

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

Tập 12

KỶ NIỆM 60 NĂM THÀNH LẬP
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN
(15/5/1965 – 15/5/2025)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Tập 12

ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN
KỶ NIỆM 60 NĂM THÀNH LẬP VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN (15/5/1965 – 15/5/2025)

NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

ISBN: 978-604-357-374-9



SÁCH KHÔNG BÁN

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN**

ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

TẬP 12

**KỶ NIỆM 60 NĂM THÀNH LẬP
VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN
(15/5/1965 - 15/5/2025)**



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
HÀ NỘI - 2025**

BAN BIÊN TẬP

Trịnh Hải Sơn (Trưởng ban)

Trịnh Xuân Hoà, Quách Đức Tín, Hoàng Cao Phương

Nguyễn Đại Trung (Thư ký)

MINISTRY OF AGRICULTURE AND ENVIRONMENT
VIETNAM INSTITUTE OF GEOSCIENCES AND MINERAL RESOURCES

GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES

VOLUME 12

**60TH ANNIVERSARY OF
VIETNAM INSTITUTE OF GEOSCIENCES AND MINERAL RESOURCES
(1965 - 2025)**



**PUBLISHING HOUSE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY
HANOI - 2025**

MỤC LỤC

- [1] MỘT SỐ THÀNH TỰU KHOA HỌC, ĐÀO TẠO VÀ HỢP TÁC QUỐC TẾ CỦA VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN..... 9

Trịnh Hải Sơn

- [2] THẠCH LUẬN GRANITOID TUỔI PERMI - TRIAS KHU VỰC BẮC ĐAI TẠO NÚI TRƯỜNG SƠN, VIỆT NAM: DỮ LIỆU TỪ KHỐI KIM CƯƠNG, TƯƠNG DƯƠNG 21

PERMIAN - TRIASISIC GRANITOID PETROGENESIS OF THE NORTH TRUONG SON BELT, VIETNAM: DATA FROM KIM CUONG, TUONG DUONG BLOCKS

Trịnh Hải Sơn, Nguyễn Văn Đạt, Bùi Thế Anh, Vũ Thị Thảo Linh, Nguyễn Thị Hoàng Linh, Nguyễn Viết Hiên

- [3] ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA CHÌ - KẼM BẢN KẸP, BẮC MÊ, HÀ GIANG... 50

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF PB-ZN ORES IN THE BAN KEP AREA, BAC ME DISTRICT, HA GIANG PROVINCE

Tạ Đình Tùng, Nguyễn Tiến Quang, Đỗ Quốc Bình, Nguyễn Văn Tình

- [4] TIỀM NĂNG SINH KHOÁNG NỘI SINH TRÊN CƠ SỞ NGHIÊN CỨU THẠCH HOÁ CÁC ĐÁ GRANITOID KHỐI KIM CƯƠNG KHU VỰC BẮC TRUNG BỘ, VIỆT NAM..... 63

ENDOGENOUS METALLOGENY POTENTIAL BASED ON STUDIES OF PETROCHEMISTRY GRANITOIDS ROCKS KIM CUONG BLOCK IN THE NORTH CENTRAL REGION, VIETNAM

Nguyễn Văn Đạt, Trịnh Hải Sơn, Lưu Văn Thắng, Đặng Thanh Loan, Ứng Thị Dung, Phạm Thị Sắc

- [5] ĐẶC ĐIỂM CỦA RUBY, SAPHIR TRONG ĐÁ GỐC VÀ SA KHOÁNG KHU VỰC TRÚC LẬU - YÊN BÁI (ĐỐI SÔNG HỒNG) 78

CHARACTERISTICS OF RUBY AND SAPPHIRE IN PRIMARY HOST ROCKS AND PLACER FORMATIONS IN TRUC LAU AREA, YEN BAI PROVINCE (RED RIVER ZONE)

