TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ảnh hưởng của bố trí không gian đê giảm sóng đối với chế độ thủy động lực học tại bờ biển huyện Ba Tri tỉnh Bến Tre

Trần Phương Chiến[1]*, Nguyễn Văn Dũng[1], Nguyễn Đình Chinh[1], Lê Anh Kiên[1], Nguyễn Văn Sơn[1], Mai Hoàn Thành[2], Dương Hồng Vũ[3], Lâm Văn Tân[4], Trần Bích Lũy[4]

[1] Viện Nhiệt đới môi trường; phuongchien0604@gmail.com; dunghvktqsk48@gmail.com; 2ndchinh@gmail.com; anhkienle@gmail.com; sonvittep@gmail.com
[2] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam; thanhmh23@wru.vn
[3] UBND huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre; hongvutnmtbatri@gmail.com
[4] Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre; lvtan.skhcn@bentre.gov.vn; tbluy.skhcn@bentre.gov.vn

*Tác giả liên hệ: phuongchien0604@gmail.com; Tel.: +84–962334646

Ban Biên tập nhận bài: 28/5/2024; Ngày phản biện xong: 11/7/2024; Ngày đăng bài: 25/12/2024

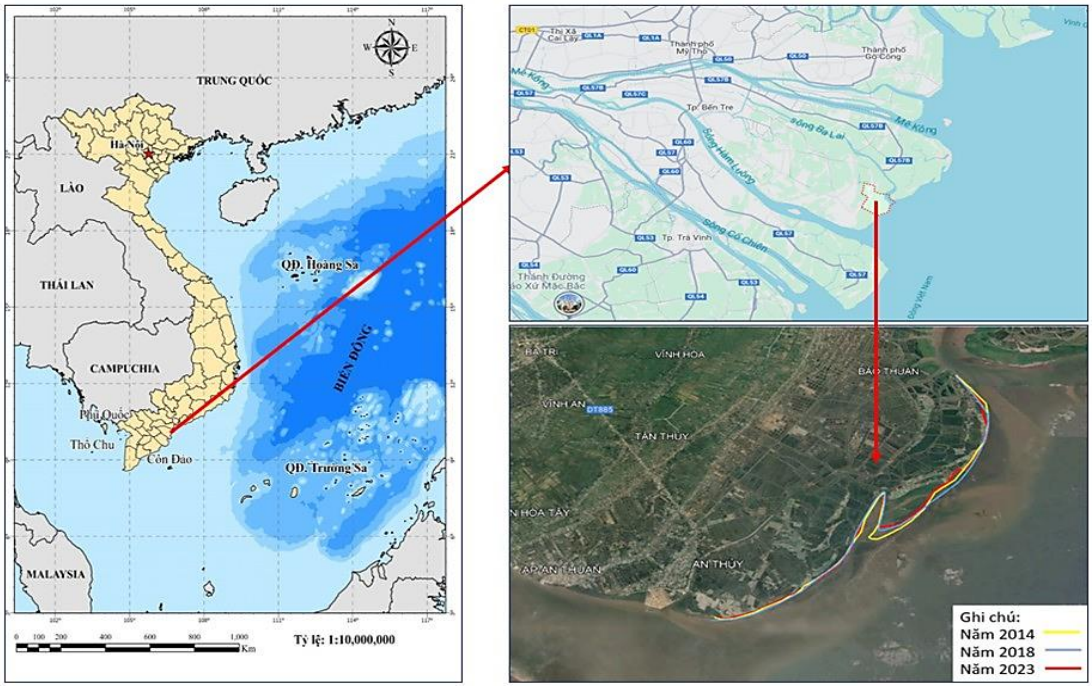
Tóm tắt: Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu về đặc trưng chế độ thủy động lực khu vực bờ biển Ba Tri tỉnh Bến Tre và ảnh hưởng của bố trí không gian đê giảm sóng kết cấu mềm đối với chế độ thủy động lực học tại bờ biển này. Phương pháp phân tích bằng mô hình toán MIKE21-FM trên cơ sở dữ liệu được tổng hợp từ các nguồn tin cậy khác nhau để tính toán chế độ thủy động lực bao gồm chế độ mực nước, dòng chảy và sóng gió mùa cho 1 năm gió mùa giai đoạn từ 2014-2015. Kết quả tính toán cho thấy khu vực chịu tác động của chế độ thủy động lực biển Đông. Chế độ sóng gió mùa khu vực ven biển Ba Tri, tỉnh Bến Tre có hai mùa rõ rệt, mùa gió Tây Nam từ tháng 5 đến giữa tháng 10, mùa gió Đông Bắc từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Vào mùa gió Tây Nam chiều cao sóng trong thời kỳ này ven biển Tây là khoảng 0,3-0,6 m, trong khi đó mùa Đông Bắc chiều cao sóng khoảng 0,7-1,5 m. Tần suất xuất hiện sóng cao chủ đạo trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc, hướng sóng gần như trực diện hoặc xiên góc với đường bờ tạo ra dòng chảy ven bờ gây ra xói lở phía bờ Bắc khu vực bờ biển huyện Ba Tri. Bài báo đã nghiên cứu các ảnh hưởng của bố trí không gian đê giảm sóng mềm đến chế độ thủy động của bãi biển để lựa chọn phương án bố trí không gian tối ưu. Kết quả cho thấy tuyến công trình bố trí cách bờ biển từ 120 -150m cho hiệu quả giảm sóng và dòng chảy đáp ứng yêu cầu kỹ thuật cho chức năng giảm sóng và gây bồi của công trình.

Từ khóa: Mike 21; Breakwaters; Geotube; Xói lở bờ biển; Ba Tri, Bến Tre.

1. Đặt vấn đề

Vùng ven biển tỉnh Bến Tre nằm ở hạ lưu sông Mekong là một trong những địa phương chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi tình trạng xói lở bờ biển [1–2]. Với đường bờ biển dài khoảng 65 km, bờ biển Bến Tre không chỉ phải đối mặt với sự xói lở do sóng biển, thủy triều mà còn chịu tác động của suy giảm bùn cát thượng nguồn. Tại khu vực nghiên cứu vùng biển huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre có tốc độ xói lở từ 10-15 m/năm theo phân tích hình ảnh Google Earth giai đoạn 2014-2023 (Hình 1). Để bảo vệ bờ biển, khôi phục rừng ngập mặn các giải pháp đã thực hiện ở vùng biển tỉnh Bến Tre như: kè lát mái bảo vệ bờ trực tiếp, đê giảm sóng xa bờ bằng Geotube, kết cấu kè cọc ly tâm kết hợp đá hộc giảm sóng. Trong những giải pháp

