

Đánh giá khả năng bảo vệ bờ của hai phương án kè giảm sóng từ xa khu vực xã Long Vĩnh, Duyên Hải, Trà Vinh

Assessment of Shoreline Protection Efficiency of Two Breakwater Options in Long Vinh commune, Duyên Hải district, Trà Vinh province

Lê Văn Tuấn^{1,*}, Nguyễn Thị Kim Thảo^{1,2,3} và Hoàng Đức Cường¹

¹ Viện Kỹ thuật Biển;

² Khoa Vật lý – Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM;

³ Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam.

* Tác giả liên hệ: levantuan.vktb@gmail.com

■ Nhận bài: 02/04/2025 ■ Sửa bài: 18/05/2025 ■ Duyệt đăng: 25/07/2025

TÓM TẮT

Ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn, biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến hiện tượng xói lở khu vực ven biển Đồng bằng sông Cửu Long ngày càng nghiêm trọng. Bờ biển khu vực xã Long Vĩnh, với vị trí tiếp giáp cửa sông ven biển thuộc cửa sông Định An, hiện đang bị xói lở nghiêm trọng trong thời gian gần đây. Bài báo này sử dụng mô hình MIKE 21/3 coupled model FM để tính toán chế độ dòng chảy và chiều cao sóng biển cho các phương án bảo vệ bờ. Hai phương án kết cấu so sánh là kè hai hàng cọc ly tâm đổ đá học (phương án 1) và kè bằng cấu kiện bê tông đúc sẵn đục lỗ (phương án 2). Mô hình được hiệu chỉnh, kiểm định đạt độ tin cậy thông qua các chỉ số RMSE và NSE. Kết quả tính toán mô phỏng được tính cho trường hợp hiện trạng (khi chưa có công trình) và hai phương án kết cấu. Kết quả so sánh về dòng chảy, chiều cao sóng theo các mùa cho thấy, cả hai phương án công trình đều cho hiệu quả bảo vệ bờ khá tốt, tuy nhiên, Phương án 1 cho hiệu quả tốt hơn. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học giúp lựa chọn giải pháp bảo vệ bờ phù hợp cho khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: xói lở, mô phỏng số, thủy động lực học, Trà Vinh, kè giảm sóng từ xa.

ABSTRACT

The impact of upstream development, climate change, and sea level rise on the Mekong Delta is becoming increasingly evident. The coast in Long Vinh commune locate near Dinh An estuary, has been seriously eroded recently. This paper utilizes the MIKE 21/3 Coupled Model FM to simulate seasonal currents regimes, wave height for two shoreline protection solutions. The two compared solutions include a revetment with two rows of prestressed centrifugal concrete piles filled with rubble stone (Solution 1) and a revetment using perforated precast concrete blocks (Solution 2). The model is calibrated and verified with data on water level, flow, wave height from national stations and actual measurements in the area. The reliability of the model is assessed through the RMSE and NSE indices. The results show that both solutions provide effective shoreline protection; however, Solution 1 demonstrates better performance. This study serves as a scientific basis to assist local authorities in selecting appropriate shoreline protection measures for the area.

Keywords: erosion, numerical simulation, hydrodynamics, Tra Vinh, wave-reducing revetment.

1. GIỚI THIỆU

Nhiều tỉnh ĐBSCL đang đối mặt với các vấn nạn về xói lở, mất đất vùng cửa sông và ven biển [1], [2]. Long Vĩnh, Duyên Hải, Trà

Vinh là một trong những khu vực đang bị xói lở mạnh trong những năm gần đây [3]. Để giải quyết vấn đề trên cần đề xuất giải pháp phù hợp cho khu vực.

Bên cạnh việc xây dựng các công trình kè kiên cố dạng bảo vệ bờ trực tiếp, hiện nay, nhiều loại công trình giảm sóng từ xa được nghiên cứu và ứng dụng nhằm thực hiện mục tiêu kép là bảo vệ bờ và hỗ trợ bồi tụ bờ bãi biển để tăng quỹ đất sử dụng [4], [5]. Vấn đề đặt ra là cần chọn loại và kết cấu công trình phù hợp với điều kiện tự nhiên cho từng khu vực [5]. Nhiều nghiên cứu được thực hiện nhằm tìm ra kết cấu công trình phù hợp. Trong nghiên cứu [6], mô hình số Flow 3D được áp dụng để mô phỏng sự tương tác giữa đê chắn sóng tường đứng có kết cấu rỗng và sóng đơn thông qua 36 kịch bản mô phỏng. Kết quả cho thấy chiều cao đê có tác động đáng kể đến hiệu quả giảm sóng của đê. Bài báo [7] dùng mô hình MIKE 21 để nghiên cứu hiệu quả của kè mở hàn chữ T tại khu vực biển Hải Hậu, Nam Định. Kết quả cho thấy việc bố trí không gian công trình chưa hợp lý là nguyên nhân làm giảm hiệu quả giảm sóng, gây bồi của công trình. Nghiên cứu [8] dùng mô hình vật lý nghiên cứu cơ chế tác động của đê ngầm đến quá trình truyền sóng. Mô hình được thực hiện trên máng sóng 1. Kết quả chỉ ra rằng hình dạng, kết cấu của đê có mối liên hệ chặt chẽ đến sự tiêu hao năng lượng sóng. Nghiên cứu của [5], [19] về giải pháp kè ly tâm đồ đá học và kè đúc sẵn dạng cấu kiện tam giác đục lỗ cho hiệu quả tốt và phù hợp cho bảo vệ bờ biển khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Đoạn bờ cần bảo vệ có chiều dài khoảng 3,5km, nằm gần ngã ba sông Hậu (đoạn cửa Định An) và kênh Quan Chánh Bó (xem minh họa ở Hình 1). Khu vực này nằm ngay cửa sông, chịu tác động của cả sông và biển nên có chế độ thủy động lực phức tạp [9], hiện đang bị xói lở nghiêm trọng và cần có giải pháp bảo vệ.

Nghiên cứu này dùng phương pháp mô hình toán để mô phỏng, so sánh chế độ thủy động lực của 2 phương án công trình khác nhau. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học để cơ quan chức năng lựa chọn phương án bảo vệ bờ thích hợp cho khu vực.



Hình 1. Minh họa vị trí đường bờ cần bảo vệ (màu xanh lá cây)

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình toán là phương pháp chính trong nghiên cứu này. Mô hình sử dụng là mô hình MIKE của Viện Thủy lực Đan Mạch, cụ thể là mô hình MIKE 21/3 Coupled Module FM. Module sử dụng gồm module mô phỏng trường thủy động lực và trường sóng [10]. Mô hình này được sử dụng để mô phỏng thủy động lực và hiệu quả công trình trong nhiều nghiên cứu đã được công bố trước đây [11], [12], [13].

Module thủy động lực có thể sử dụng để giải quyết bài toán 2 chiều dựa trên các phương trình nước nông – các phương trình Navier-Stokers được tích hợp theo độ sâu không nén được [10], [12].

