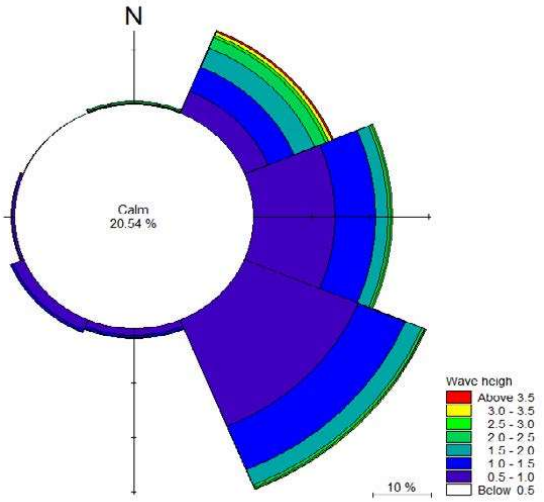


Hình 1: Địa hình khu vực nghiên cứu

Địa hình: Địa hình khu vực ven biển tỉnh Thanh Hóa sử dụng bản đồ địa hình đáy biển với tỷ lệ 1/5.000 khảo sát trong khoảng thời gian 2007 - 2015 do cục Bản đồ - Bộ Tài nguyên và Môi trường thành lập. Kết hợp với số liệu khảo sát địa hình của dự án tại khu vực nạo vét trong cảng với tỷ lệ 1/5.000.

Điều kiện biên thuỷ lực

+ Số liệu sóng: Dữ liệu sóng được thu thập từ trạm hải văn Sầm Sơn kết hợp với số liệu sóng toàn cầu năm 2021 và được thể hiện qua hoa sóng [9]:

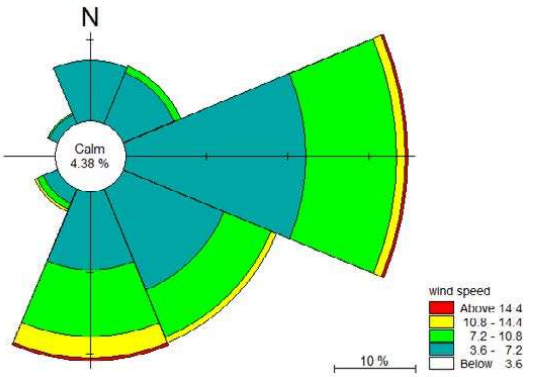


Hình 2: Biểu đồ hoa sóng khu vực nghiên cứu

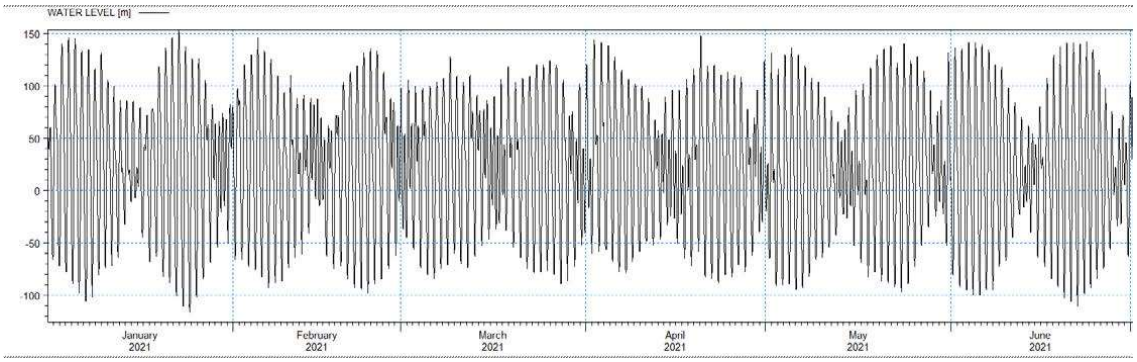
+ Số liệu gió: Khu vực nghiên cứu nằm trong Vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng rõ rệt từ hệ thống khí quyển biển. Trong nghiên cứu đã sử dụng số liệu gió trung bình ngày

tại trạm Hòn Dáu năm 2021 phục vụ cho việc thiết lập mô hình thủy lực và giá trị gió được thể hiện qua Hình 3.

+ *Số liệu mực nước:* Mực nước thực đo tại trạm hải văn Sầm Sơn, Thanh Hóa năm 2021 được sử dụng trong việc đánh giá tính chính xác của mô hình, trong nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu mực nước thực đo tháng 01/2021 để hiệu chỉnh mô hình và số liệu mực nước tháng 7/2021 phục vụ kiểm định mô hình thủy lực.



Hình 3: Biểu đồ hoa gió tại trạm Hòn Dáu năm 2021

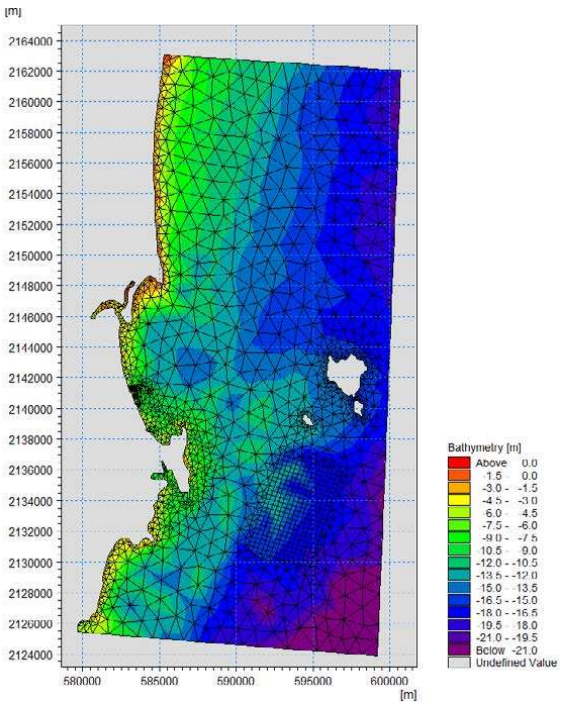


Hình 4: Dữ liệu mực nước thực đo tại trạm Sầm Sơn

+ *Dòng chảy:* Nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu dòng chảy tại trạm Sầm Sơn, Thanh Hóa (19.591810°; 105.830031°) và số liệu về lưu lượng dòng chảy trong sông Lạch Bạng năm 2021 phục vụ cho thiết lập biên đầu vào mô hình.