trên, giải pháp đê giảm sóng xa bờ bằng ống địa kỹ thuật Geotube đang nổi lên như một phương án mới với tính hiệu quả, độ bền cao và giá thành thấp. Đê mềm giảm sóng là các ống địa kỹ thuật được lắp đặt song song với bờ biển, chúng có khả năng hấp thụ năng lượng sóng và bảo vệ đất đai khỏi sự xói mòn. Sự khác biệt về đặc điểm thủy động lực phía trước, phía sau giữa các đê chắn sóng đã được quan sát bởi quan nhiều nghiên cứu. Nghiên cứu [3] đã áp dụng các quả bóng thạch cao vào tetrapod đê chắn sóng trên đảo Okinawa, Nhật Bản, cho thấy những quả bóng thạch cao ở phía trước các đê chắn sóng nhỏ hơn so với được lắp đặt ở sau của đê chắn sóng. Nghiên cứu [4] phát hiện ra rằng đê chắn sóng tách rời nổi lên ở Bãi biển Baltim, Ai Cập, gây ra sự hình thành nổi bật và Tombolo, hạn chế dòng nước ở phía khuất gió của đê chắn sóng tạo ra các dòng xoáy nghiêm trọng với tốc độ rất cao. Vùng có năng lượng sóng giảm phía sau đê chắn sóng hoặc dòng chảy xa bờ giữa các đê chắn sóng có thể ảnh hưởng hoạt động tắm biển và du lịch [5]. Tương tự, nghiên cứu [6] đã cố gắng điều chỉnh cách bố trí giảm dòng chảy giữa các khoảng trống và phía sau đê. Tại nhiều khu vực bờ biển thực hiện giải pháp này cho thấy hiệu quả giảm xói mòn, gây bồi tụ trong thời gian ngắn [7–11]. Hiệu quả của giải pháp này cũng đã được chứng minh tại khu vực bờ biển huyện Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre. Sau chỉ một năm triển khai, đã ghi nhận sự bồi tụ đáng kể, điều này không chỉ giúp giảm thiểu sự xói mòn mà còn bảo vệ hệ sinh thái ven biển và cung cấp lợi ích bền vững cho địa phương. Kết quả nghiên cứu cho khuyến nghị phạm vi đặt công trình khá rộng từ 1,0 đến 1,5 lần chiều dài sóng nước sâu [12]. Vì vậy, cần phải nghiên cứu bố trí không gian cho từng vùng bờ biển để đảm bảo hiệu quả về mặt kỹ thuật cũng như kinh tế, cụ thể đối với bờ biển huyện Ba Tri. Do đó, trong bài báo này nghiên cứu chi tiết tác động của bố trí không gian công trình đê giảm sóng đến chế độ thủy động lực bằng phương pháp mô hình toán bằng phần mềm Mike (Bộ mô hình MIKE21/3 Coupled FM) để lựa chọn phương án bố trí không gian tối ưu tại bờ biển Ba Tri, tỉnh Bến Tre bằng kết cấu đê giảm sóng mềm Geotube.



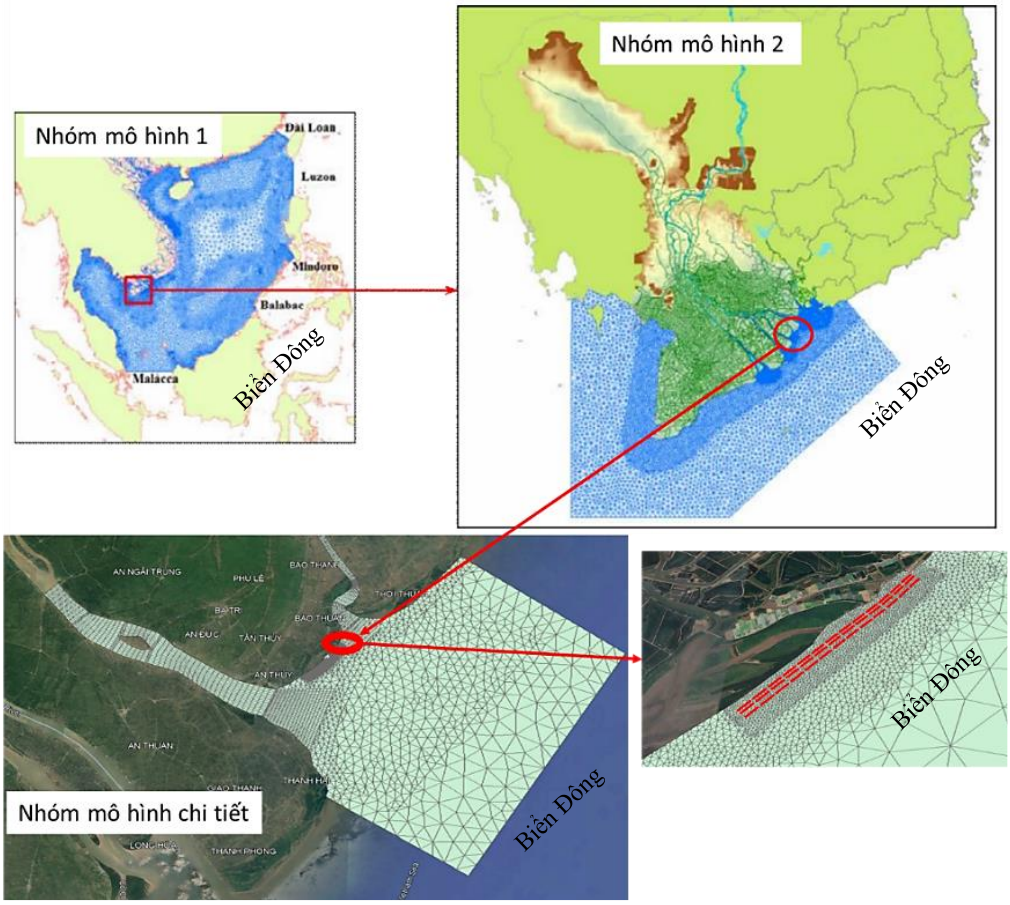
Hình 1. Diễn biến đường bờ biển huyện Ba Tri tỉnh Bến Tre giai đoạn 2014-2023.

2. Phương pháp nghiên cứu và kịch bản mô phỏng

2.1. Phương pháp nghiên cứu và thiết lập mô hình

Nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình toán bằng phần mềm Mike (Bộ mô hình MIKE21/3 Coupled FM) với 2 mô đun kết hợp giữa các mô đun tính toán mực nước, dòng chảy (Mike21 HD FM), mô đun tính toán sóng (Mike21 SW FM) với lưới phi cấu trúc (phần

tử hữu hạn) phù hợp tốt với đường bờ và địa hình đáy phức tạp và đặc biệt trong việc bố trí không gian công trình dạng đê giảm sóng.



Hình 2. Phương pháp thiết lập mô hình nghiên bờ biển huyện Ba Tri (Bến Tre).