Nguyễn Văn Nam, Nguyễn Thị Huyền, Trần Văn Trọng

- [6] TIỀM NĂNG NĂNG LƯỢNG NGUỒN ĐỊA NHIỆT TRIỂN VỌNG TU BÔNG..... 92
ENERGY POTENTIAL OF TU BONG GEOTHERMAL PROSPECT
Trần Trọng Thắng
- [7] ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO VÀ TIỀM NĂNG DI SẢN ĐỊA MẠO QUẦN THỂ DI TÍCH VÀ DANH THẮNG YÊN TỬ 102
GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND
GEOMORPHOLOGICAL HERITAGE POTENTIAL OF YEN TU
RELICS AND LANDSCAPES
*Nguyễn Xuân Nam, Trần Tân Văn, Đoàn Thị Ngọc Huyền, Đoàn Thế Anh,
Đỗ Văn Thắng, Nguyễn Đình Tuấn, Lê Anh Phương, Nguyễn Thị Lan,
Trần Ngọc Yến, Cao Thị Hường, Hoàng Xuân Đức, Phạm Thị Thúy*
- [8] ĐIỀU TRA, ĐÁNH GIÁ VÀ PHÂN VÙNG CẢNH BÁO NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT ĐÁ CÁC VÙNG MIỀN NÚI VIỆT NAM: ĐÁNH GIÁ CÁC SẢN PHẨM CHÍNH ĐÃ ĐẠT ĐƯỢC VÀ TÁC ĐỘNG THỰC TIỄN CỦA CHÚNG 133
PROJECT INVESTIGATION, ASSESSMENT AND WARNING ZONATION FOR LANDSLIDES IN THE MOUNTAINOUS REGIONS OF VIETNAM: COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF PRODUCTS AND PRACTICAL IMPACT
*Nguyễn Quốc Khánh, Trịnh Xuân Hòa, Phạm Văn Sơn, Nguyễn Thị Hải Vân,
Nguyễn Thị Huyền, Trần Văn Trọng, Nguyễn Huy Dương*
- [9] NGUYÊN NHÂN VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC SỤT LÚN TẠI KHU VỰC BẢN NONG SƠN VÀ LÂN CẬN, HUYỆN MAI SƠN, TỈNH SƠN LA 151
CAUSES AND PROPOSED SOLUTIONS TO LAND SUBSIDENCE IN NONG SON VILLAGE AND SURROUNDING AREA, MAI SON DISTRICT, SON LA PROVINCE
*Nguyễn Văn Tuấn, Trần Điệp Anh, Nguyễn Văn Đông, Vũ Văn Tuyền,
Nguyễn Thị Hiền An, Lê Chí Phúc, Trịnh Thị Thúy, Nguyễn Ngọc Trâm,
Đỗ Trọng Quốc*

- [10]PHÂN TÍCH ẢNH VIỄN THĂM PHỤC VỤ CÔNG TÁC ĐÁNH GIÁ XÓI LỖ, BỒI TỤ BỜ SÔNG KỶ LỘ, TỈNH PHÚ YÊN..... 170

ANALYSIS OF REMOTE SENSING IMAGERY FOR THE ASSESSMENT OF RIVERBANK EROSION AND ACCRETION ALONG THE KY LO RIVER IN PHU YEN PROVINCE

Trần Hồng Hạnh, Nguyễn Thành Long, Nguyễn Văn Hoàng, Nguyễn Thị Lợi, Đinh Văn Huy, Phạm Chế Linh, Nguyễn Thị Thanh Thảo

- [11]ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ CÁC KIM LOẠI NẶNG TRONG ĐẤT VÙNG SƠN ĐỘNG - BA CHẾ..... 184

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL IN THE SON DONG - BA CHE AREA

Bùi Hữu Việt, Nguyễn Văn Niệm, Đỗ Đức Nguyên, Phạm Hùng Thanh, Mai Trọng Tú, Nguyễn Khắc Giảng

- [12]KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU BƯỚC ĐẦU VỀ ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG HÓA LÝ CỦA NƯỚC MẶT KHU VỰC PHÍA TÂY NINH BÌNH PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP VÀ DU LỊCH CẢNH QUAN..... 196

PRELIMINARY RESEARCH RESULTS ON PHYSICAL AND CHEMICAL ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF SURFACE WATER IN THE WESTERN AREA OF NINH BINH FOR THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE AND LANDSCAPE TOURISM

Đặng Thị Vinh

- [13]NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC CÁT ĐẾN ĐỘNG LỰC SÓNG VÀ ĐỊA HÌNH BIỂN SÓC TRĂNG..... 212

ASSESSING THE IMPACT OF SAND MINING ON WAVE DYNAMICS AND SEABED TOPOGRAPHY IN SOC TRANG

Trần Ngọc Diễn, Trần Anh Quân

- [14]ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN THỦY ĐỘNG LỰC VÀ BỒI XÓI KHI KHAI THÁC KHOÁNG SẢN MỎ CÁT CẨM NGỌC, XÃ CẨM THỦY, THANH HÓA 229