Phương trình liên tục:

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

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} \quad (2)$$

$$- \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} \quad (3)$$

$$- \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S$$

Trong đó: t : thời gian; x,y : hệ tọa độ Cartesian; η : dao động mực nước (m); \bar{u}, \bar{v} : thành phần vận tốc trung bình theo độ sâu (m/s); d : mực nước tĩnh (m); $h=d+\eta$: chiều cao cột nước (m); $\Omega=0,73.10^{-4}$: tần số góc quay của Trái Đất (radian/s); Φ : vĩ độ địa lý ($^\circ$); f : tham số Coriolis (1/s); g : gia tốc trọng trường (m/s²); p_a : áp suất khí quyển (N/m²); ρ : mật độ nước biển (kg/m³); ρ_0 : mật độ chuẩn (kg/m³); τ_{sx}, τ_{sy} : ứng suất gió bề mặt; τ_{bx}, τ_{by} : ứng suất ma sát đáy; $S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$: các thành phần tensor ứng suất bức xạ (N/m²); S : lưu lượng đầu vào của hệ thống (m³/s); u_s, v_s : vận tốc của dòng lưu lượng đi vào miền tính (m/s); T_{xx}, T_{xy}, T_{yy} : các thành phần ứng suất nhớt tổng cộng (N/m²),

Phương trình phổ sóng:

Trong MIKE 21 SW (Spectral wave) sóng gió được đại diện bởi phổ mật độ tác động sóng $N(\sigma, \theta)$ [10],[12]. Các thông số pha độc lập được chọn như tần số góc tương đối $\sigma = 2\pi f$ và hướng của sự lan truyền sóng θ . Mối quan hệ giữa tần số góc tương đối và tần số góc tuyệt đối ω là mối quan hệ phi tuyến theo công thức sau:

$$\sigma = \sqrt{gk \tanh(kd)} = \omega - \bar{k} \cdot \bar{U} \quad (4)$$

+ Mối quan hệ giữa mật độ tác động sóng $N(\sigma, \theta)$ và mật độ năng lượng $E(\sigma, \theta)$ theo công thức sau:

$$N = \frac{E}{\sigma} \quad (5)$$

Phương trình tổng quát là phương trình cân bằng tác động sóng:

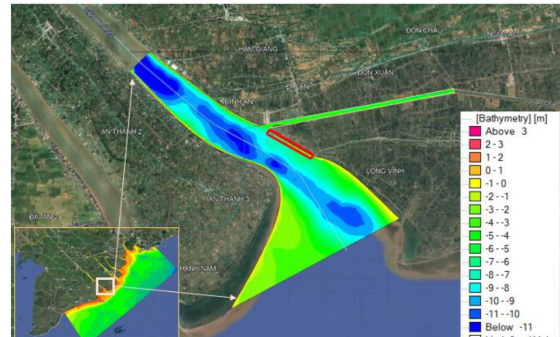
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla(\vartheta N) = \frac{S}{\sigma} \quad (6)$$

Trong đó: $N(\bar{x}, \sigma, \theta, t)$ là mật độ hoạt động; t là thời gian; $\bar{x}=(x, y)$ là hệ tọa độ Cartesian; $\bar{v}=(c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ là vận tốc lan truyền của nhóm sóng trong không gian 4 chiều \bar{x}, σ và θ ; S là số hạng nguồn trong phương trình cân bằng năng lượng và ∇ là toán tử vi phân 4 chiều \bar{x}, σ và θ .

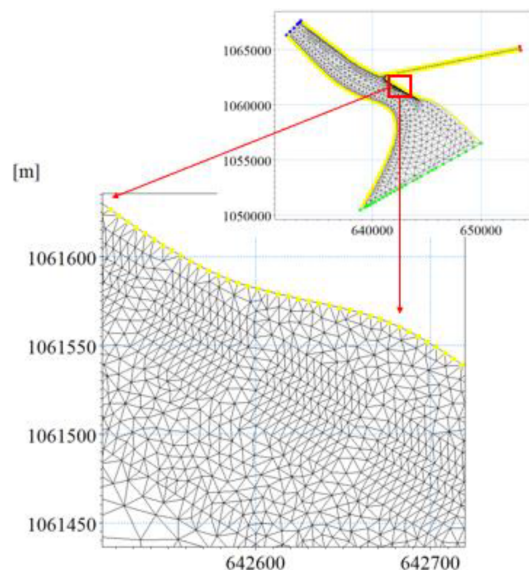
Trong nghiên cứu này xây dựng hai mô hình là mở rộng và chi tiết. Mô hình mở rộng bao quát toàn khu vực sông Tiền và sông Hậu,

với giới hạn từ trạm Quốc gia Cần Thơ và Mỹ Thuận về phía biển. Mô hình chi tiết là đoạn sông ngay cửa Định An. Mô hình mở rộng dùng để trích biên cho mô hình chi tiết (xem Hình 2). Lưới tại vùng nghiên cứu chính được chia mịn hơn và có cấu trúc đảm bảo mô tả được đúng cấu trúc của phương án công trình (Hình 3).

Đối với mô hình mở rộng, dữ liệu đầu vào của module thủy lực tại thượng nguồn là lưu lượng, tại hạ nguồn là mực nước. Lưu lượng là số liệu quan trắc tại trạm quốc gia Cần Thơ và Mỹ Thuận, tần suất một giờ một số liệu. Mực nước là số liệu triều dự báo, biến đổi theo thời gian và dọc biên. Dữ liệu đầu vào của mô đun phổ sóng là chu kỳ, hướng và độ cao sóng có nghĩa tại biên phía biển; biên thượng nguồn mặc định bằng 0. Kết quả biên sóng phía biển của mô hình mở rộng, địa hình toàn miền nghiên cứu được kế thừa từ kết quả của đề tài cấp tỉnh Trà Vinh mã số 21/HĐ-SKHCN.



Hình 2. Mô hình mở rộng và chi tiết



Hình 3. Minh họa lưới vùng nghiên cứu chi tiết

2.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

2.2.1. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

Mô hình được đánh giá độ tin cậy qua hệ số tương quan NSE và RMSE. Giá trị này càng gần bằng 1 thì độ tương quan càng cao. NSE được tính theo công thức (7). NSE càng tiến gần đến 1 thì mô hình càng đáng tin cậy. NSE dưới 0,36 là không đạt yêu cầu, từ 0,36 đến 0,75 là đạt yêu cầu và lớn hơn 0,75 được coi là rất tốt [14], [15]. RMSE là sai số căn phương được tính theo công thức (8). Chỉ số này càng tiến về 0 thì độ chính xác càng cao, nhỏ hơn 0,5 là mức chấp nhận [16], [15].

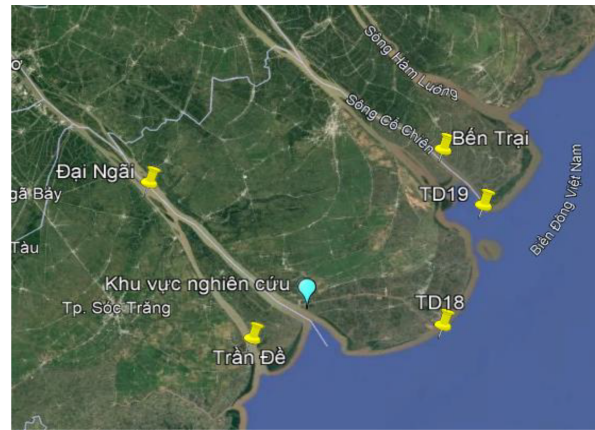
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (8)$$

Trong đó: O_i là giá trị quan sát được, P_i là giá trị mô phỏng và \bar{O} là giá trị trung bình của các giá trị quan sát được.

2.2.2. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

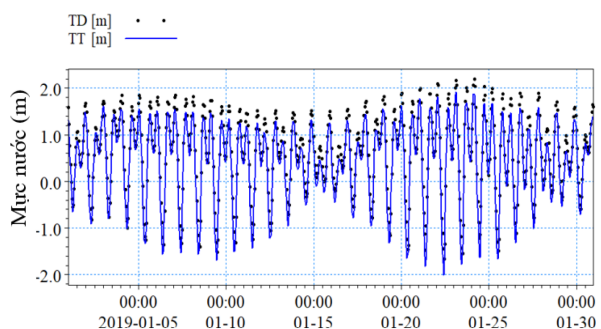
Hiệu chỉnh, kiểm định với 3 trạm mực nước Quốc gia là Trần Đề, Đại Ngãi, Bến Trại, 2 trạm đo sóng, dòng chảy năm 2018 và 2019. Xem minh họa các trạm đo tại Hình 4. Chuỗi số liệu để so sánh đối với các trạm mực nước là từ ngày 1 đến 30 hàng tháng, tần suất 1 giờ/1 số liệu. Đối với số liệu sóng, dòng chảy thực đo là trong ba ngày đêm, 30 phút/ 1 số liệu. Kết quả so sánh số liệu tính toán và thực đo tại các trạm mực nước được thể hiện ở Hình 5, Hình 6, Hình 7. Các trạm mực nước nước cho kết quả NSE lớn hơn 0,9 và RMSE nhỏ hơn 0,3. Đối với các giá trị vận tốc và sóng cũng đã thể hiện được xu hướng (xem Hình 8 đến Hình 11) và giá trị trung bình so với thực tế. Chỉ số RMSE nhỏ hơn 0,3 đối với vận tốc và nhỏ hơn 0,1 đối với chiều cao sóng. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định được trình bày chi tiết ở Bảng 1.