Phương pháp thiết lập mô hình nghiên tính toán chế độ thủy động lực cho bờ biển huyện Ba Tri (Bến Tre) (Hình 2). Trong đó, nhóm mô hình 1 và nhóm mô hình 2 cho ĐBSCL được thiết lập và kiểm định bởi [13, 14]. Mục đích của nhóm mô hình 1 là mô phỏng chế độ dòng chảy (thủy triều, dòng chảy ven bờ) và chế độ sóng nhằm cung cấp biên mở phía biển cho các mô hình với phạm vi nhỏ hơn (nhóm mô hình 2). Nhóm mô hình 2 bao gồm các mô hình: 1D cho hệ thống sông kênh Mekong và Sài Gòn - Đồng Nai, và 2D cho vùng nghiên cứu mở rộng phía biển từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Campuchia. Kết quả của mô hình này được dùng để trích xuất biên cho mô hình nghiên cứu chi tiết (nhóm mô hình chi tiết). Mô hình chi tiết xây dựng vùng nghiên cứu từ huyện Bình Đại đến huyện Thạnh Phú tỉnh Bến Tre nhằm đánh giá chế độ thủy động lực học chi tiết hiện trạng vùng nghiên cứu từ đó tìm ra ảnh hưởng của tác động công trình tới chế độ thủy động lực học vùng công trình bảo vệ.

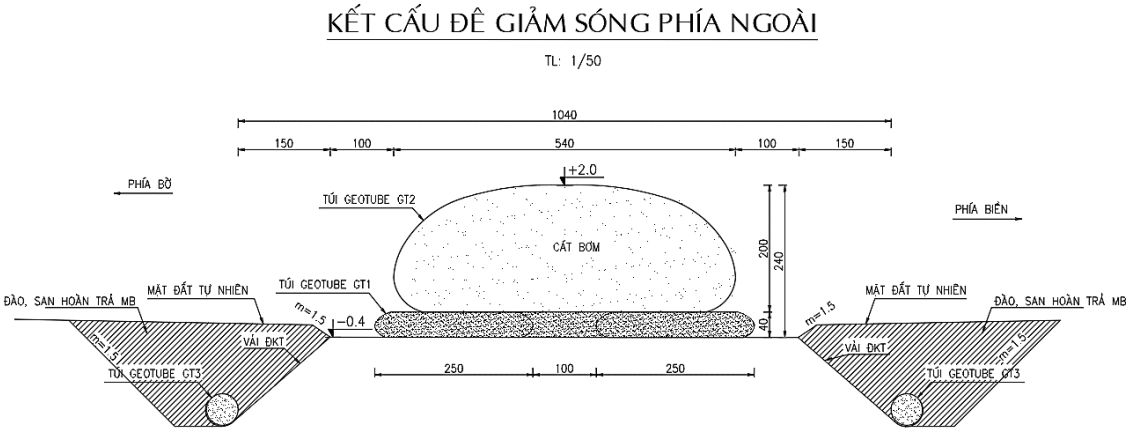
2.2 Các kịch bản mô phỏng tính toán

Mục đích của nghiên cứu để đánh giá chế độ thủy động lực tại vùng bờ biển huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre gây ra nguyên nhân xói lở và nghiên cứu bố trí không gian công trình phù hợp đáp ứng yêu cầu đảm bảo về khả năng giảm sóng gây bồi. Giải pháp bảo vệ chống xói lở khu vực bờ biển huyện Ba Tri tỉnh Bến Tre là kết cấu đê giảm sóng túi Geotube, tuyến công trình bố trí song song với bờ, thông số dự kiến mô phỏng như sau:

Cao trình đỉnh đê giảm sóng mô phỏng : +1,5 m
Chiều dài mỗi đoạn đê : 150 m
Khoảng cách giữa cách đê : 20 m
Kịch bản bố trí công trình:

Bảng 1. Các kịch bản công trình đề xuất trong nghiên cứu tại vùng biển huyện Ba Tri.

STT	Tên kịch bản	Thông số kỹ thuật tuyến đê song song bờ			Năm khí hậu tính toán
		Chiều dài tuyến (m)	Khoảng cách từ bờ (m)	Cao trình đê (m)	
1	Hiện trạng				năm 2014 - năm 2025
2	PA1	2000	120	1,5	
3	PA2	2000	150	1,5	
4	PA3	2000	180	1,5	
5	PA4 (công trình thử nghiệm)	150	120	1,5	



Hình 3. Cắt ngang điển hình kết cấu đê giảm sóng.

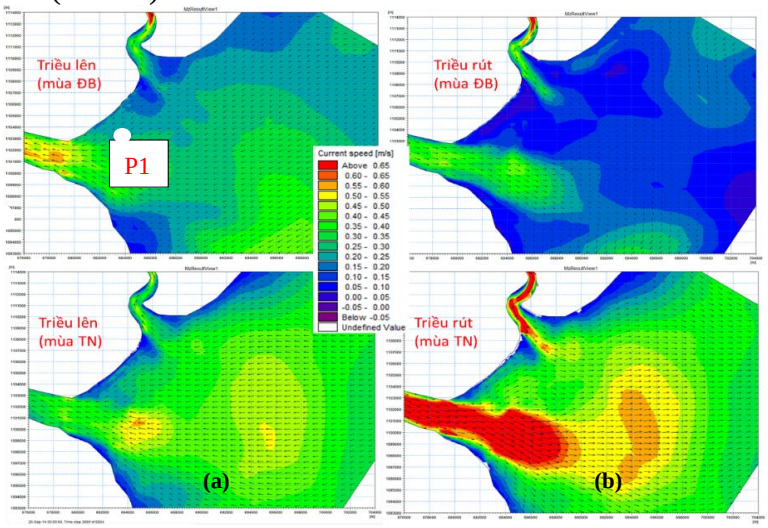
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các mô hình thiết lập được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu thực đo, trong đó, các mô hình lớn được thiết lập và đã được kiểm định bởi [13, 14].