ASSESSMENT OF HYDRODYNAMIC EVOLUTION AND EROSION-DEPOSITION DUE TO MINERAL EXTRACTION AT CAM NGOC SAND MINE, CAM THUY COMMUNE, THANH HOA

Trần Anh Quân, Vũ Cúc Phương

- [15]ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN NGÀNH ĐỊA CHẤT ĐẾN NĂM 2045
TRONG BỐI CẢNH CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP LẦN THỨ TƯ GẮN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG 259

ORIENTATION FOR THE DEVELOPMENT OF THE GEOLOGY
SECTOR TO 2045 IN THE CONTEXT OF THE FOURTH INDUSTRIAL
REVOLUTION ASSOCIATED WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*Nguyễn Đại Trung, Đoàn Thế Hùng, Nguyễn Bá Minh, Mai Trọng Tú,
Trịnh Xuân Hòa, Trần Tân Văn*

NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC CÁT ĐẾN ĐỘNG LỰC SÓNG VÀ ĐỊA HÌNH BIỂN SÓC TRĂNG

Trần Ngọc Diễn¹, Trần Anh Quân²

¹Liên đoàn Địa chất và Khoáng sản biển

²Trường Đại học Mở - Địa chất

Tóm tắt: Nghiên cứu này sử dụng mô hình MIKE để đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát tại khu vực b1 ở vùng biển Sóc Trăng. Phạm vi nghiên cứu bao gồm một khu vực rộng 180 km từ bờ biển đến ngoài khơi Côn Đảo, với chiều rộng 130 km. Mô hình MIKE được xây dựng với lưới tính cấu trúc cho khu vực khai thác chính và lưới phi cấu trúc cho vùng ngoại vi, đạt độ phân giải $100\text{ m} \times 100\text{ m}$. Dựa trên dữ liệu địa hình năm 2023 cùng với số liệu đo đạc từ năm 2009, nghiên cứu đánh giá sự thay đổi địa hình khu vực b1, ghi nhận mức bồi đắp trung bình là 1,6 m trong giai đoạn 2009-2023, với mức bồi cao nhất là +5,1 m và xói sâu nhất là -1,9 m. Các kịch bản khai thác cát bao gồm công suất $30.000\text{ m}^3/\text{ngày}$ và $100.000\text{ m}^3/\text{ngày}$ trong thời gian 10 ngày, được phân tích trong hai điều kiện gió chính: Đông Bắc và Tây Nam. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi khai thác ở độ sâu 3 m, độ cao sóng tại khu vực b1 tăng lần lượt 22%, 23% và 26% trong các điều kiện gió Đông Bắc, Tây Nam và khi sóng đạt mức cực trị. Dưới ảnh hưởng gió Đông Bắc, các đầm bùn cát lơ lửng mở rộng khoảng $17\text{ km} \times 12\text{ km}$, trong khi dưới tác động gió Tây Nam, phạm vi lan rộng lên tới $20\text{ km} \times 15\text{ km}$. Nồng độ chất rắn lơ lửng (TSS) đạt $\geq 50\text{ mg/L}$ trong khu vực khai thác nhưng vẫn duy trì dưới ngưỡng quy định theo QCVN 10:2023/BTNMT tại các vùng ven bờ. Nghiên cứu đề xuất cần có hoạt động giám sát và đánh giá thường xuyên tác động của khai thác cát đối với các khu vực sinh thái nhạy cảm, đặc biệt là các vùng cửa sông Trần Đề và Định An, nhằm đảm bảo việc tuân thủ các quy định môi trường quốc gia.

Từ khóa: Khai thác cát, Sóc Trăng, MIKE, mô hình hoá, tác động môi trường.

1. Giới thiệu

Cát là một trong những nguồn tài nguyên thiết yếu đối với sự phát triển kinh tế - xã hội của mọi quốc gia, đặc biệt trong lĩnh vực xây dựng cơ sở hạ tầng, phát triển đô thị và các công trình công nghiệp (Koehnken và nnk., 2020). Theo báo cáo của Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP), nhu cầu cát toàn cầu đã tăng gấp ba lần trong hai thập kỷ qua và dự kiến sẽ tiếp tục tăng mạnh trong những năm tới. Tại Việt Nam, với tốc độ đô thị hóa nhanh và đầu tư mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng, nhu cầu về cát xây dựng đang tăng lên đáng kể, trong khi nguồn cát sông truyền thống đang dần cạn kiệt và gây ra nhiều hệ lụy về môi trường (Maphanga, 2023).