+ *Bùn cát:* Tổng khối lượng vật liệu nhận chìm được chia làm hai loại chính là bùn và cát với tỉ lệ 86:14 (trong 1 kg mẫu trầm tích có 860 g là hạt bùn và 140 g là cát) dựa trên kết quả phân tích mẫu bùn tại khu vực nạo vét. Trong đó bùn có nồng độ 1.050 kg/m^3, vận tốc lắng 0,015 m/s, ứng suất cắt tới hạn 0,02 N/m^2 (tham gia chính vào khuếch tán) và cát có nồng độ 2.650 kg/m^3, vận tốc lắng 0,3 m/s, ứng suất cắt tới hạn 0,5 N/m^2.

2.3. Thiết lập mô hình toán



Hình 5: Lưới tính toán khu vực nghiên cứu

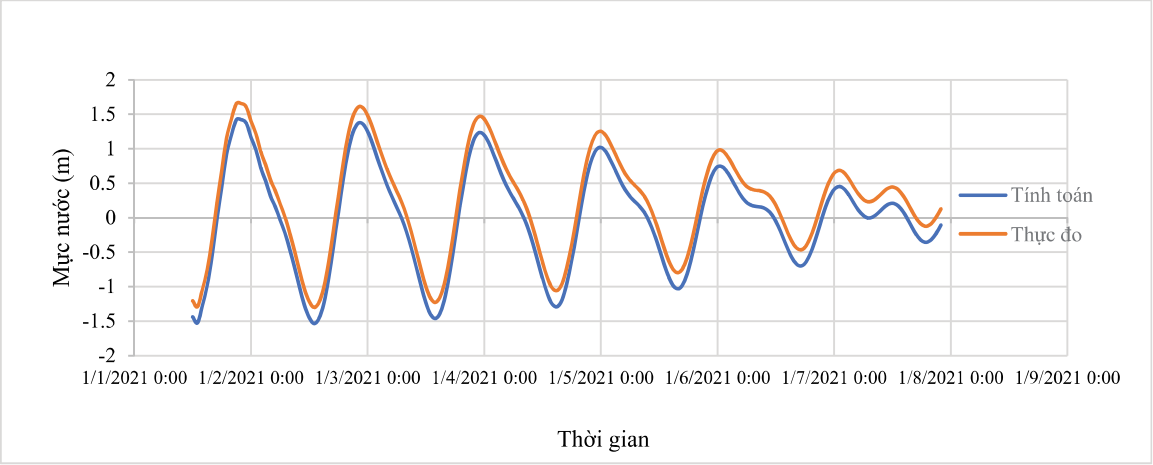
Lưới tính toán vùng dự án được xây dựng kéo dài toàn bộ vùng ven biển khu vực Nghi Sơn, Thanh Hóa với chiều dài khoảng 38 km, khoảng cách từ bờ ra ngoài khơi 19 km. Nghiên cứu đã sử dụng lưới phi cấu trúc với tổng số ô lưới tính toán là 4.938 ô lưới tính và 2.953 nút lưới kết hợp lưới trực giao nhằm tối ưu hóa thời gian mô phỏng trong mô hình.

Trong quá trình hiệu chỉnh mô hình thủy lực nhóm nghiên cứu đã thực hiện hiệu chỉnh hệ số nhám đáy biển để tìm ra bộ thông số mô hình đạt yêu cầu. Kết quả hiệu chỉnh được thể hiện qua chỉ số Nash:

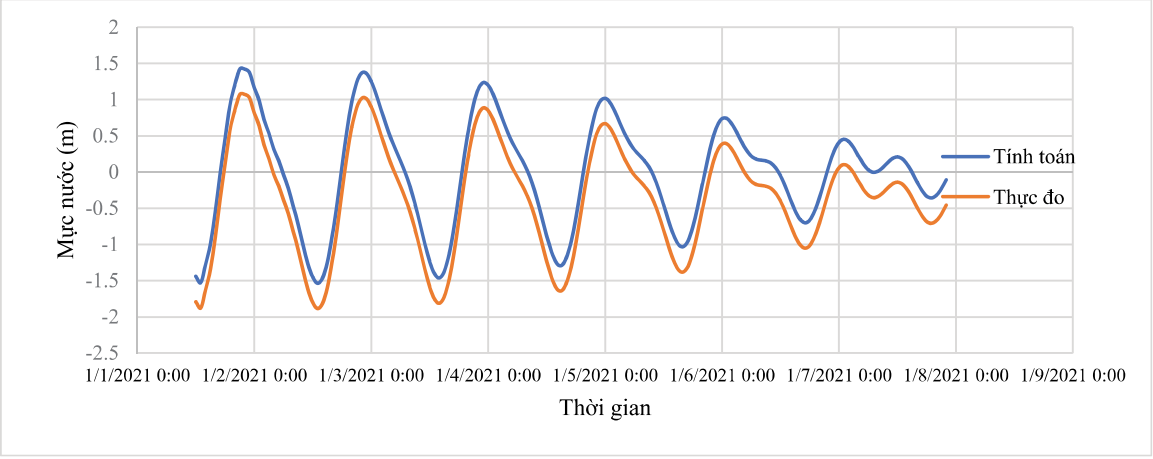
$$Nash = 1 - \frac{\sum(Xo,i - Xs,i)^2}{\sum(Xo,i - \overline{Xo})^2}$$

trong đó: Xo,i: Giá trị thực đo; Xs,i: Giá trị tính toán hoặc mô phỏng; $\overline{Xo}$: Giá trị thực đo trung bình.

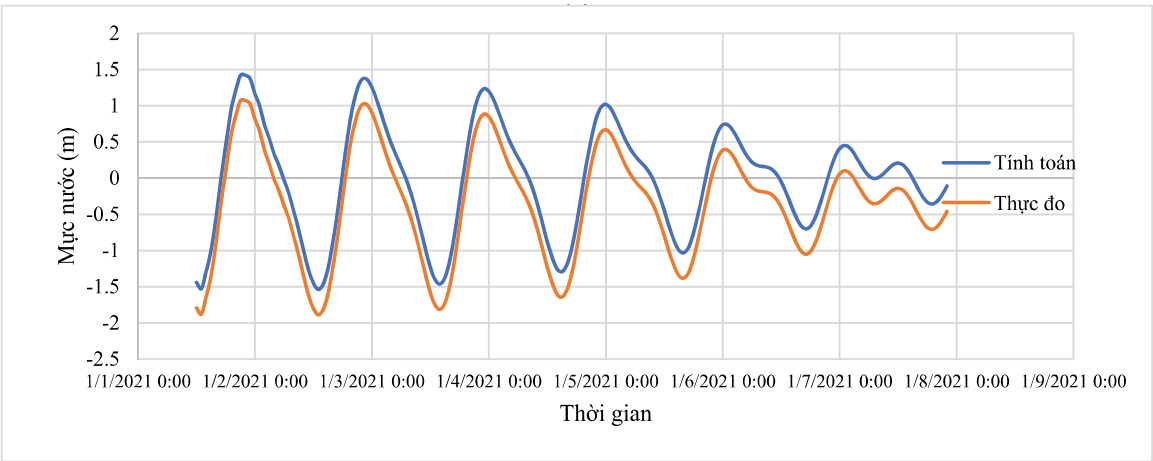
Do tỷ lệ độ sâu địa hình khu vực nghiên cứu còn khá lớn nên việc đánh giá ảnh hưởng của hệ số nhám đến kết quả mô phỏng còn hạn chế, vì vậy nghiên cứu *t*rong nghiên cứu mới chỉ sử dụng hệ số nhám là hằng số với các giả thiết M = 30; 32 và 35 $m^{1/3}$ trên toàn bộ địa hình khu vực nghiên cứu, mà không đề cập đến sự biến đổi của hệ số nhám theo độ sâu địa hình để hiệu chỉnh mô hình thủy lực. Kết quả mô phỏng mực nước tương ứng với các hệ số nhám so sánh với giá trị mực nước thực đo tại trạm Sầm Sơn để đánh giá hệ số Nash và được thể hiện qua Hình 6.