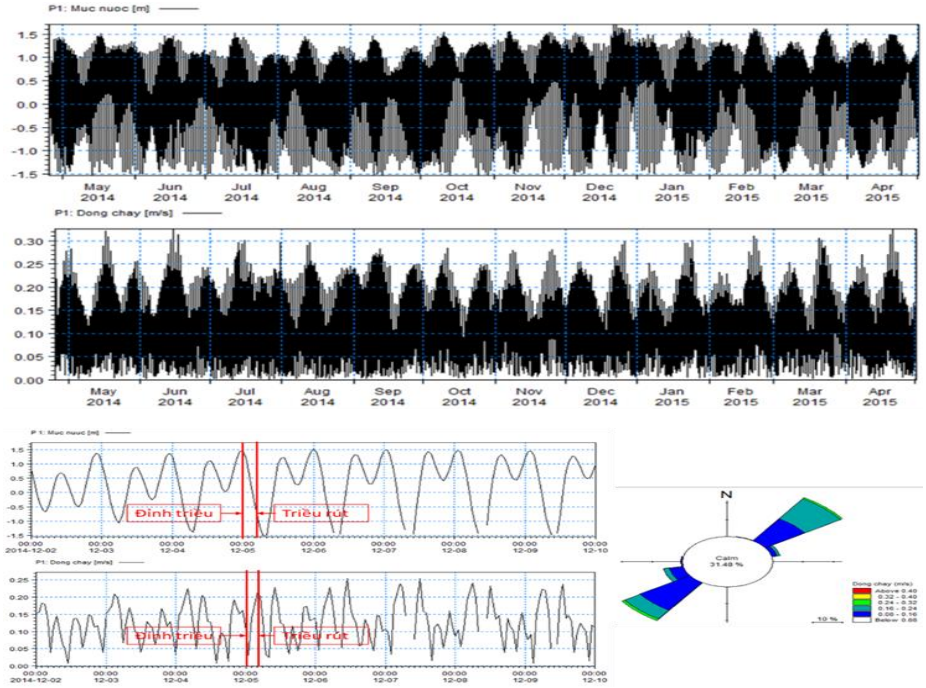
3.2. Kết quả nghiên cứu dòng chảy ven biển huyện Ba Tri

Kết quả cho thấy dòng chảy ven biển huyện Ba Tri có giá trị lớn ở khu vực cửa sông, đặc biệt trong mùa gió Tây Nam tương ứng với thời gian lũ thượng nguồn khi triều rút, vận tốc dòng chảy khu vực cửa sông là trên 0,65 m/s, mùa Đông Bắc vận tốc dòng chảy chỉ khoảng 0,4-0,5 m/s (Hình 4).



Hình 4. Phân bố trường dòng chảy tổng hợp tại khu vực ven biển huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre mùa Đông Bắc và Tây Nam khi triều lên (a) và khi triều xuống (b).

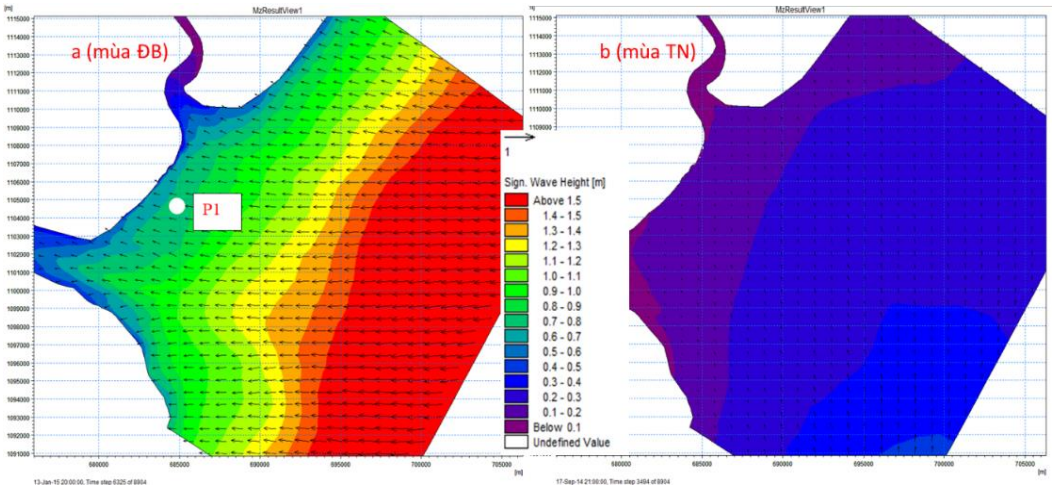
Huyện Ba Tri (Bến Tre) chịu chi phối mạnh chế độ triều biển Đông, thuộc dạng bán nhật triều không đều, chế độ dòng chảy cửa sông. Theo số liệu quan trắc cũng như kết quả tính toán của mô hình cũng như các số liệu các trạm thực đo gần khu vực này, biên độ triều trong vùng nghiên cứu khá lớn: từ 3,0 -3,5 m trong thời kỳ triều cường và từ 1,0 ÷ 1,5 m trong thời kỳ triều kém. Hình 3 trình bày kết quả mô phỏng trường dòng chảy tổng hợp tại thời điểm triều rút và triều lên, đường quá trình lưu tốc và mực nước tổng hợp tại vị trí P1 tại Hình 5 cho thấy dòng chảy tại bờ biển chịu ảnh hưởng chính của chế độ thủy triều, dòng chảy tại khu vực Ba Tri không quá lớn, khi triều xuống đạt 0,25 m/s.



Hình 5. Quá trình mực nước và dòng chảy từ tháng 5/2014 đến tháng 4/2015.

3.3. Kết quả mô phỏng chế độ sóng

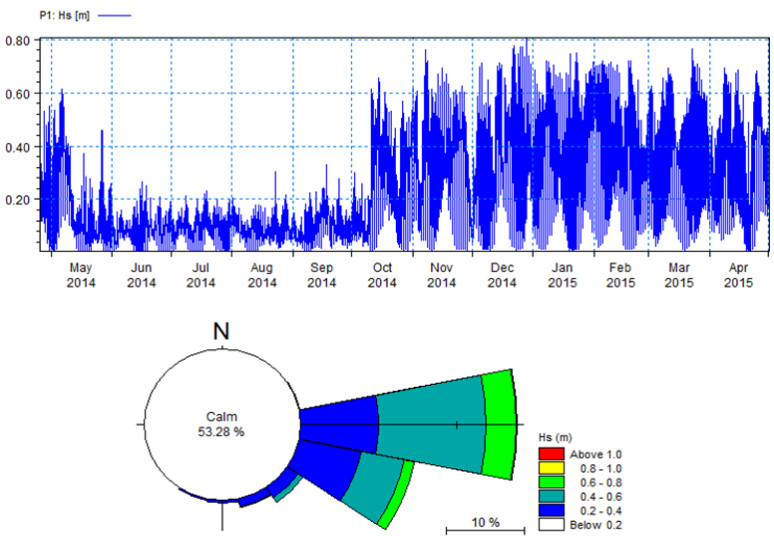
Hình 6 trình bày kết quả tính toán vùng nghiên cứu chi tiết cho năm khí hậu 2014-2015. Chế độ sóng theo mùa ở vị trí P1 ven biển Ba Tri, tỉnh Bến Tre có hai mùa rõ rệt, mùa gió Tây Nam từ tháng 5 đến giữa tháng 10, mùa gió Đông Bắc từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Vào mùa gió Tây Nam chiều cao sóng trong thời kỳ này ven biển Tây là khoảng 0,3-0,6 m, trong khi đó con số này trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc khoảng 0,7-1,5 m.