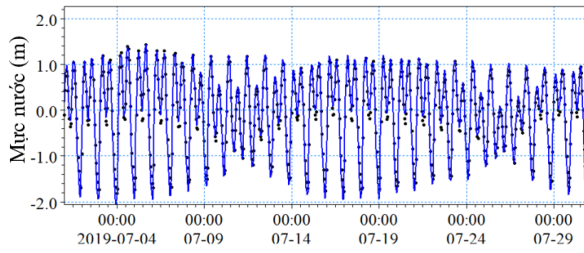
Hình 4. Minh họa vị trí các trạm phục vụ hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Bảng 1: Kết quả đánh giá độ tin cậy của mô hình

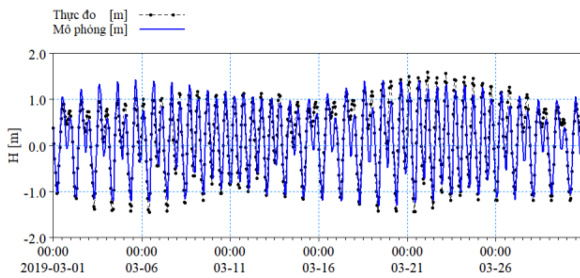
Trạm	Loại số liệu	Thời gian	RMSE	NSE	Ghi chú
Trần Đề	Mực nước	1-30/1/2019	0,27	0,90	1 giờ 1 số liệu
Đại Ngãi	Mực nước	1-30/7/2019	0,24	0,91	
Bến Trại	Mực nước	1-30/3/2019	0,23	0,91	
TD18	Vận tốc dòng chảy	11h ngày	0,14	-1,03	30 phút/ 1 số liệu
	Chiều cao sóng có nghĩa	12-15/9/2019	0,08	0,77	
TD19	Vận tốc dòng chảy	15h ngày	0,25	0,46	
	Chiều cao sóng có nghĩa	23-26/3/2019	0,03	-1,21	



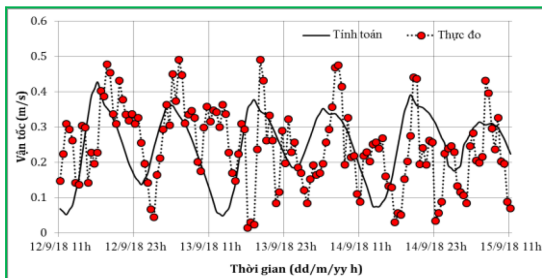
Hình 5. So sánh mực nước tính toán (TT) và thực đo (TD) tại trạm Trần Đề



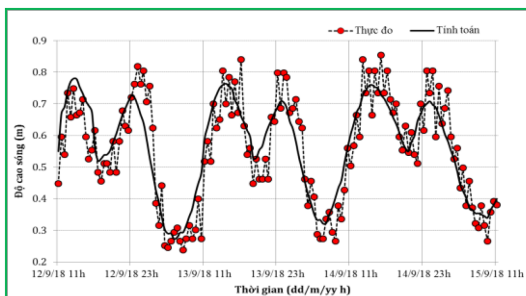
Hình 6. So sánh mực nước tính toán và thực đo tại trạm Đại Ngãi



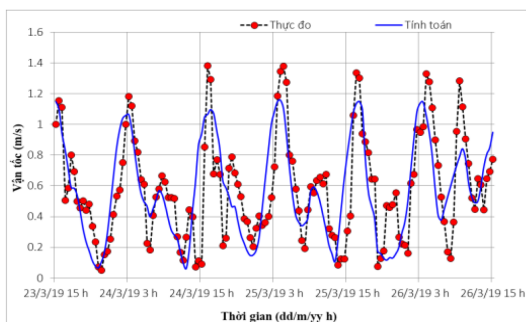
Hình 7. So sánh mực nước tính toán và thực đo tại trạm Bến Trại



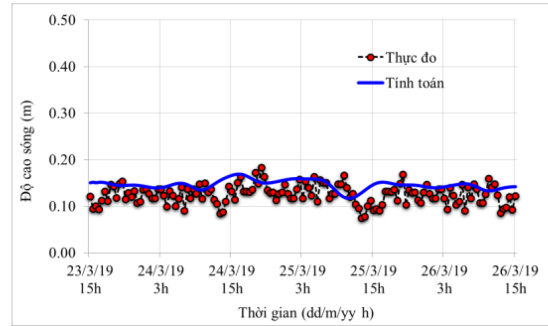
Hình 8. So sánh vận tốc dòng chảy tính toán và thực đo trạm TD18



Hình 9. So sánh độ cao sóng tính toán và thực đo trạm TD18



Hình 10. So sánh vận tốc dòng chảy tính toán và thực đo trạm TD19



Hình 11. So sánh độ cao sóng tính toán và thực đo trạm TD19

2.3. Thiết lập mô hình và kịch bản tính toán

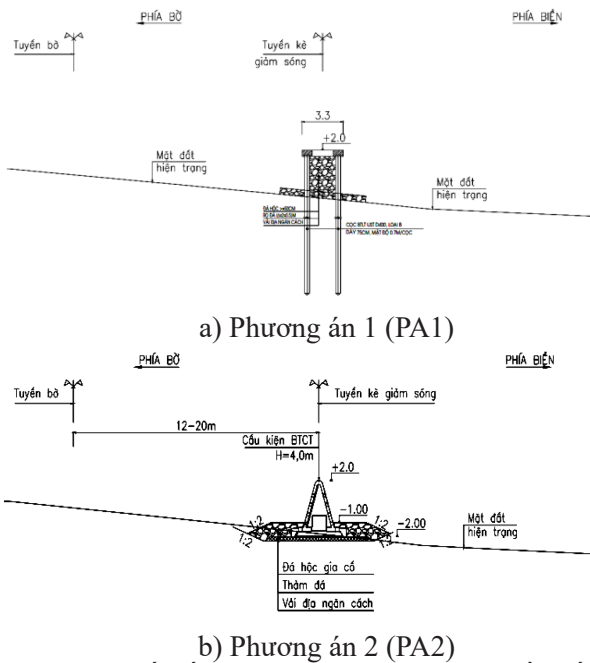
Giải pháp kết cấu đề xuất phục vụ nghiên cứu gồm: (1) phương án kê hai hàng cọc ly tâm (PA1) và (2) phương án cấu kiện bê tông đúc sẵn đục lỗ (PA2).

Phương án 1 (PA1): Kết cấu kê là hai hàng cọc ly tâm đổ đá học. Bố trí mặt bằng kê là kê dạng chữ T, cánh chữ T dài 60m, đặt cách bờ 50m, song song với bờ sông, khoảng hở giữa hai cánh là 15m, thân chữ T cách nhau 75m. Cao trình đỉnh kê là +2,0m, bề rộng kê là 3,3m. Xem minh họa kết cấu ở Hình 12a.