(a)



(b)



(c)

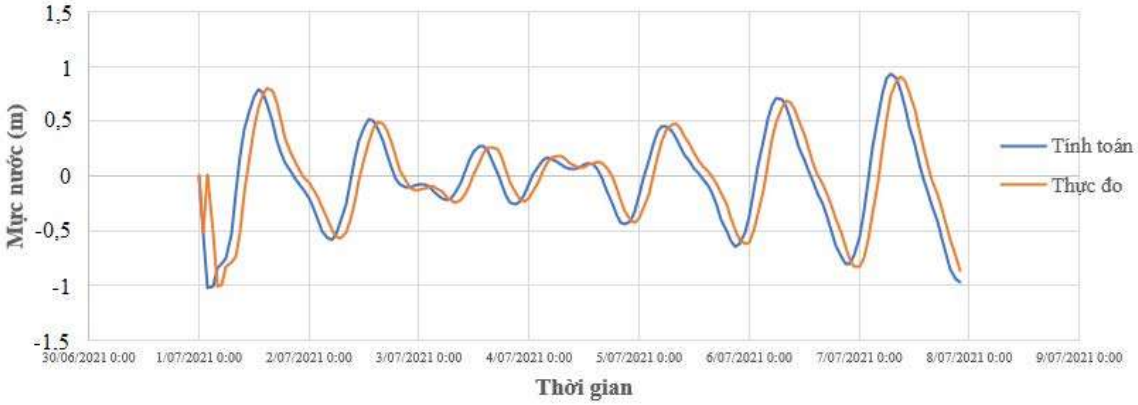
Hình 6: Kết quả hiệu chỉnh mô hình (a) hệ số nhám M = 32 $m^{1/3}$; (b) hệ số nhám M = 30 $m^{1/3}$; (c) hệ số nhám M = 35 $m^{1/3}$

Bảng 1. Hệ số Nash tương ứng với 3 trường hợp

STT	Hệ số nhám Manning number ($m^{1/3}$/s)	Nash
1	30	0,83
2	32	0,92
3	35	0,87

Quá trình hiệu chỉnh mô hình nhận thấy đường mực nước tính toán và thực đo là tương đối đồng pha với hệ số Nash cao từ 0,83 đến 0,92. Theo bảng thống kê tính toán giá trị hệ số Nash của mô hình theo các trường hợp, với hệ số Nash có giá trị cao nhất là 0,92 ta sử dụng bộ thông số này với độ nhám M = 32 để kiểm định mô hình.

Trong nghiên cứu nhóm sử dụng bộ thông số thủ lực với hệ số nhám M = 32 để kiểm định mô hình trong khoảng thời gian từ 01 - 10/07/2021 và đạt được hệ số Nash là 0,86. Như vậy, sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với hệ số Nash tương đối tốt qua đó có thể sử dụng bộ thông số này cho việc mô phỏng các kịch bản tiếp theo.



Hình 7: Kết quả kiểm định mô hình

3. Kết quả nghiên cứu

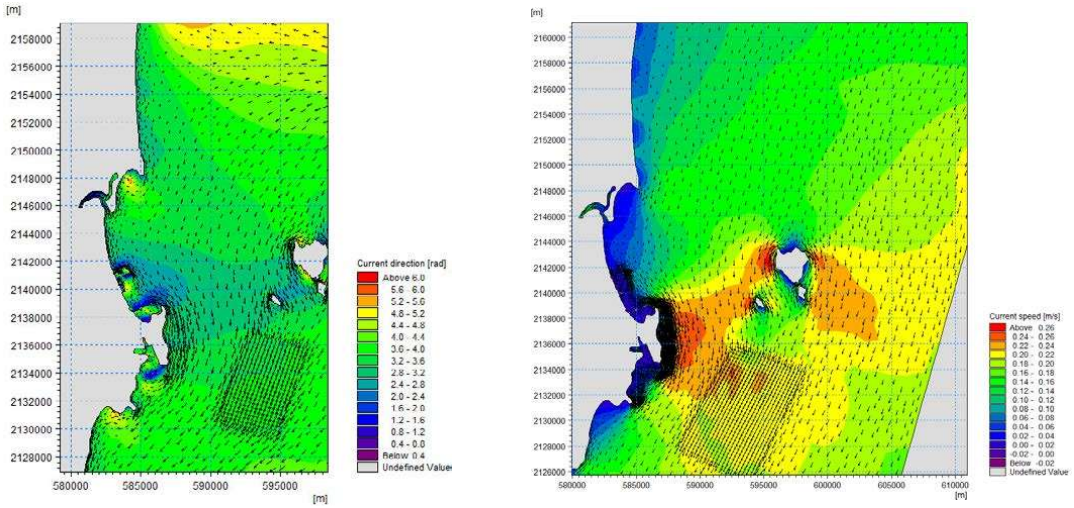
Nhằm đánh giá quá trình lan truyền độ đục trong hoạt động nạo vét cát trong cảng Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa dưới tác động của chế độ thủy động lực và quá trình khuếch tán. Nghiên cứu đã xây dựng các tập kịch bản mô phỏng cho các chế độ gió mùa như sau:

Kịch bản 01: Mô phỏng chế độ thủy động lực, lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc

Kịch bản 02: Mô phỏng chế độ thủy động lực, lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Tây Nam