Hình 6. Phân bố trường sóng vùng nghiên cứu chi tiết đặc trưng cho (a) mùa gió Đông Bắc và (b) mùa gió Tây Nam (phía dưới lần lượt là các biểu đồ chiều cao sóng có nghĩa tại vị trí P1 có thể hiện thời điểm trích xuất trường sóng tương ứng ở trên).

Tần suất xuất hiện sóng lớn thời kỳ gió mùa Đông Bắc là rất lớn, hướng sóng gần như trực diện bờ. Chính vì vậy, đây là một trong những nguyên nhân chính gây xói lở bờ biển vùng này. Sóng hoạt động yếu hơn trong thời kỳ gió mùa Tây Nam.

Kết quả tính toán cho thấy hướng sóng chủ yếu là hướng Đông và Đông Nam, trong đó hướng Đông là chính (5). Hướng sóng tạo thành với đường bờ có hướng xiên góc xuống phía Nam tạo nên dòng chảy ven bờ theo hướng Bắc Nam là nguyên nhân chính gây ra xói lở tại khu vực tính toán (Hình 7).

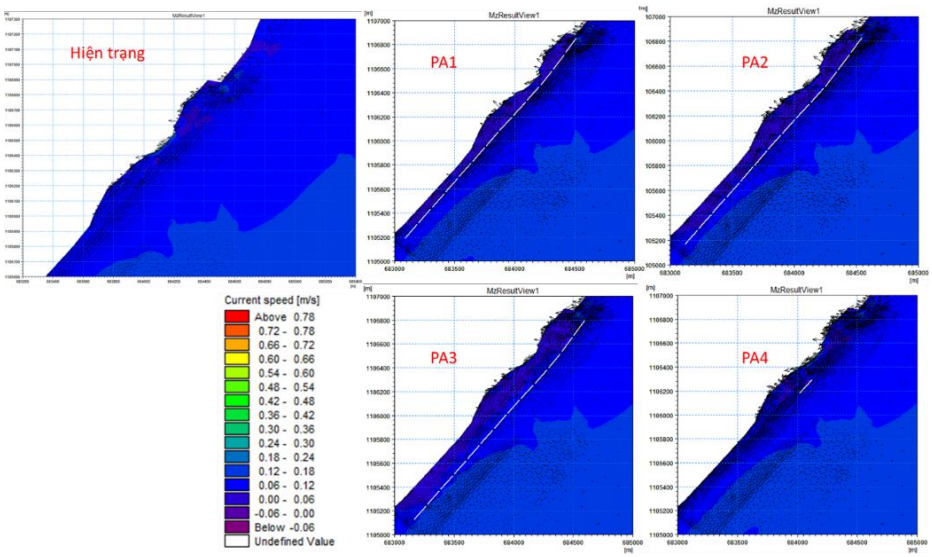


Hình 7. Diễn biến chiều cao sóng tại khu vực nghiên cứu mùa Tây Bắc và Đông Nam.

3.4. Kết quả tính toán đánh giá hiệu quả suy giảm dòng chảy và sóng của đê giảm sóng túi Geotube

3.4.1. Kết quả phân tích hiệu quả suy giảm dòng chảy

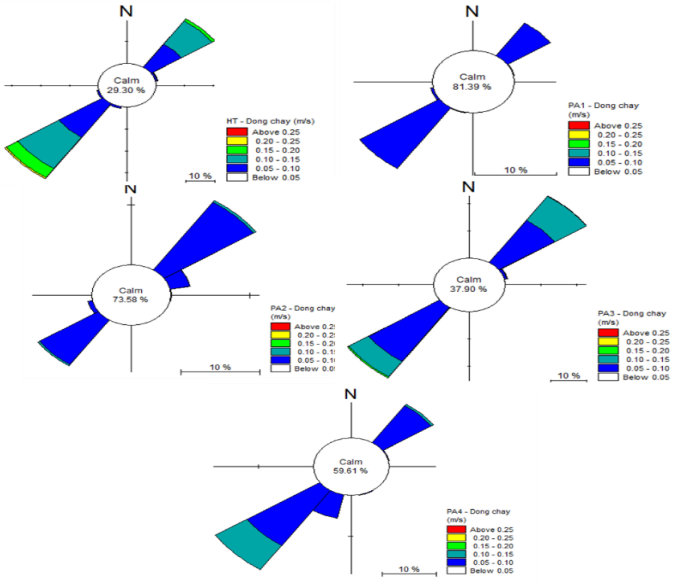
Kết quả tính toán thể hiện trong Hình 8 và Hình 9 cho thấy hiệu quả giảm lưu tốc dòng chảy tại khu vực Ba Tri theo từng kịch bản tính toán. So sánh các kịch bản PA1, PA2 và PA3 khi bố trí cùng tuyến công trình dài 2 km, với các khoảng cách bờ và khoảng hở khác nhau thì cho hiệu quả khác nhau. Kết quả hoa dòng chảy vùng ven bờ trích xuất tại điểm P1 (Hình 6) cho thấy phương án 1 cho kết quả tốt nhất, tốc độ dòng chảy ven bờ được khống chế không vượt quá 0,1 m/s, tỷ lệ dòng chảy nhỏ hơn 0.05m/s chiếm 81,39%, tăng 52,09% so với phương án hiện trạng, tăng 7,81% so với phương án 2 và 43,49% so với phương án 3. Phương án 1 và 2 là cho kết quả gần giống nhau, dòng chảy ven bờ trong hai kịch bản này chỉ còn khoảng 0,3 m/s so với hiện trạng con số này là 0,6 m/s. Phương 3 là cho hiệu quả thấp nhất, tuy nhiên tỷ lệ dòng chảy nhỏ hơn 0,05m/s đạt 37,9%, tăng 8,6% so với Phương án hiện



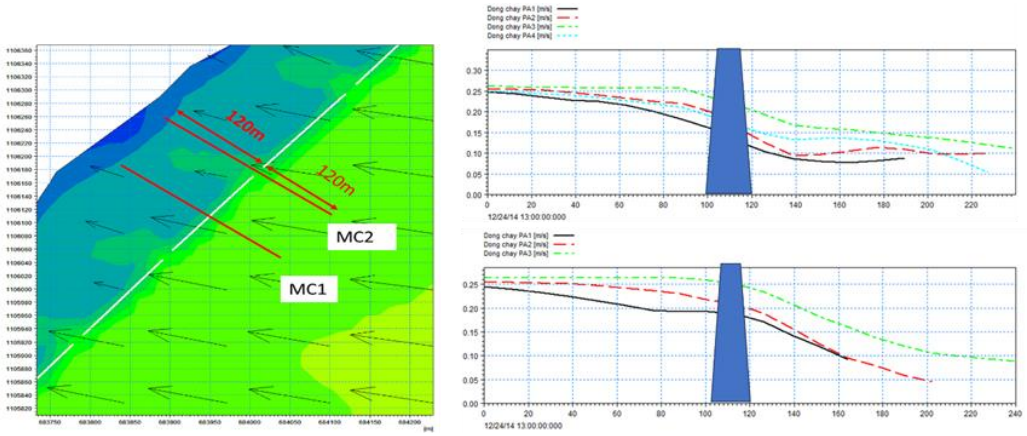
Hình 8. Phân bố trường dòng chảy tại khu vực dự án theo các kịch bản tính toán.