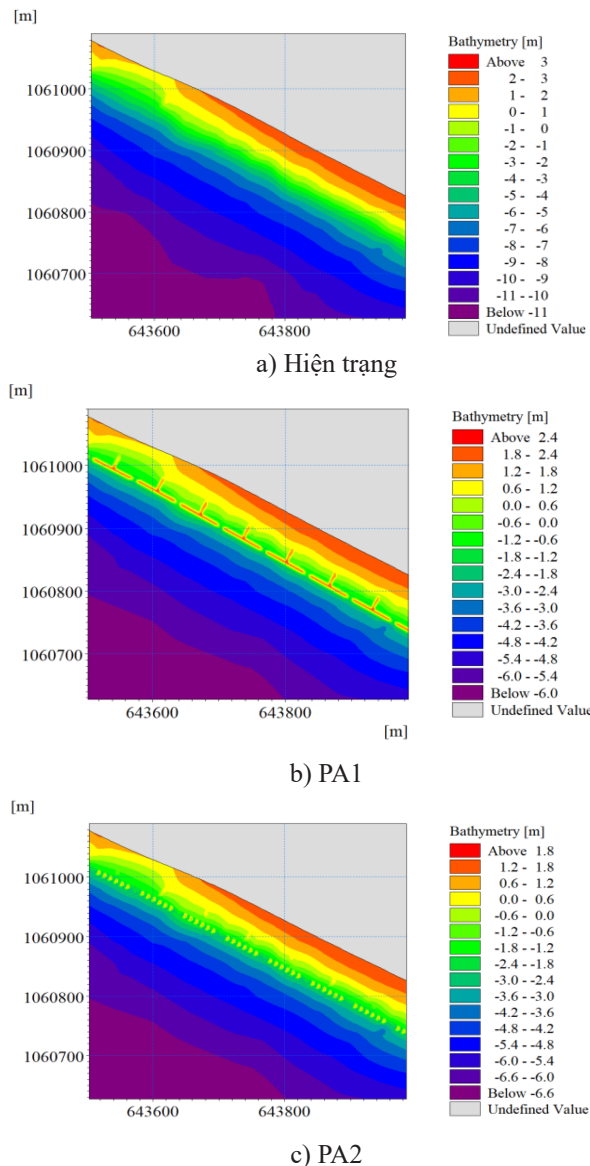
Phương án 2 (PA2): Dùng cấu kiện bê tông hình tam giác đục lỗ đúc sẵn. Cao trình đỉnh kê là +2,0m. Bố trí mặt bằng kê tương tự như PA1. Do cấu kiện đục lỗ rỗng nên kiểu kê này có khả năng trao đổi nước nhiều hơn so với PA1. Xem minh họa kết cấu ở Hình 12b.

Nghiên cứu này tiến hành chạy 3 kịch bản là hiện trạng (chưa có công trình), khi có phương án công trình 1 và 2. Dựa vào các đặc tính cơ bản của hai loại phương án và khả năng mô phỏng của mô hình toán, địa hình được xử lý tương đối, gần giống với tính chất của loại công trình nhất. Xem minh họa địa hình được đưa vào để chạy cho các phương án ở Hình 13.

Thời gian chạy so sánh là trong 1 tháng mùa Đông Bắc (ĐB)- tháng 01/2019 và 1 tháng mùa Tây Nam (TN)- tháng 7/2019. Đây là hai mùa đặc trưng tại khu vực nghiên cứu.



Hình 12. Kết cấu các phương án bảo vệ bờ đề xuất



Hình 13. Nền địa hình xử lý đưa vào mô phỏng

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1 Trường dòng chảy

Long Vĩnh nằm ngay cửa sông nên dòng chảy bị ảnh hưởng bởi cả dòng nguồn và dòng triều từ biển Đông. Phương dòng chảy khu vực này song song với phương đường bờ. Khi triều lên dòng chảy có hướng Tây Bắc, khi triều xuống dòng chảy có hướng Đông Nam. Vận tốc dòng chảy trung bình có xu hướng giảm dần từ lạch chính vào bờ. Vận tốc khu vực sát bờ dao động từ 0,1-0,2 m/s, một số vị trí có thể lên tới 0,3-0,5 m/s.

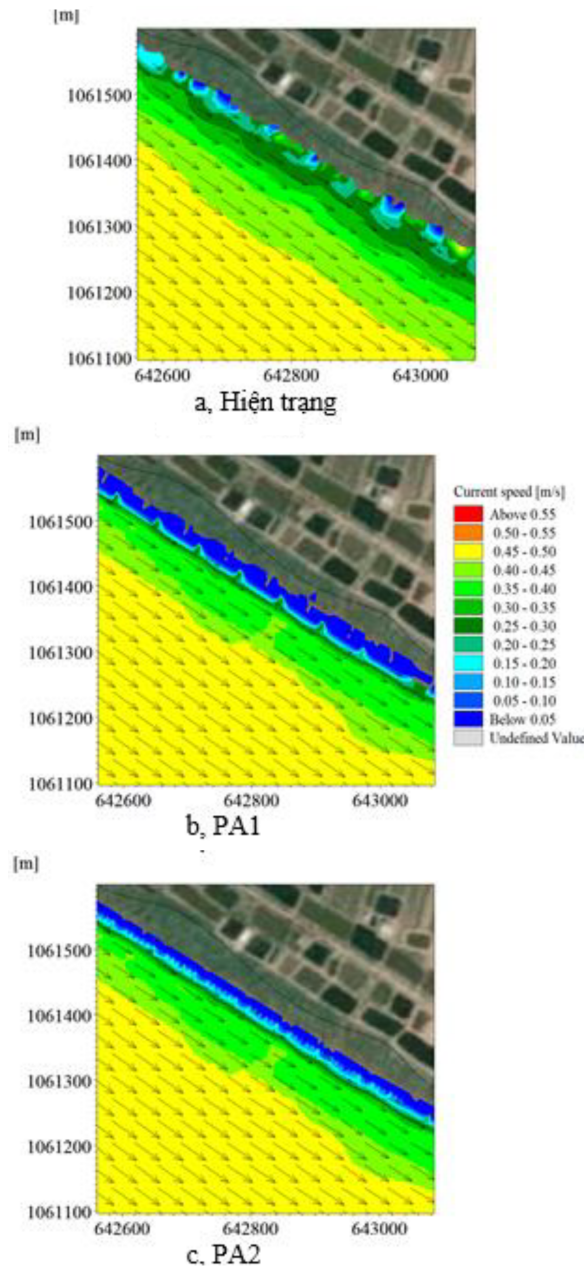
Hình 14, Hình 16 thể hiện trường vận tốc điển hình mùa Đông Bắc khi triều xuống và lên tương ứng, tại khu vực nghiên cứu ở 3 kịch bản chạy là hiện trạng (HT), PA1, PA2. Trích 3 điểm so sánh tại đầu (O1), giữa (O2) và cuối tuyến (O3) như Hình 15. Kết quả so sánh thể hiện như Hình 17. Sau khi có phương án công trình, vận tốc dòng chảy vùng sau công trình giảm rõ rệt ở cả 2 phương án. PA1 hiệu quả giảm dòng chảy tốt hơn so với PA2.

Để làm rõ định lượng, trích 10 điểm dọc bờ phía sau công trình tại khu vực nghiên cứu như Hình 18. Sau khi có công trình, vận tốc dòng chảy lớn nhất giảm 73% ở PA1 và 57% ở PA2. Vận tốc dòng chảy trung bình ở PA1 và PA2 giảm tương ứng là 90% và 72%. Kết quả chi tiết được thể hiện ở Bảng 2.

Hình 19, Hình 20 thể hiện trường vận tốc điển hình khi triều xuống và lên mùa Tây Nam tương ứng, tại khu vực nghiên cứu ở 3 kịch bản chạy. Hướng dòng chảy khi triều lên và xuống không có thay đổi nhiều so với mùa Đông Bắc. Kết quả trích, so sánh vận tốc tại đầu (O1), giữa (O2) và cuối tuyến (O3) thể hiện như Hình 21. Tương tự như mùa Đông Bắc, sau khi có công trình, vận tốc dòng chảy vùng sau công trình giảm rõ rệt ở cả 2 phương án. PA1 vẫn cho hiệu quả giảm dòng chảy tốt hơn.