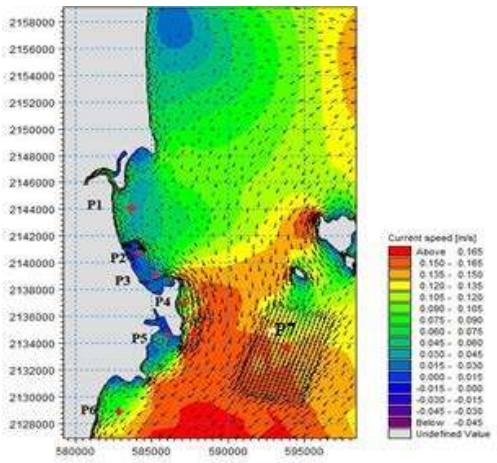
3.1. Kết quả mô phỏng kịch bản 01

a) Kết quả mô phỏng dòng chảy trong điều kiện gió mùa Đông Bắc



(a) Hướng dòng chảy khu vực nghiên cứu *(b) Tốc độ dòng chảy khu vực nghiên cứu*

Hình 8: Dòng chảy khu vực nghiên cứu



Hình 9: Vị trí các điểm kiểm tra tốc độ dòng chảy

Từ kết quả mô phỏng dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc ta nhận thấy hướng dòng chảy ven bờ có xu hướng di chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam ở khu vực nghiên cứu. Tốc độ dòng chảy tại các khu trong cảng giảm rõ rệt so với phía ngoài cảng do có sự che chắn bởi các công trình cầu cảng.

Để đánh giá tốc độ dòng chảy dọc bờ biển và dòng chảy tại khu vực cảng biển, đặc biệt là dòng chảy tại khu vực nạo vét bùn cát, nghiên cứu đã trích xuất các dữ liệu về tốc độ dòng chảy lớn nhất và dòng chảy trung bình tại các vị trí kiểm được thể hiện qua Hình 9.

Bảng 2. Tốc độ dòng chảy cực đại tại các vị trí kiểm tra khu vực nghiên cứu

Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Tốc độ dòng chảy lớn nhất (m/s)	0,86	0,60	0,61	1,15	0,76	1,02	1,49

Từ kết quả tính toán tốc độ dòng chảy lớn nhất tại các điểm kiểm tra cho thấy rằng tốc độ dòng chảy bề mặt lớn nhất tại điểm P_7 với tốc độ đạt 1,49 m/s, do đây là khu vực ngoài khơi chịu tác động lớn bởi hệ thống gió mùa Đông Bắc kết hợp với vị trí điểm P_7 nằm trong khu vực vùng nước bị thu hẹp giữa đảo Nghi Sơn và hệ thống các đảo Hòn Mê. Tại các điểm nằm trong cảng như P_2, P_3 và P_5 thì tốc độ dòng chảy nhỏ hơn các điểm còn lại đạt giá trị lần lượt là 0,6; 0,61; 0,76 m/s do khu vực này được che chắn bởi các công trình kè biển và đã làm giảm tốc độ dòng chảy phía trong cảng. Tại điểm P_5 xuất hiện dòng chảy tuần hoàn trong thời kỳ pha triều lên.

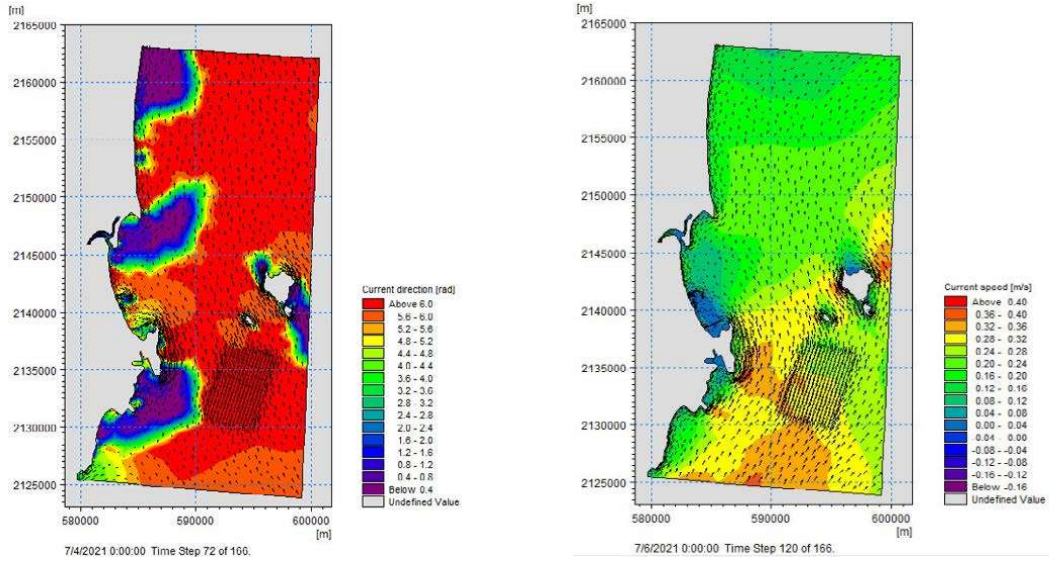
Bảng 3. Tốc độ dòng chảy trung bình tại các vị kiểm tra

Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Tốc độ dòng chảy trung bình (m/s)	0,06	0,03	0,03	0,12	0,04	0,09	0,15

Từ số liệu tính toán tốc độ dòng chảy trung bình tại các vị trí kiểm tra cho thấy tại các khu vực ven bờ tốc độ dòng chảy trung bình đạt khoảng 0,06 đến 0,09 m/s tại các điểm P_1 và P_2. Tại điểm P_4 tốc độ dòng chảy trung bình đạt 0,12 m/s lớn hơn so với P_1 và P_6 do cấu tạo hình thái bờ biển, tại điểm P_4 nằm phía ngoài đảo Nghi Sơn kết hợp với dòng chảy tách bờ từ kè biển. Tại các vị trí P_2, P_3 và P_5 nằm phía trong các cảng Nghi Sơn có tốc độ dòng chảy rất nhỏ đạt 0,03 - 0,04 m/s. Tại điểm P_7 có tốc độ dòng chảy trung bình lớn nhất so với các vị trí kiểm tra đạt giá trị 0,15 m/s.

b) Kết quả mô phỏng dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Tây Nam

Nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu về mực nước và gió trong tháng 07 năm 2021 để đánh giá chế độ thủy động lực khu vực nghiên cứu trong thời kỳ gió mùa Tây Nam.