trạng. Như vậy, giải pháp túi Geotube bố trí không gian theo phương án PA1,PA2,PA4 đáp ứng yêu cầu về suy giảm dòng chảy với mức độ lặng của dòng chảy > 50%, tạo điều kiện gây bồi phía sau công trình.

Cho thấy trực quan hiệu quả suy giảm dòng chảy khi đưa các phương án công trình, kết quả được trích từ 2 mặt cắt MC1 (giữa đoạn đê) và mặt cắt MC2 (giữa khoảng hở). Dòng chảy có hướng xiên góc với công trình theo hướng Đông Bắc-Tây Nam và tốc độ khoảng 0,25 m/s, khi đi qua công trình tốc độ dòng chảy chỉ còn khoảng 0,1 m/s (Hình 10).

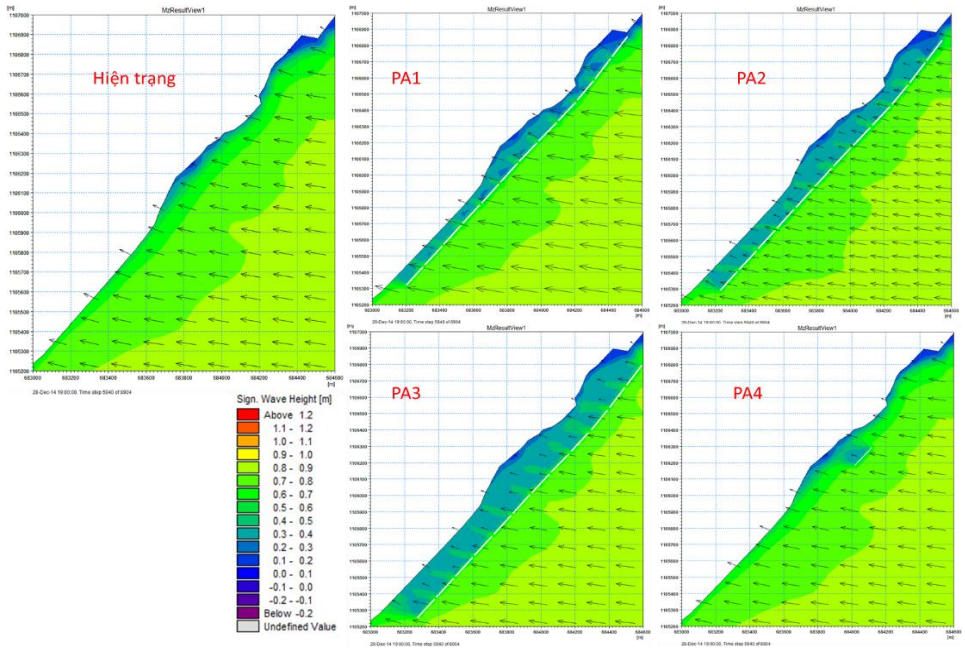


Hình 9. Hoa dòng chảy tại khu vực dự án theo các kịch bản tính toán.



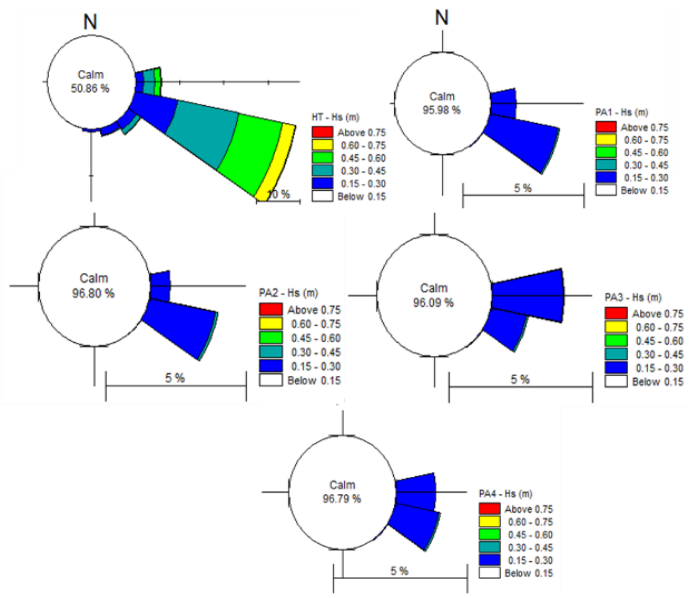
Hình 10. So sánh đường quá trình dòng chảy tổng hợp ven bờ giữa các kịch bản tính toán tại MC1 và MC2.

3.4.2. Kết quả phân tích hiệu quả giảm sóng của công trình

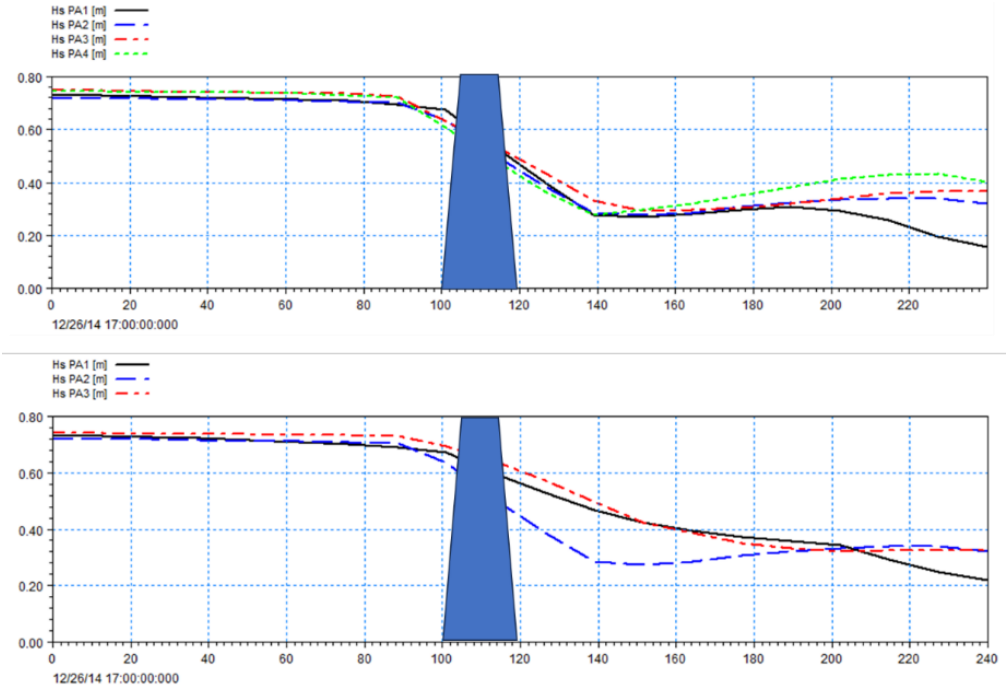


Hình 11. Kết quả tính toán chiều cao sóng theo các kịch bản tính toán.