Trích 10 điểm dọc bờ khu vực nghiên cứu như Hình 18 để so sánh. Vào mùa Tây Nam, sau khi có công trình, vận tốc dòng chảy lớn nhất giảm 74% ở PA1 và 57% ở PA2. Vận

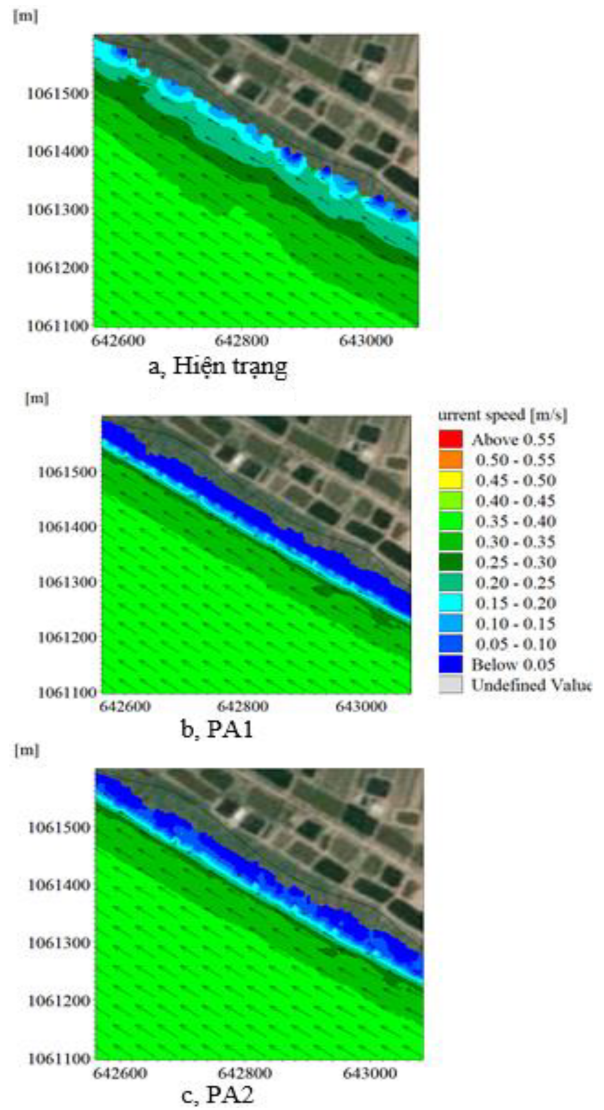
tốc dòng chảy trung bình ở PA1 và PA2 giảm tương ứng là 90% và 74%. Kết quả chi tiết được thể hiện ở Bảng 3.



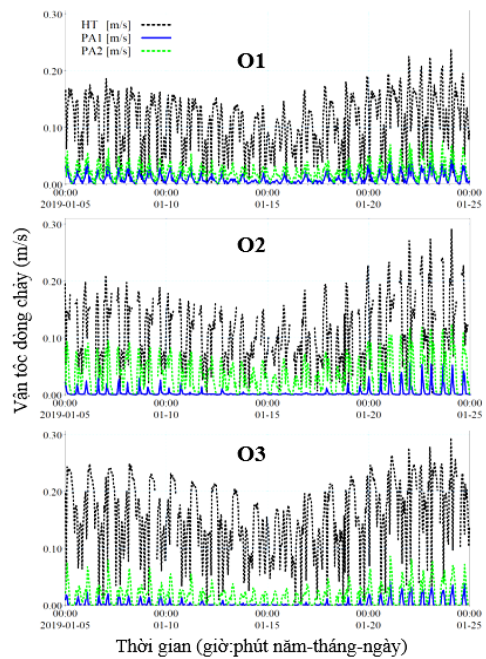
Hình 14. Trường vận tốc khi xuồng mùa ĐB



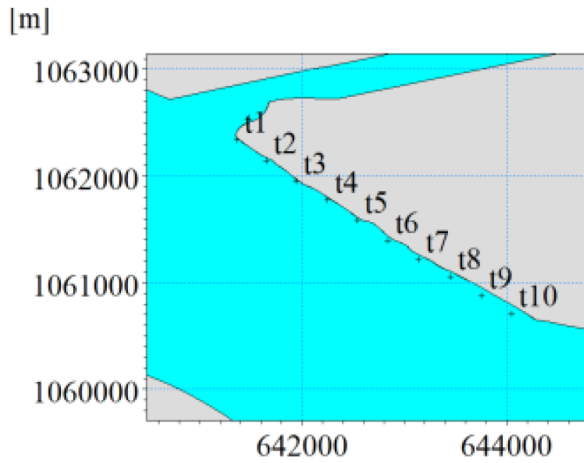
Hình 15. Minh họa vị trí vẽ so sánh 3 điểm



Hình 16. Trường vận tốc khi triều lên mùa ĐB



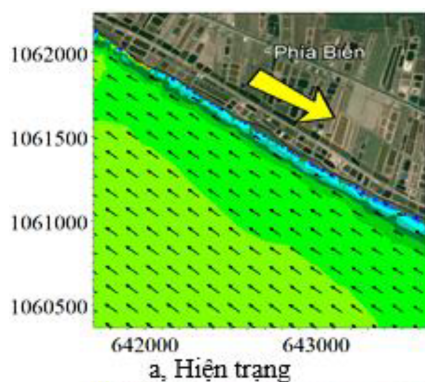
Hình 17. Vận tốc dòng chảy mùa gió Đông Bắc tháng 1 tại 3 điểm trích



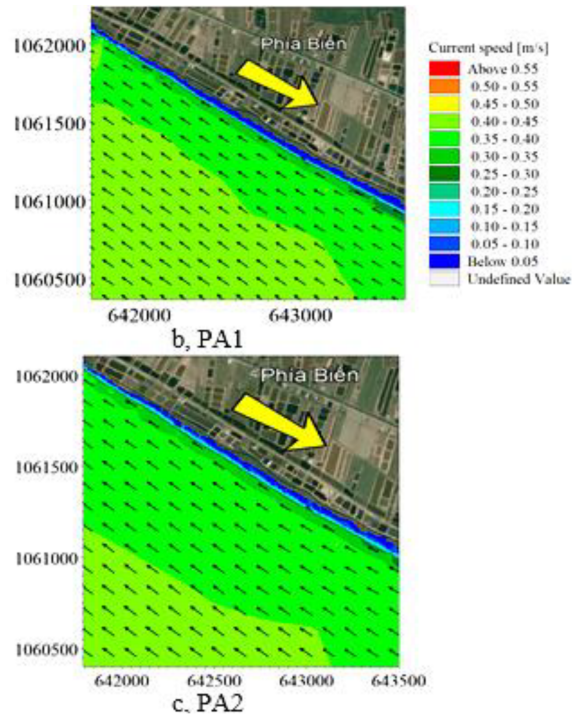
Hình 18. Vị trí 10 điểm trích dọc bờ (phía trong công trình)

Bảng 2: So sánh vận tốc dòng chảy tại 10 điểm trích, mùa ĐB

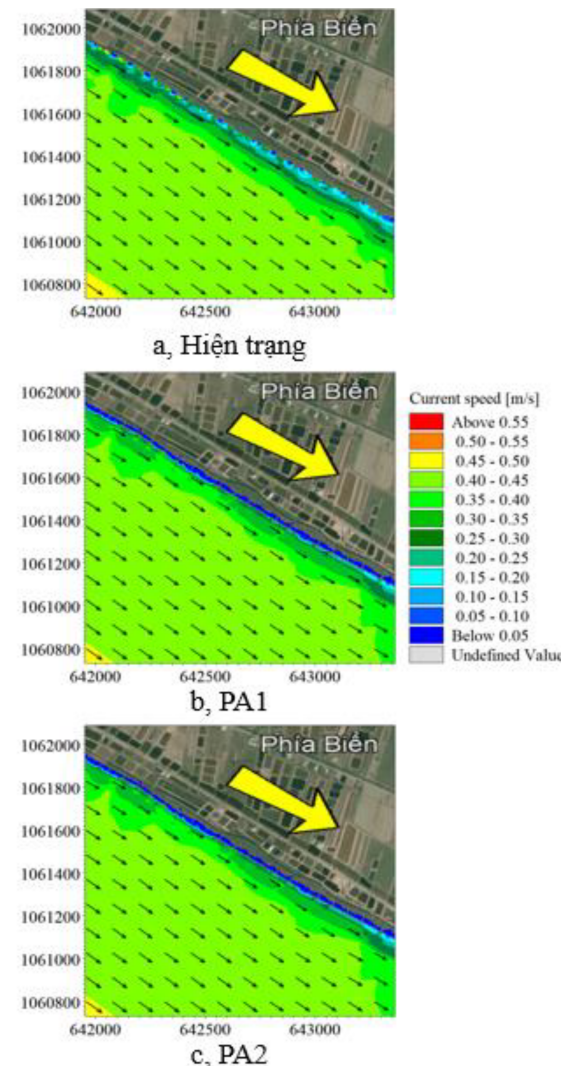
Điểm trích	HT		PA1		PA2	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
t1	0,52	0,21	0,40	0,09	0,52	0,17
t2	0,51	0,23	0,09	0,02	0,12	0,04
t3	0,59	0,26	0,09	0,00	0,17	0,03
t4	0,30	0,14	0,05	0,00	0,10	0,02
t5	0,35	0,17	0,11	0,02	0,11	0,05
t6	0,37	0,16	0,05	0,00	0,11	0,03
t7	0,32	0,15	0,06	0,01	0,13	0,03
t8	0,30	0,12	0,04	0,01	0,10	0,03
t9	0,30	0,14	0,07	0,02	0,15	0,06
t10	0,31	0,15	0,10	0,01	0,14	0,03
Trung bình	0,39	0,17	0,11	0,02	0,17	0,05
% giảm			73%	90%	57%	72%