(a) Hướng dòng chảy khu vực nghiên cứu ***(b) Tốc độ dòng chảy khu vực nghiên cứu***

Hình 10: Chế độ dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Tây Nam

Bảng 4. Tốc độ dòng chảy tại các vị trí kiểm tra

Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Tốc độ dòng chảy max (m/s)	0,13	0,21	0,18	0,49	0,14	0,17	0,30

Từ bảng kết quả tính toán tốc độ dòng chảy lớn nhất tại các vị trí kiểm tra ta nhận thấy tốc độ dòng chảy tại điểm P4 đạt giá trị lớn nhất 0,49 m/s, trong khi đó tốc độ dòng chảy tại các khu vực cảng ven bờ chỉ đạt từ 0,13 đến 0,18 m/s. Tại điểm P7 là vị trí được xác định nhấn chìm chất thải bùn cát có tốc độ dòng chảy đạt giá trị 0,3 m/s.

Bảng 5. Tốc độ dòng chảy trung bình trong thời kỳ gió mùa Tây Nam

Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Tốc độ dòng chảy TB (m/s)	0,09	0,03	0,03	0,16	0,05	0,09	0,16

Từ bảng tính toán tốc độ dòng chảy trung bình tại các vị trí kiểm tra cho thấy rằng tốc độ lớn nhất xảy ra tại vị trí P7 và P4 với giá trị đạt 0,16 m/s trong khi đó dòng chảy ven bờ biển khu vực nghiên cứu có tốc độ dòng chảy chỉ đạt 0,09 m/s. Trong thời kỳ gió mùa Tây Nam do yếu tố về hình thái bờ biển ở khu vực nghiên cứu đã tác động đến tốc độ dòng chảy ở hai khu vực cảng phía Bắc và phía Nam của Nghi Sơn. Tại khu vực cảng phía Nam Nghi Sơn là vùng đón gió Tây Nam nên dòng chảy khu vực này lớn hơn so với khu vực cảng phía Bắc Nghi Sơn.

Bảng 6. Bảng so sánh tốc độ dòng chảy trong các thời kỳ

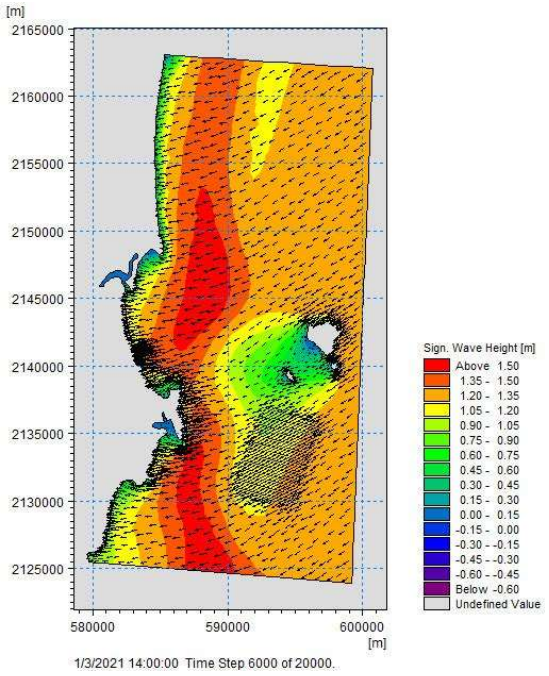
Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Tốc độ dòng chảy trung bình (m/s) trong thời kỳ gió Tây Nam	0,09	0,03	0,03	0,16	0,05	0,09	0,16
Tốc độ dòng chảy trung bình (m/s) trong thời kỳ gió Đông Bắc	0,06	0,03	0,03	0,12	0,04	0,09	0,15

Từ bảng so sánh tốc độ dòng chảy trung bình tại các vị trí kiểm tra trong hai thời kỳ gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam ta nhận thấy rằng tốc độ dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Tây Nam lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc. Khu vực nghiên cứu có sự tác động của dòng chảy Sông Lạch.

3.2. Kết quả mô phỏng sóng

a) Chế độ sóng trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc

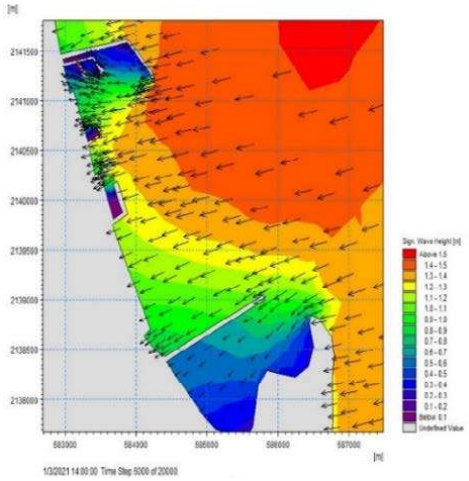
Nghiên cứu đã sử dụng bộ mô hình thủy lực MIKE 21 coupled model FM trong việc mô phỏng quá trình dòng chảy và sóng ở khu vực nghiên cứu. Kết quả mô phỏng thủy lực là thông số đầu vào cho mô hình phổ sóng và được thể hiện qua kết quả sau:



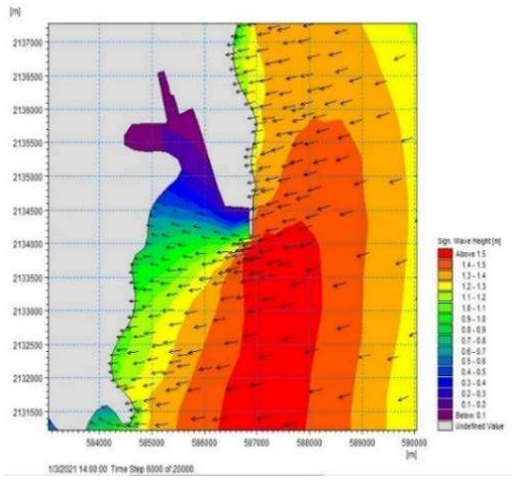
Hình 11: Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu

Trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc thì khu vực phía Nam và Tây Nam của đảo

Hòn Mê được che chắn gió và sóng, vì vậy khu vực này chiều cao sóng giảm đi rõ rệt so với các khu vực khác. Từ kết quả mô phỏng ta nhận thấy chiều cao sóng các khu vực trong cảng và phía bờ Tây Nam của đảo Hòn Mê có chiều cao sóng đạt khoảng từ 0,2 đến 0,6 m. Trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc khu vực cảng phía Nam Nghi Sơn được che chắn bởi đảo và cảng biển làm cho chiều cao sóng trung bình ở khu vực này chỉ đạt giá trị 0,2 m.