Trong bối cảnh đó, khai thác cát biển đang trở thành một giải pháp thay thế quan trọng để đáp ứng nhu cầu vật liệu xây dựng ngày càng tăng. Tuy nhiên, hoạt

động khai thác cát biển tiềm ẩn nhiều rủi ro và tác động tiêu cực đến môi trường biển nếu không được nghiên cứu, đánh giá và quản lý một cách khoa học (Han và nnk., 2023). Các nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng khai thác cát biển có thể làm thay đổi địa hình đáy biển, ảnh hưởng đến chế độ thủy động lực, gây xáo trộn hệ sinh thái và có thể góp phần làm tăng nguy cơ xói lở bờ biển. Điển hình như nghiên cứu của Gruel & Latrubesse (2021) tại Myanmar đã chứng minh việc khai thác cát ngoài khơi có thể làm thay đổi đáng kể chế độ sóng và dòng chảy ven bờ, trong khi nghiên cứu của Jordan và nnk. (2019) tại trên sông Mê Kông đã phát hiện mối liên hệ giữa hoạt động khai thác cát và sự suy giảm đa dạng sinh học tại các vùng biển ven bờ.

Tại Việt Nam, mặc dù đã có một số nghiên cứu về tác động của khai thác cát biển như công trình của Filho và nnk. (2021) về đánh giá biến động địa hình vùng ven biển miền Trung, hay nghiên cứu của Anh và Schneider (2020) về ảnh hưởng của khai thác cát đến hệ sinh thái rạn san hô, nhưng các nghiên cứu này còn khá rời rạc và chưa đề cập đầy đủ đến các khía cạnh về thủy động lực học và lan truyền trầm tích. Đặc biệt, tại vùng biển Sóc Trăng - nơi có điều kiện thủy động lực phức tạp do sự tương tác giữa dòng chảy Sông Hậu và chế độ thủy triều Biển Đông, việc nghiên cứu toàn diện về tác động của hoạt động khai thác cát là hết sức cần thiết.

Xuất phát từ những lý do trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xây dựng một mô hình số chi tiết để mô phỏng và đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát tại vùng biển Sóc Trăng. Nghiên cứu tập trung vào khu vực b1 - một vị trí đặc trưng có diện tích 32 km² nằm gần cửa Sông Hậu, nơi dự kiến triển khai hoạt động khai thác cát với quy mô lớn (Zhao và nnk., 2015). Bằng cách sử dụng các công cụ mô hình hóa tiên tiến kết hợp với dữ liệu thực đo, nghiên cứu hướng đến việc dự báo và đánh giá định lượng các tác động về thủy động lực, sự lan truyền bùn cát lơ lửng và những thay đổi môi trường tiềm tàng (Firaz & Isfanari, 2023).

Kết quả của nghiên cứu này không chỉ có ý nghĩa khoa học trong việc nâng cao hiểu biết về cơ chế tác động của hoạt động khai thác cát biển, mà còn có giá trị thực tiễn quan trọng trong việc đề xuất các giải pháp khai thác bền vững, góp phần vào quá trình ra quyết định về cấp phép và quản lý hoạt động khai thác cát tại vùng biển Sóc Trăng nói riêng và các vùng biển ven bờ Việt Nam nói chung (Hartati và nnk., 2023). Đồng thời, kết quả nghiên cứu cũng sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc xây dựng các quy định và hướng dẫn kỹ thuật về khai thác cát biển, đảm bảo hài hòa giữa mục tiêu phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường biển (Li và nnk., 2017; Misha và nnk., 2022).

Nghiên cứu đặc biệt có tính cấp thiết trong bối cảnh hiện nay, khi mà nhu cầu khai thác cát biển đang tăng cao nhưng các công cụ đánh giá tác động còn hạn chế. Việc thiết lập được một mô hình số có độ tin cậy cao, có khả năng mô phỏng và dự

báo các tác động môi trường sẽ giúp các nhà quản lý và doanh nghiệp có thêm công cụ hữu hiệu trong việc lập kế hoạch và triển khai hoạt động khai thác cát một cách khoa học và bền vững (Shaji, 2021; Langefeld & Binder, 2017).