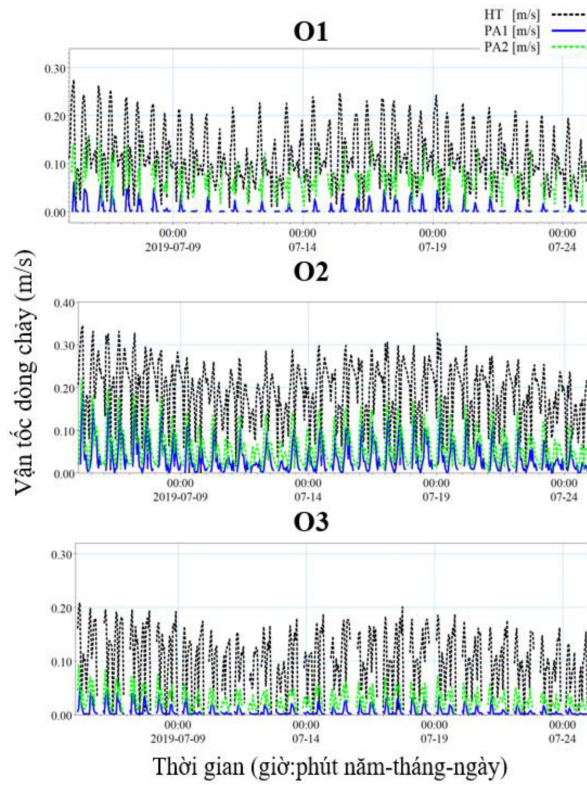
a, Hiện trạng



Hình 19. Trường vận tốc khi xuống lên, mùa TN



Hình 20. Trường vận tốc khi triều xuống, mùa TN



Hình 21. Vận tốc dòng chảy mùa gió Tây Nam tháng 7 tại 3 điểm trích

Bảng 3: So sánh vận tốc dòng chảy tại 10 điểm trích, mùa TN

Điểm trích	HT		PA1		PA2	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
t1	0,50	0,22	0,42	0,09	0,51	0,17
t2	0,52	0,25	0,07	0,02	0,13	0,04
t3	0,56	0,28	0,08	0,00	0,16	0,03
t4	0,28	0,15	0,04	0,00	0,09	0,02
t5	0,37	0,17	0,06	0,02	0,11	0,04
t6	0,39	0,17	0,05	0,00	0,12	0,03
t7	0,33	0,16	0,05	0,01	0,14	0,03
t8	0,28	0,13	0,05	0,01	0,10	0,03
t9	0,28	0,15	0,07	0,02	0,16	0,06
t10	0,32	0,16	0,09	0,01	0,13	0,03
Trung bình	0,38	0,18	0,10	0,02	0,17	0,05
% giảm			74%	90%	57%	74%

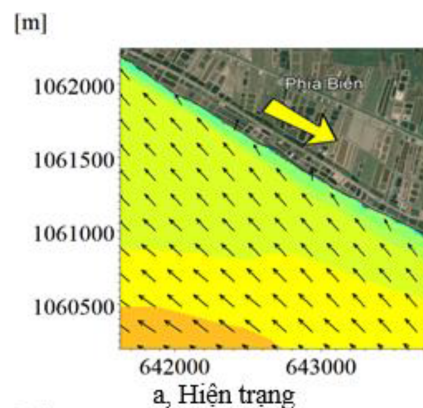
3.1.2 Trường sóng

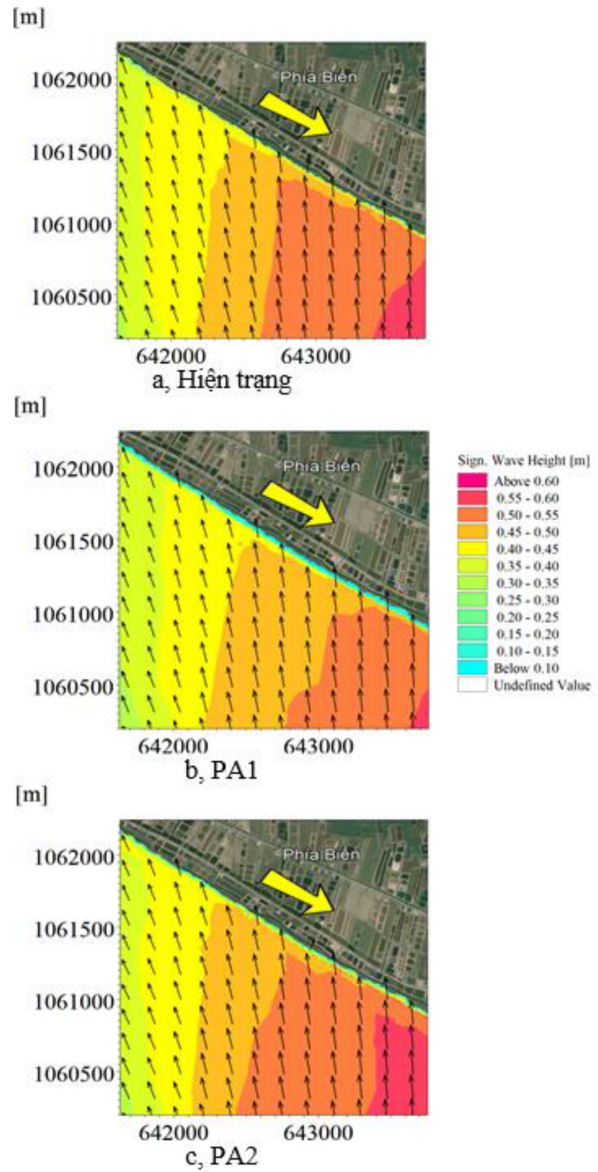
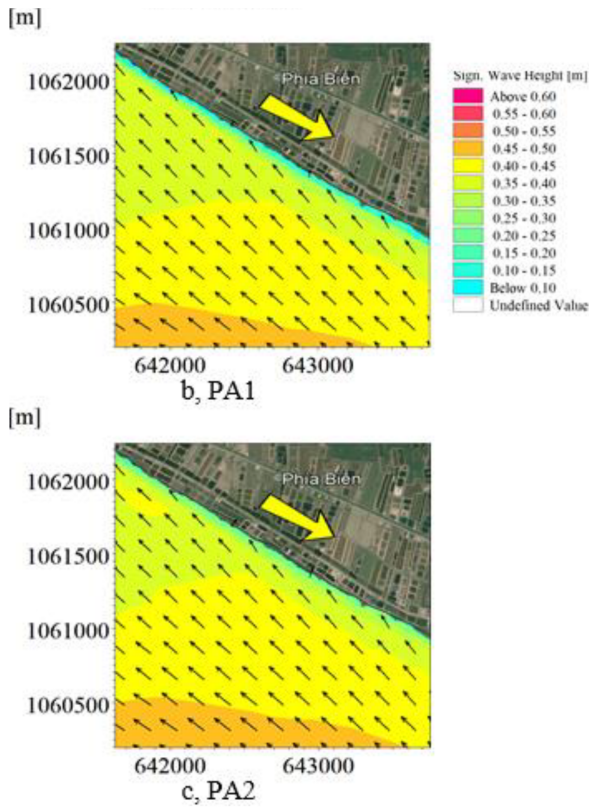
Long Vĩnh nằm ở cung đường bờ khuất sóng mùa Đông Bắc và đón sóng mùa Tây Nam. Đây là một lợi thế vì trường sóng mùa Đông Bắc tại Trà Vinh lớn hơn nhiều so với mùa Tây Nam [17], [18]. Độ cao sóng có nghĩa tại khu vực này vào tháng 1 (mùa ĐB) nhỏ hơn so với tháng 7 (mùa TN).