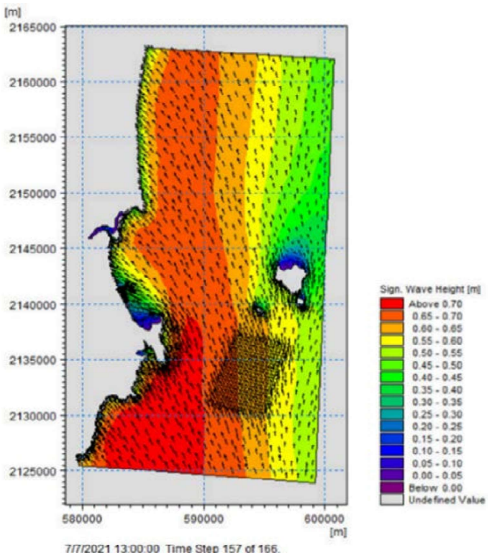
(a) Chiều cao sóng tại cảng phía Bắc Nghi Sơn



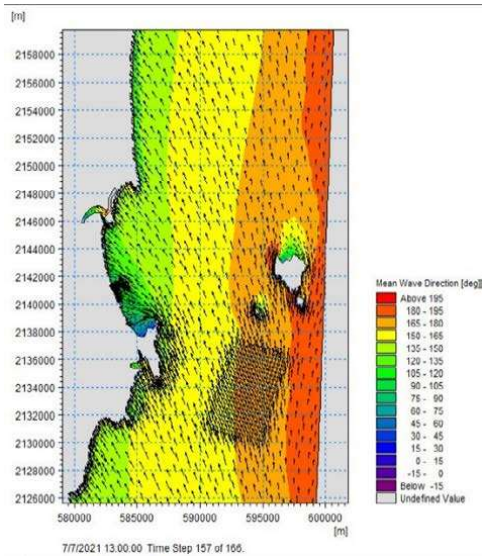
(b) Chiều cao sóng tại cảng phía Nam Nghi Sơn

Hình 12: Chiều cao sóng tại khu vực cảng Nghi Sơn

b) Chế độ sóng trong thời kỳ gió mùa Tây Nam



(a) Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu



(b) Hướng sóng ở khu vực nghiên cứu

Hình 13: Chiều cao sóng tai khu vực nghiên cứu trong thời kỳ gió Tây Nam

Kết quả mô phỏng cho thấy hướng truyền sóng theo hướng Đông Nam trong thời kỳ gió mùa Tây Nam. Tại các khu vực cảng biển và khu vực phía Bắc đảo Hòn Mê được che chắn sóng bởi các công trình kè và đảo làm cho chiều cao sóng ở khu vực này nhỏ hơn so với các khu vực khác.

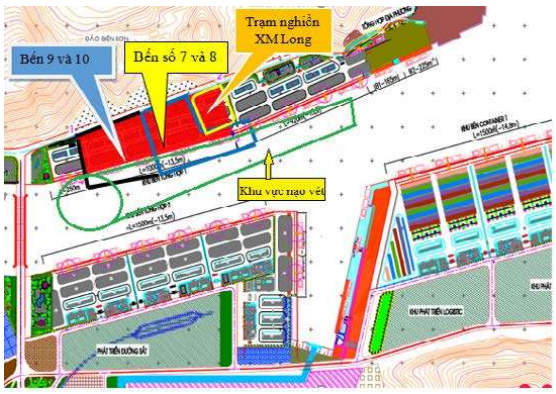
Bảng 7. Bảng so sánh chiều cao sóng trong các thời kỳ

Vị trí kiểm tra	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Chiều cao sóng trung bình trong thời kỳ gió Tây Nam (m)	0,35	0,28	0,12	0,51	0,64	0,60	0,81
Chiều cao sóng trung bình trong thời kỳ gió Đông Bắc (m)	0,91	0,24	1,03	1,16	0,12	0,63	1,30

Từ bảng so sánh chiều cao sóng trong các thời kỳ cho thấy chiều cao sóng trung bình tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Tây Nam. Tại điểm P_7 có chiều cao sóng trung bình đạt giá trị 1,3 m lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc chỉ đạt 0,81 m.

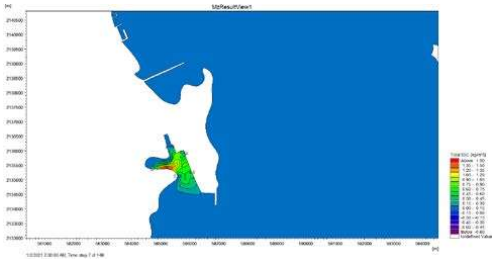
3.3. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục

Khu vực nạo vét cảng Nghi Sơn bao gồm 03 khu vực (khu nước trước bến, khu quay trở tàu và luồng nhánh vào bến) với tổng diện tích 344.566 m^2 và tổng khối lượng chất nạo vét là 2.804.700 m^3 trong khoảng thời gian thi công 03 tháng liên tục với tốc độ nạo vét 1.298 m^3/ngày và được thể hiện qua Hình 14.

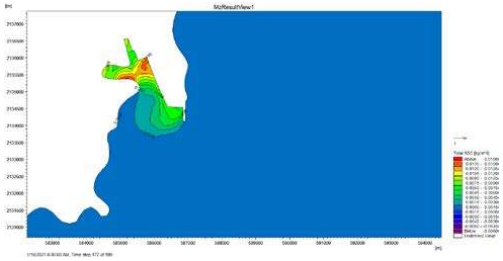


Hình 14: Sơ đồ vị trí nạo vét

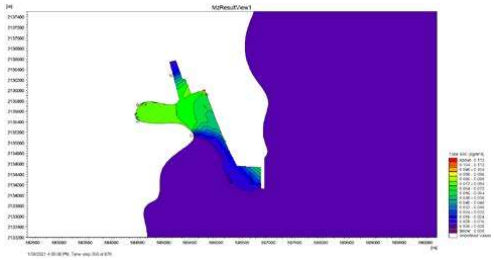
Để đánh giá được mức độ ảnh hưởng của quá trình nạo vét trong cảng đến các khu vực lân cận thông qua chỉ số độ đục, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn mô phỏng nạo vét bùn cát trong khoảng thời gian 03 tháng thi công của dự án. Kết quả mô phỏng được trích xuất theo dạng trường, dạng mặt cắt và được thể hiện tại Hình 15.