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm toàn bộ vùng biển Sóc Trăng và vùng biển lân cận, với phạm vi không gian rộng lớn trải dài khoảng 180 km theo phương dọc bờ biển và khoảng 130 km từ bờ ra phía ngoài biển, bao trùm cả khu vực Côn Đảo. Đây là khu vực có đặc điểm địa hình và thủy động lực phức tạp, chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của chế độ gió mùa Đông Bắc và Tây Nam, cũng như tương tác giữa dòng chảy Sông Hậu và chế độ thủy triều Biển Đông. Trong phạm vi nghiên cứu, khu vực b1 được chọn làm địa điểm tập trung đánh giá với diện tích 32 km². Qua phân tích số liệu địa hình cho thấy độ sâu tại khu vực này có sự biến đổi đáng kể trong giai đoạn 2009-2023. Cụ thể, năm 2009 độ sâu dao động từ -13,4 m đến -3,1 m với độ sâu trung bình là -5,5 m, trong khi đến năm 2023 độ sâu thay đổi từ -10,4 m đến -0,83 m với độ sâu trung bình là -3,89 m. Sự biến động này cho thấy xu hướng bồi tụ với mức độ bồi lắng trung bình khoảng +1,6 m trong giai đoạn 14 năm.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

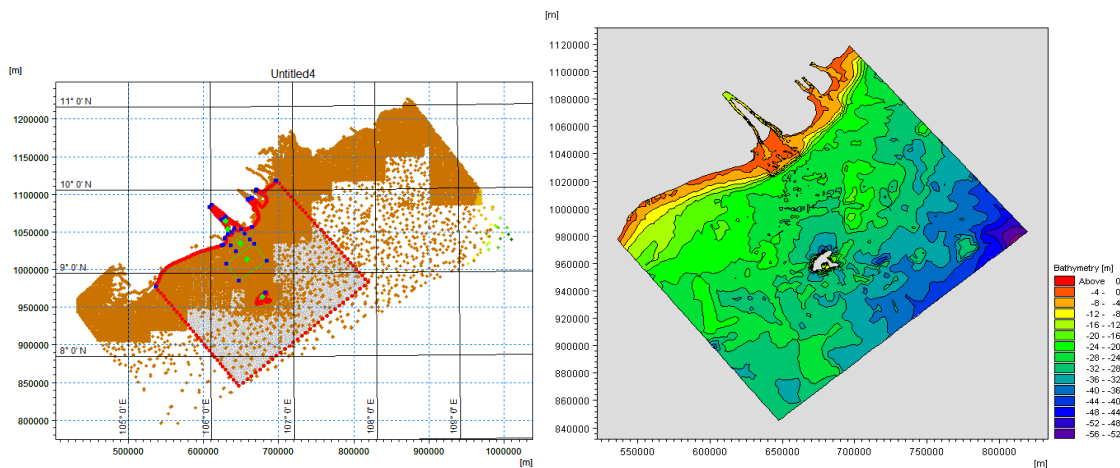
Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên một tập hợp đa dạng và toàn diện các nguồn dữ liệu, bao gồm ba nhóm dữ liệu chính: địa hình, khí tượng thủy văn và đặc điểm trầm tích. Về dữ liệu địa hình, nghiên cứu tổng hợp từ nhiều nguồn khác nhau để xây dựng bộ cơ sở dữ liệu đáy biển chi tiết và đáng tin cậy. Nguồn dữ liệu đầu tiên được thu thập từ các dự án và đề tài nghiên cứu trước đây đã thực hiện tại khu vực. Bộ số liệu thứ hai là dữ liệu đo đạc của Đoàn 6 Hải quân được thực hiện vào năm 2009, cung cấp thông tin nền quan trọng về địa hình đáy biển trong quá khứ. Nguồn dữ liệu thứ ba và mới nhất là kết quả khảo sát thực địa được tiến hành vào năm 2023, cho phép đánh giá những thay đổi địa hình trong khoảng thời gian 14 năm. Để đảm bảo tính chính xác và khả năng so sánh giữa các bộ số liệu, tất cả dữ liệu địa hình đã được xử lý và chuyển đổi về cùng một hệ tọa độ và cao độ thống nhất.