Hình 22 thể hiện trường sóng tại đỉnh triều vào mùa Đông Bắc ở cả ba phương án. Trong mùa này, hướng sóng tới là hướng Đông Nam. Độ cao sóng trước khi tiếp cận bờ dao động từ 0,3-0,5m, khi đến sát bờ giảm còn khoảng 0,2-0,3m.

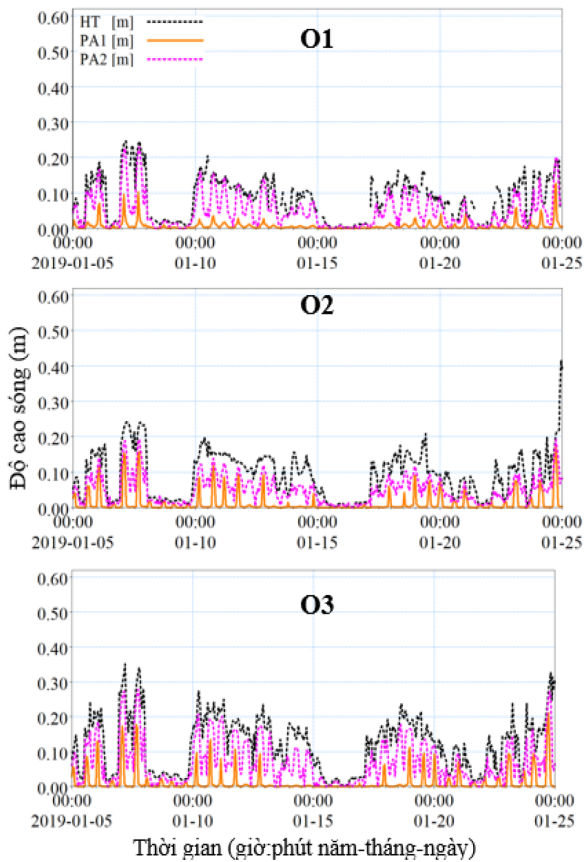
Trích vẽ chiều cao sóng tại 3 điểm đại diện tại vị trí như Hình 15. Kết quả mùa ĐB được thể hiện ở Hình 23. Kết quả mùa Tây Nam được thể hiện ở Hình 24. Có thể thấy, ở cả hai PA, độ cao sóng có nghĩa đều nhỏ hơn so với hiện trạng chưa có công trình. Độ cao sóng càng lớn, khả năng giảm sóng của công trình càng cao. Trong đó, PA1 cho hiệu quả giảm sóng tốt hơn PA2.

Để tính định lượng khả năng giảm sóng ở hai phương án, trích so sánh chiều cao sóng có nghĩa tại 10 điểm dọc công trình. Trong mùa Đông Bắc, độ cao sóng có nghĩa giảm 69% ở PA1 và 23% ở PA2. Độ cao sóng lớn nhất giảm 33% ở PA1 và 13% ở PA2 (xem Bảng 4). Trong mùa Tây Nam, độ cao sóng có nghĩa giảm 72% ở PA1 và 32% ở PA2. Độ cao sóng lớn nhất giảm 39% ở PA1 và 9% ở PA2 (xem Bảng 5).

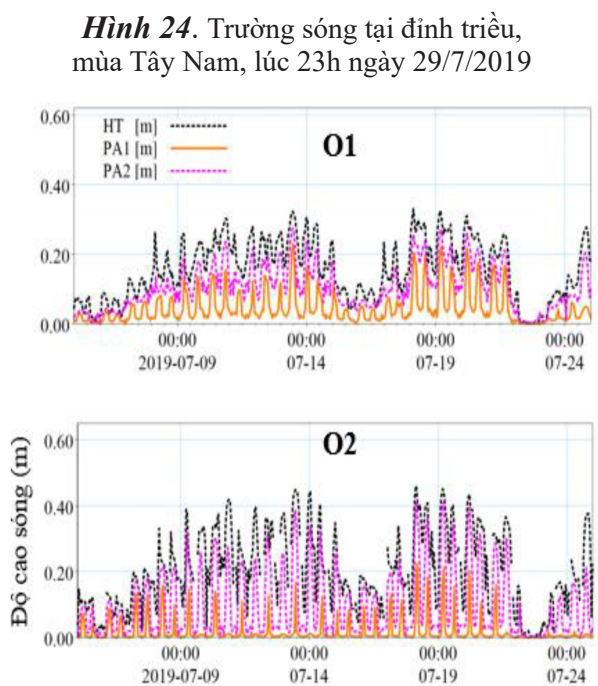




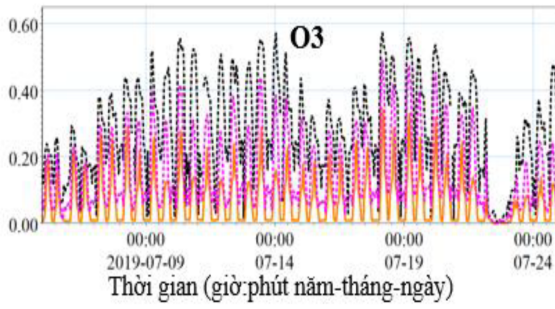
Hình 22. Trường sóng tại đỉnh triều, mùa Đông Bắc, lúc 3:00 7/01/2019



Hình 23. So sánh chiều cao sóng có nghĩa mùa Đông Bắc tại 3 điểm trích



Hình 24. Trường sóng tại đỉnh triều, mùa Tây Nam, lúc 23h ngày 29/7/2019



Hình 25. So sánh chiều cao sóng có nghĩa mùa Tây Nam tại 3 điểm trích

Bảng 4: So sánh độ cao sóng mùa Đông Bắc ở các phương án

Điểm trích	HT		PA1		PA2	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
t1	0,25	0,06	0,17	0,04	0,22	0,06
t2	0,24	0,08	0,16	0,03	0,23	0,07
t3	0,29	0,09	0,21	0,01	0,27	0,06
t4	0,32	0,09	0,18	0,01	0,25	0,05
t5	0,31	0,09	0,20	0,03	0,29	0,09
t6	0,36	0,10	0,23	0,01	0,27	0,07
t7	0,38	0,12	0,25	0,03	0,33	0,09
t8	0,38	0,12	0,25	0,04	0,32	0,11
t9	0,38	0,12	0,29	0,10	0,38	0,10
t10	0,43	0,15	0,30	0,02	0,33	0,09
Trung bình	0,33	0,10	0,22	0,03	0,29	0,08
% giảm			33%	69%	13%	23%

Bảng 5: So sánh độ cao sóng mùa Tây Nam ở các phương án

Điểm trích	HT		PA1		PA2	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
t1	0,33	0,14	0,32	0,07	0,31	0,13
t2	0,39	0,17	0,22	0,05	0,34	0,10
t3	0,41	0,16	0,24	0,01	0,39	0,10