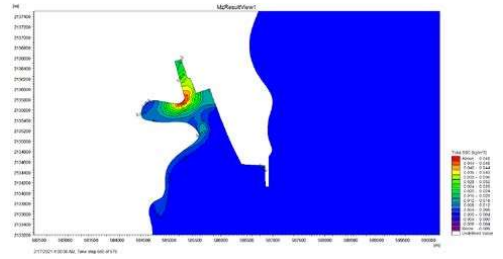
(a) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 4 tuần thi công



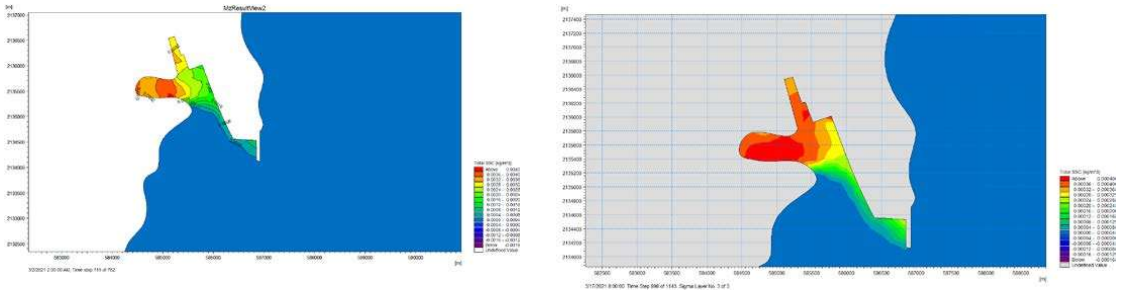
(b) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 6 tuần thi công



(c) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 8 tuần thi công



(d) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 10 tuần thi công



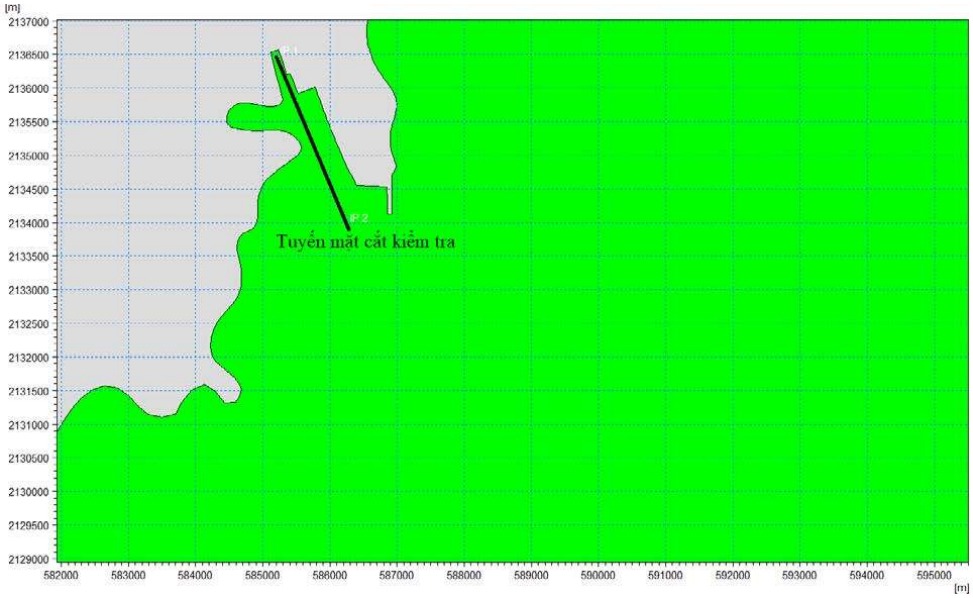
(e) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 12 tuần thi công

(f) Trường độ đục khu vực nạo vét sau 14 tuần thi công

Hình 15: Trường độ đục tại khu vực nạo vét

Trường độ đục tại khu vực nạo vét trong cảng sau 4 tuần thi công cho thấy nồng độ bùn cát cao tập trung ở khu vực trong cảng với nồng độ lớn nhất đạt giá trị 1,2 kg/m^3, phía ngoài cửa cảng nồng độ bùn cát giảm còn khoảng 0,15 kg/m^3 và khu vực ngoài cảng nồng độ bùn cát đều nằm trong ngưỡng quy định của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Sau 6 tuần thi công nạo vét trong cảng trường độ đục bùn cát có xu thế di chuyển rộng ra phía ngoài cảng có nồng độ bùn cát đạt giá trị 0,015 kg/m^3, trong khi đó nồng độ bùn cát ở trong cảng giảm xuống còn khoảng 0,0135 kg/m^3. Do sự tác động của dòng chảy thủy triều đã mang bùn cát phân tán ra ngoài cảng và qua đó giảm đi nồng độ bùn cát ở khu vực trong cảng.

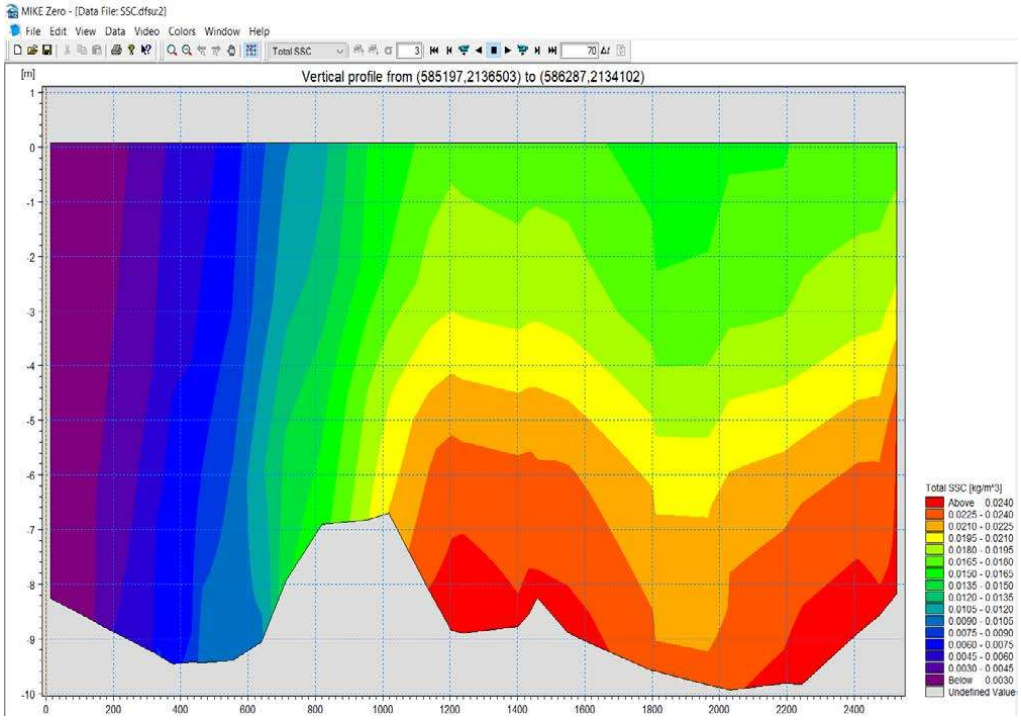
Từ kết quả mô phỏng cho thấy trường độ đục khu vực nạo vét sau 8 tuần thi công có xu hướng di chuyển ra ngoài cảng đến khu vực kè biển, nồng độ bùn cát cao nhất tập trung ở khu vực trong cảng khoảng 0,08 kg/m^3. Sau 10 tuần thi công trường độ đục được phân tán dọc theo bờ biển ở phía Nam cảng Nghi Sơn do tác động của trường dòng chảy gió mùa Đông Bắc với nồng độ bùn cát đạt giá trị khoảng 0,004 kg/m^3, ở khu vực lạch nạo vét trong cảng có nồng độ bùn cát là 0,44 kg/m^3.