Để xem xét hiệu quả giảm sóng giữa các kịch bản tuyến công trình như đã trình bày, tiến hành phân tích các kết quả tính toán theo các kịch bản. Hướng sóng gần như vuông góc với bờ ở tất cả các kịch bản. Kết quả hoa sóng vùng ven bờ trích xuất tại điểm P1 (Hình 12) cho thấy các phương án khi bố trí công trình đều cho hiệu quả giảm sóng tốt, tỷ lệ chiều cao sóng nhỏ hơn 0,15 m đều đạt trên 95% so với phương án hiện trạng con số này chỉ đạt 50,86%. Kết quả chiều cao sóng (Hình 10) theo các kịch bản cho thấy, khi đi qua công trình thì tại mặt cắt MC1 (giữa đoạn đê) và MC2 (giữa khoảng hở) đều cho hiệu quả giảm sóng tốt, chiều cao sóng giảm từ 0,8 m trước công trình xuống còn dưới 0,4 m sau công trình (Hình 13). Giá trị chiều cao sóng lớn nhất phía sau công trình đối với từng kịch bản công trình tổng hợp tại Bảng 2 cho thấy việc bố trí tuyến công trình từ 120-150 m đáp ứng yêu việc khôi phục phát triển rừng ngập mặn.



Hình 12. Hoa sóng theo các kịch bản tính toán.



Hình 13. Đường quá trình chiều cao sóng các kịch bản tính toán tại MC1 và MC2.

Bảng 2. Tổng hợp giá trị chiều cao sóng phía sau công trình.

STT	Tên kịch bản	Chiều cao sóng phía bờ (m)	Giá trị cho phép (m)	Kết luận
2	PA1	0,2		Đạt yêu cầu
3	PA2	0,3		Đạt yêu cầu
4	PA3	0,4	< 0,4	Không đạt yêu cầu
5	PA4 (công trình thử nghiệm)	0,38		Đạt yêu cầu

4. Kết luận

Mô hình vùng nghiên cứu chi tiết huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre đã được thiết lập và tính toán với kịch bản hiện trạng và các phương án tuyến công trình. Kết quả tính toán cho thấy khu vực chịu tác động của chế độ thủy động lực biển Đông như chế độ sóng, triều và tác động dòng chảy thượng nguồn. Những tác động này là nguyên chính gây ra xói lở thoái lui đường bờ biển, đặc biệt tác động xói lở do sóng biển trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc, chiều cao sóng khoảng 0,7-1,5 m, tần suất xuất hiện sóng lớn nhiều nhất trong năm, hướng sóng gần như trực diện với bờ là những tác nhân chính gây ra xói lở.

Báo cáo đã nghiên cứu ảnh hưởng của phương án bố trí tuyến công trình giảm sóng bằng ống Geotube bảo vệ chống xói lở bờ biển đối với chế độ thủy động lực học vùng bờ biển này. Kết quả nghiên cứu bằng mô hình toán cho thấy hiệu quả suy giảm dòng chảy của các phương án xây dựng công trình giảm hơn 50% so với kịch bản hiện trạng. Đối với việc suy giảm sóng để đáp ứng yêu cầu trồng rừng (chiều cao sóng sau công trình < 0,4 m) chỉ có phương án bố trí công trình PA1, PA2 và PA4 đảm bảo yêu cầu. Qua nghiên cứu cho kiến nghị tuyến công trình đê giảm sóng bảo vệ cho bờ biển huyện Ba Tri tỉnh Bến Tre nên bố trí cách bờ từ 120-150 m đáp ứng yêu cầu thực tiễn về giảm sóng và suy giảm dòng chảy ven bờ, có khả năng triển khai nhân rộng trong thực tế.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre trong đề tài theo Hợp đồng số 487/HĐ-SKHCN.

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

Tài liệu tham khảo

1. Sơn, V.H.; Thanh, N.T.; Hoàng, T.M. Đánh giá chỉ số dễ bị tổn thương bờ biển tỉnh Bến Tre. Kỷ yếu Hội nghị: Nghiên cứu cơ bản trong "Khoa học Trái đất và Môi trường, Publishing House for Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology (Publications)". **2020**, tr. 412–415. doi: 10.15625/vap.2019.000168.
2. Pham, H.T.H.; Bui, L.T. Mechanism of erosion zone formation based on hydrodynamic factor analysis in the Mekong Delta coast, Vietnam. *Environ. Technol. Innov*. **2023**, *30*. doi: 10.1016/j.eti.2023.103094.
3. Masucci, G.D.; Acierno, A.; Reimer, J.D. Eroding diversity away: Impacts of a tetrapod breakwater on a subtropical coral reef. *Aquat Conserv*. **2020**, *30(2)*, 290–302. doi: 10.1002/aqc.3249.
4. Frihy, O.E.; El Banna, M.M.; El Kolfat, A.I. Environmental impacts of Baltim and Ras El Bar shore-parallel breakwater systems on the Nile delta littoral zone, Egypt. *Environ. Geology* **2004**, *45(3*), 381–390. doi:10.1007/s00254-003-0886-y.
5. Ferrari, M.; Carpi, L.; Pepe, G.; Mucerino, L.; Schiaffino, C.F.; Brignone, M.; Cevasco, A. A geomorphological and hydrodynamic approach for beach safety and sea bathing risk estimation. *Sci. Total Environ*. **2019**, *671*, 1214–1226. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.378.
6. Candelieri, A.; Archetti, F. Identifying typical urban water demand patterns for a reliable short-term forecasting - The ice water project approach. *Procedia Eng.* **2014**, 1004–1012. doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.218.
7. Nugroho, D.; Yovita, I.V.; Sufyan, A.; Mahabror, D.; Rudhy, A. The application of semi-submersible geotextile tubes for coastal protection in Pamekasan, Madura. *IOP*

Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **2021**, *860(1)*, 012100. doi: 10.1088/1755-1315/860/1/012100.