Điểm trích	HT		PA1		PA2	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
t4	0,45	0,18	0,23	0,01	0,39	0,09
t5	0,50	0,18	0,31	0,06	0,43	0,15
t6	0,52	0,23	0,33	0,03	0,48	0,13
t7	0,58	0,25	0,34	0,05	0,53	0,17
t8	0,61	0,28	0,39	0,09	0,56	0,23
t9	0,63	0,30	0,37	0,21	0,61	0,21
t10	0,66	0,31	0,37	0,04	0,56	0,19
Trung bình	0,51	0,22	0,31	0,06	0,46	0,15
% giảm			39%	72%	9%	32%

3.2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy PA1 cho hiệu quả giảm sóng và dòng chảy tốt hơn ở cả mùa ĐB và mùa TN. Điều này có thể do kết cấu PA1 là kè ly tâm đổ đá học, độ rộng trên bề mặt thân kè khá nhỏ vì vậy khả năng chắn sóng và dòng chảy tốt hơn. PA2 có các lỗ rộng trên bề mặt kè cho nước xuyên qua nên chỉ giảm 1 phần năng lượng của sóng và dòng chảy. Ngoài ra, bố trí mặt bằng PA1 dạng chữ T có tác dụng giảm dòng chảy sát bờ phía sau công trình tốt hơn. So sánh kết quả tính toán mô phỏng với một số công bố khác cho thấy kết quả có xu hướng giống nhau và hiệu quả giảm sóng mang lại của các kết cấu đều trên 50%. Trong nghiên cứu [19] hiệu quả giảm sóng của kè ly tâm đổ đá học đạt 60-70% khi nghiên cứu bằng mô hình vật lý. Nghiên cứu quá trình truyền sóng của đê giảm sóng kết cấu rộng cho thấy hiệu quả giảm sóng của dạng kết cấu này đạt từ 50-66% khi thí nghiệm trong máng sóng [20].

Trong bài báo này, các công trình được mô phỏng tương đối, chưa thể liệt kê được toàn bộ đặc điểm của công trình do các giới hạn về độ phân giải của lưới và hiệu suất của máy tính. Bên cạnh đó, việc mô phỏng bằng

mô hình hai chiều giả ba chiều chỉ mang tính trung bình, không thể hiện được sự thay đổi dòng chảy theo độ sâu. Thời gian mô phỏng chỉ trong 2 tháng (đặc trưng ở hai mùa) chưa tính tới sự thay đổi trong cả năm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo dùng mô hình MIKE 21/3 coupled model FM để tính toán phổ sóng và chế độ thủy động lực tại khu vực Long Vĩnh, Trà Vinh. Ba kịch bản được mô phỏng gồm kịch bản hiện trạng và khi có hai phương án công trình. Kết quả cho thấy cả hai phương án đều cho hiệu quả trong việc giảm sóng và dòng chảy tiếp cận bờ. Trong đó, phương án 1- kè hai hàng cọc ly tâm đổ đá học cho kết quả tốt hơn với hiệu quả giảm dòng chảy và sóng trung bình lần lượt là 90% và 70%.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài được thực hiện với sự hỗ trợ dữ liệu từ đề tài cấp tỉnh Trà Vinh “Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050” mã số 21/HD- SKHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] T. B. Hoàng, “Nghiên cứu đánh giá tổng thể quá trình xói lở và dự báo diễn biến bờ biển đồng bằng sông Cửu Long phục vụ đề xuất giải pháp nhằm ổn định và phát triển bền vững vùng ven biển,” Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2022.

[2] N. N. Minh, “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ chống xói lở, bảo vệ bờ biển hợp lý cho vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa trên mô hình vật lý,” Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2022.

[3] L. V. Tuấn, “Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050,” Viện Kỹ thuật Biển, Đề tài cấp tỉnh, 2022.

[4] N. N. Hùng, “Nghiên cứu các giải pháp khoa

học - công nghệ để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang diễn ra biến động lớn về hình thái trên sông Tiền, sông Hậu,” Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Đề tài cấp Nhà nước KC 08/11-15, 2016.

[5] L. X. Tú, “Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng,” Viện Khoa học thủy lợi miền Nam, 2022.

[6] P. V. Khôi, “Lựa chọn chiều cao đáp ứng hiệu quả tiêu tán sóng đơn của đê chắn sóng tường đứng kết cấu rồng,” *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, vol. 73, pp. 47–51, 2023.

[7] V. C. Hữu, D. T. Hà, and N. T. Đạt, “Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng gây bồi của cụm công trình kè mô hàn dạng chữ T tại bãi biển Thịnh Long 2, Hải Hậu, Nam Định,” *Tạp chí Khoa học Thủy lợi số 70 (02, 2022*, Accessed: Mar. 31, 2025. [Online]. Available: <https://vawr.org.vn/Upload/BaibaoKH/vu-cong-huu-70-2022.pdf>

[8] N. A. Tiên and T. Q. Tuấn, “Nghiên cứu xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc có cấu tạo phức hợp,” *Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt Nam. Số 53 ISSN: 1859-4255, 04, 2019*, Accessed: Mar. 31, 2025. [Online]. Available: <https://vawr.org.vn/Upload/BaibaoKH/nguyen-anh-tien-53-2019.pdf>

[9] T. B. Hoàng, “Đánh giá, dự báo chế độ dòng chảy (lưu lượng, mực nước, chất lượng nước) và diễn biến bồi xói tuyến sông Cổ Chiên và sông Hậu tỉnh Trà Vinh,” Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Đề tài cấp tỉnh, 2022.

[10] DHI, “MIKE 21/3 Coupled Model FM,” Danish Hydraulic Institute, Denmark., 2016.

[11] H. Xiao, Z. Zhang, Y. Tang, H. Li, and Q. Tang, “Numerical modeling for determination of the dominant factor inducing saltwater intrusion into shallow aquifer in the Mekong River Estuary within the Mekong Delta, Vietnam,” *Sustainable Horizons*, vol. 12, p. 100111, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.horiz.2024.100111.

[12] N. H. Nhân, “Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển vùng bồi tụ ven bờ và các giải

- pháp Khoa học và Công nghệ để phát triển bền vững về Kinh tế - Xã hội,” Viện Kỹ thuật Biển, Cà Mau, Đề tài cấp Bộ, 2016.
- [13] L. T. Chương, “Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định bờ biển đoạn từ Sóc Trăng đến Mũi Cà Mau,” Đề tài cấp Nhà nước, 2017.
- [14] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe, “River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles,” *Journal of Hydrology*, vol. 10, no. 3, pp. 282–290, Apr. 1970, doi: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
- [15] D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, and T. L. Veith, “Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations,” *Transactions of the ASABE*, vol. 50, no. 3, pp. 885–900, 2007.
- [16] Y. Shen *et al.*, “On the Contribution of Satellite Altimetry-Derived Water Surface Elevation to Hydrodynamic Model Calibration in the Han River,” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 24, Art. no. 24, Jan. 2020, doi: 10.3390/rs12244087.
- [17] H. V. Huân, “Nghiên cứu đề xuất CSKH và các giải pháp để ổn định bờ bãi biển tỉnh Trà Vinh,” Viện Kỹ thuật Biển, Đề tài cấp tỉnh, 2017.
- [18] H. V. Huân, “Xây dựng bản đồ (Atlas) hiện trạng và dự báo thủy động lực vùng biển và bờ biển (từ 0 - 30 m nước) tỉnh Trà Vinh đến 2050,” Viện Kỹ thuật Biển, Đề tài cấp tỉnh, 2017.
- [19] L. X. Tú and Đ. V. Dương, “Nghiên cứu khả năng truyền sóng của đê kết cấu cọc ly tâm đồ đá học trên mô hình máng sóng,” *Tạp chí khoa học công nghệ thủy lợi Số*, vol. 58, no. 2, p. 2020, 2020.
- [20] L. X. Tú and Đ. V. Dương, “Nghiên cứu ảnh hưởng các yếu tố đến quá trình truyền sóng của đê giảm sóng kết cấu rồng trên mô hình máng sóng,” *Tạp chí khoa học công nghệ thủy lợi Số*, vol. 57, no. 12, p. 2019, 2019.