Hình 16: Tuyến mặt cắt kiểm tra độ đục theo độ sâu

Sau 12 tuần thi công nạo vét cảng Nghi Sơn trường độ đục tập trung chính ở khu vực phía Tây cảng với nồng độ bùn cát khoảng 0,04 kg/m^3, khu vực phía ngoài bến cảng có nồng độ bùn cát nhỏ khoảng 0,016 kg/m^3, do có sự che chắn bởi kè biển phía ngoài cảng nên trường độ đục bùn cát không vượt ra phía ngoài đảo Nghi Sơn.

Để thấy rõ hơn được diễn biến độ đục trong quá trình nạo vét có thể dựa vào các mô tả biến động độ đục dọc theo tim luồng theo thời gian (theo thời gian 06 tháng thực hiện nạo vét từ tháng 12/2021 đến tháng 5/2022) với tổng chiều dài dọc luồng là 3.000 m và được thể hiện qua Hình 16.



Hình 17: Phân bố đục đục theo độ sâu

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được bộ thông số mô hình thủy lực MIKE 3 với độ chính xác mô hình tương đối cao được thể hiện qua hệ số Nash đạt giá trị lớn hơn 0,8. Tại các vị trí ven bờ có tốc độ dòng chảy trung bình tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió mùa Tây Nam lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc, trong khi chiều cao sóng trung bình tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Tây Nam.

Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục theo thời gian thi công cho thấy quá trình lan truyền độ đục tại khu vực nạo vét trong cảng chịu ảnh hưởng lớn từ chế độ dòng chảy thủy triều. Tại khu vực nạo vét trong cảng nồng độ bùn cát đạt giá trị lớn nhất 1,2 kg/m^3 và có xu hướng giảm dần ra phía ngoài cảng. Sau 8 tuần thi công khu vực kè biển phía ngoài bến cảng chịu ảnh hưởng bởi quá trình lan truyền độ đục với nồng độ bùn cát đạt giá trị khoảng 0,08 kg/m^3 và sau 10 tuần thi công trường độ đục được phân tán dọc theo bờ biển ở

phía Nam cảng Nghi Sơn do tác động của trường dòng chảy gió mùa Đông Bắc.

Sau 12 tuần thi công nạo vét trong cảng Nghi Sơn trường độ đục phân bố tập trung chính ở khu vực phía Tây cảng với nồng độ bùn cát đạt giá trị khoảng 0,04 kg/m^3, khu vực phía ngoài cảng có nồng độ bùn cát nhỏ khoảng 0,016 kg/m^3. Khu vực đảo Nghi Sơn không chịu ảnh hưởng bởi quá trình lan truyền độ đục do có sự che chắn bởi kè biển phía ngoài cảng.

Trong thời kỳ triều lên nồng độ độ đục có xu hướng di chuyển sâu vào trong cảng dẫn đến phạm vi ảnh hưởng của độ đục do hoạt động nạo vét nhỏ và nồng độ độ đục tại trong cảng đạt giá trị lớn nhất, ngược lại trong thời kỳ thủy triều xuống, dưới tác động của chế độ dòng chảy đã đưa bùn cát phân tán mạnh hơn ở khu vực phía ngoài cảng dẫn đến nồng độ bùn cát tại khu vực cảng trong thời kỳ này thường nhỏ hơn so với thời kỳ thủy triều lên. Trong nghiên cứu mới chỉ đánh giá được sự ảnh hưởng của chế độ dòng chảy thủy triều đến quá trình lan truyền độ đục trong cảng mà chưa đề cập đến các yếu tố khác như dòng chảy mật độ, vì vậy cần có thêm các nghiên cứu tiếp theo để đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên đến quá trình lan truyền độ đục. Kết quả nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá tác động môi trường của hoạt động nạo vét bùn cát trong cảng đến môi trường biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ủy ban nhân dân tỉnh Thanh Hóa (2022). *Báo cáo DTM dự án nạo vét duy tu khu nước trước cảng tổng hợp Long Sơn*. https://thanhhoa.gov.vn/portal/VanBan/2022-04.

[2]. S. A. Luger, J. S. Schoonees, G. P. Mocke, F. Smit (1998). *Predicting and evaluating turbidity caused by predicting and evaluating turbidity caused by the environmentally sensitive Saldanha Bay*. Coastal engineering, 26.

[3]. L. Nicoletti, D. Paganelli, P. La Valle, C. Maggi, L. Lattanzi, B. La Porta, M. Targusi, M. Gabellini (2009). *An environmental monitoring proposal related to relict sand dredging for beach nourishment in the Mediterranean Sea*. Journal Coastal Resciens, 65, p. 1262 - 1266.

[4]. M. Capello, L. Cutroneo, M.P. Ferranti, G. Budillon, R.M. Bertolotto, A. Ciappa, Y. Cotroneo, M. Castellano, P. Povero, S. Tucci (2014). *Simulations of dredged sediment spreading on a Posidonia oceanica meadow off the Ligurian coast, Northwestern Mediterranean*. Marine Pollution Bulletin, 74, p. 196 - 204.

[5]. Vũ Văn Lân, Nguyễn Hồng Lân, Bùi Đắc Thuyết (2023). *Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát đến môi trường trên lưu vực Sông Hồng, huyện Trấn Yên, tỉnh Yên Bái*. Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[6]. Nguyễn Minh Trung, Lại Đức Ngân, Mạc Văn Dân (2020). *Ứng dụng mô hình trị số 3D tính toán lan truyền bùn trong các bài toán nhận chìm phục vụ công tác*. Tạp chí Môi trường, Tập 3.

[7]. Hồ Việt Cường, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Bách Tùng (2020). *Ứng dụng mô hình MIKE 3 mô phỏng xâm nhập mặn sông Ninh Cơ trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, Tập 58, tr. 1 - 31.

[8]. https://coastwatch.pfeg.noaa.gov. NOAA. [Trực tuyến]. [Đã truy cập 2021].

BBT nhận bài: 05/02/2024; Phản biện xong: 23/02/2024; Chấp nhận đăng: 28/3/2024