8. Sulaiman, D.M.; Bachtiar, H.; Taufiq, A.; Hermanto. Beach profile changes due to low crested breakwaters at Sigandu beach, Central Java. *Procedia Eng*. **2015**, *116*, 510–519. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.320.
9. Sulaiman, R.B.R.; Mohidin, F.S.M. Establishment of Shoreline Buffer Zone through Rehabilitation of Degraded Coastal Mangroves. *MATEC Web Conf. EDP Sci*. **2018**, *203*, 01019. doi: 10.1051/matecconf/201820301019.
10. Oh, Y.I.; Shin, E.C. Using submerged geotextile tubes in the protection of the E. Korean shore. *Coastal Eng*. **2006**, *53(11)*, 879–895. doi: 10.1016/j.coastaleng.2006.06.005.
11. Saengsupavanich, C.; Ariffin, E.H.; Yun, L.S.; Pereira, D.A. Environmental impact of submerged and emerged breakwaters. *Heliyon* **2022**, *8(12)*, e12626. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12626.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia. TCVN 12261:2018 Công trình thủy lợi - Kết cấu bảo vệ bờ biển.
13. Khang, N.D.; Hùng, L.M.; Thắng, T.Đ. Kiểm nghiệm việc sử dụng mô hình MIKE21 SW-FM mô phỏng chế độ sóng biển Đông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2011**, *3*, 15–21.
14. Khang, N.D.; Hoằng, T.B. Chế độ vận chuyển bùn cát vùng ven biển ngoài các cửa sông Mekong và Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2015**, *25*, 86–99.
15. Hồng, L.X.; An, M.T.; Hòa, H.C. Đặc điểm hiện trạng bồi tụ, xói lở bờ biển và cửa sông từ Vũng Tàu đến Hà Tiên. *Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2004**, *4*, 73–81.
16. Chương, L.T.; Hoằng, T.B. Chế độ thuỷ thạch động lực khu vực cửa sông, ven biển vùng đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2017**, *40*, 10–22.
17. Thai, T.D.; Long, B.H. Study and application of Symphonie model to compute the hydrodynamic processes in the East Sea. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2019**, *19(4A)*, 1–15. doi: 10.15625/1859-3097/19/4a/14610.
18. Hoằng, T.B.; Khang, N.D. Tác động của tuyến đê biển Vũng Tàu-Gò Công lên chế độ thủy động lực các khu vực lân cận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2012**, *12*, 5–17.
19. Khang, N.D.; Hùng, L.M.; Thắng, T.Đ. Kiểm nghiệm việc sử dụng mô hình MIKE21 SW-FM mô phỏng chế độ sóng biển Đông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2011**, *3*, 15–21.
20. Hải, H.Q.; Tuyến, N.N. Xói mòn bờ biển Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu toàn cầu. *Tạp chí phát triển Khoa học & Công nghệ* **2011**, *14*, 17–27.
21. Loc, N.X.; Duc, D.D.; Anh, T.N.; Tung, T.T. Establishing a model for the deep water wave of Vietnam East Sea for calculating detailed hydrodynamics in coastal area. *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci*. **2021**, *37(3)*, 39–49. doi: 10.25073/2588-1094/vnuees.4680.
22. Nhàn, T.T.; Hùng, P.M.; Tuyên, P.T.H. Ứng dụng mô hình toán để nghiên cứu đặc điểm thuỷ động lực và dự báo bồi tụ, xói lở lòng dẫn sông, kênh chính trên địa bàn tỉnh hậu giang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2023**, *76*, 1–7.
23. Hùng, N.T.; Minh, N.Q.; Cương, V.Đ. Nghiên cứu sự biến động theo mùa của chế độ thủy động lực khu vực cửa sông ven biển lưu vực sông Mã. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*. **2016**, *4*, 32–39.
24. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Báo cáo khảo sát thủy hải văn và bùn cát. Đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu biến động của chế độ thủy thạch động lực vùng cửa sông ven biển chịu tác động của Dự án đê biển Vũng Tàu - Gò Công" thực hiện năm 2011 - 2014.

25. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Báo cáo tổng kết đề tài "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 vùng ven biển" thực hiện năm 2020.
26. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Báo cáo tổng kết đề tài "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 tới Sóc Trăng" thực hiện năm 2022.
27. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển đoạn từ Sóc Trăng tới Cà Mau" thực hiện năm, 2022.

Research on the influence of spatial arrangement of breakwaters on the hydrodynamic regime at the coast of Ba Tri district, Ben Tre province

Phuong Chien Tran[1]*, Van Dung Nguyen[1], Dinh Chinh Nguyen[1], Anh Kien Le[1], Van Son Nguyen[1], Hoan Thanh Mai[2], Hong Vu Duong[3], Van Tan Lam[4], Bich Luy Tran[4]

[1] Institute of Tropical Technology and Environmental Protection; phuongchien0604@gmail.com; dunghvktqsk48@gmail.com; 2ndchinh@gmail.com; anhkienle@gmail.com; sonvittep@gmail.com
[2] Southern Institute of Water Resources Research; thanhmh23@wru.vn
[3] People's Committee of Ba Tri District; hongvutnmtbatri@gmail.com
[4] Ben Tre Department of Science and Technology; lvtan.skhcn@bentre.gov.vn; tbluy.skhcn@bentre.gov.vn

Abstract: This article presents research results on the characteristics of the hydrodynamic regime in the Ba Tri coastal area, Ben Tre province and the influence of the spatial arrangement of soft breakwaters on the hydrodynamic regime dynamics on this coast. Analysis method using the MIKE21-FM mathematical model on the basis of data compiled from different reliable sources to calculate hydrodynamic regime including water level, current and monsoon wave for 1 year monsoon period from 2014-2015. Calculation results show that the area is affected by the hydrodynamic regime of the East Sea. The monsoon wave regime in the coastal area of Ba Tri, Ben Tre province has two distinct seasons, the southwest monsoon season from May to mid-October, and the northeast monsoon season from November to April of the following year. During the southwest monsoon season, the wave height during this period along the West Coast is about 0.3-0.6 m, while in the northeast monsoon, the wave height is about 0.7-1.5 m. The frequency of high waves occurring mainly during the Northeast monsoon period, the wave direction is almost direct or oblique to the shoreline, creating coastal currents that cause erosion on the North shore of the Ba Tri district coastline. This article has studied the effects of the spatial arrangement of soft breakwater on the hydrodynamic regime of the beach to select the optimal spatial arrangement. The results show that the construction route is located 120-150 m from the coast to effectively reduce waves and currents, meeting the technical requirements for the project's function of reducing waves and causing sedimentation.

Keywords: Mike 21; Breakwaters; Geotube; Coastal erosion; Ba Tri, Ben Tre.