Về dữ liệu khí tượng thủy văn, nghiên cứu tập trung vào hai yếu tố chính là chế độ gió mùa và đặc trưng sóng. Đối với chế độ gió, dữ liệu được thu thập cho cả gió mùa Đông Bắc và Tây Nam, bao gồm các thông số về hướng gió, tốc độ gió và thời gian hoạt động của từng loại gió mùa. Về đặc trưng sóng, nghiên cứu thu thập số liệu theo mùa với ba thông số quan trọng là độ cao sóng, chu kỳ sóng và hướng sóng. Đặc biệt, để phục vụ cho việc đánh giá các điều kiện cực đoan, nghiên cứu cũng thu thập dữ liệu về sóng cực trị với tần suất 5%, tương ứng với cấp đê biển trong khu vực. Các số liệu này có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá tác động

của điều kiện thủy động lực đến quá trình vận chuyển trầm tích và biến đổi địa hình đáy biển.

Về đặc điểm trầm tích, nghiên cứu tập trung vào phân tích các thông số vật lý của vật liệu đáy biển. Kích thước hạt trung bình (D50) được xác định là 0,063 mm, thuộc loại bùn cát mịn, đặc trưng cho vùng biển ven bờ châu thổ. Ngoài ra, nghiên cứu cũng thu thập các thông số liên quan đến quá trình vận chuyển bùn cát như tốc độ lắng đọng, khả năng tái lơ lửng và ngưỡng vận chuyển của trầm tích. Những thông số này đóng vai trò quan trọng trong việc mô phỏng và dự báo sự lan truyền của bùn cát trong quá trình khai thác.

Toàn bộ dữ liệu thu thập được đã trải qua quá trình kiểm tra chất lượng nghiêm ngặt và được chuẩn hóa để đảm bảo tính nhất quán và độ tin cậy cao khi đưa vào mô hình số. Việc sử dụng đa dạng nguồn dữ liệu và có sự so sánh đối chiếu giữa các nguồn khác nhau giúp tăng cường độ chính xác và độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu.



Hình 1. Địa hình khu vực nghiên cứu được thiết lập trên miền tính

2.3. Mô hình MIKE

Trong báo cáo này, sử dụng mô đun liên hợp, 4 mô đun dòng chảy (Mike 21 HD), vận chuyển trầm tích (Mike 21 ST), lan truyền bùn cát lơ lửng (MIKE 21 MT). Các mô đun này đều sử dụng lưới phi cấu trúc (phần tử hữu hạn không đều) phù hợp tốt với các dạng đường bờ và địa hình phức tạp. Việc liên kết động các mô đun cho phép tính toán sự tác động qua lại, lẫn nhau giữa các quá trình như, tương tác trầm tích và dòng chảy, ảnh hưởng của các quá trình đến địa hình và đường bờ và ngược lại.

Mô đun dòng chảy được giải bằng phương pháp lưới phần tử hữu hạn. Mô đun này dựa trên nghiệm số của hệ các phương trình Navier-Stokes trung bình Reynolds cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều kết hợp với giải thiết

Boussinesq và giả thiết áp suất thủy tĩnh. Do đó, mô đun bao gồm các phương trình: phương trình liên tục, động lượng, nhiệt độ, độ muối và mật độ, chúng được khép kín bởi sơ đồ khép kín rồi. Với trường hợp ba chiều thì sử dụng xấp xỉ chuyển đổi hệ tọa độ sigma. Việc rời rạc hóa không gian của các phương trình cơ bản được thực hiện bằng việc sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn trung tâm. Miền không gian được rời rạc hóa bằng việc chia nhỏ miền liên tục thành các ô lưới/ phần tử không trùng nhau. Theo phương ngang thì lưới phi cấu trúc được sử dụng cong theo phương thẳng đứng trong trường hợp 3 chiều thì sử dụng lưới có cấu trúc. Trong trường hợp hai chiều các phần tử có thể là phần tử tam giác hoặc tứ giác.

Bảng 1. Tổng hợp các kịch bản mô phỏng động lực

TT	Các thông số	Kịch bản hiện trạng	Kịch bản khai thác cát
1	Thời kỳ mùa gió Đông Bắc		
	Độ cao sóng (m)	2,69	2,69
	Chu kỳ sóng (s)	6,3	6,3
	Hướng sóng	45	45
	Vận tốc gió	7	7
	Hướng gió	45	45
2	Thời kỳ mùa gió Tây Nam		
	Độ cao sóng (m)	1,45	1,45
	Chu kỳ sóng (s)	4,6	4,6
	Hướng sóng	180	180
	Vận tốc gió	6,7	6,7
	Hướng gió	180	180
3	Sóng cực trị 5% (tương ứng cấp đê của khu vực)		
	Độ cao sóng (m)	5,59	5,59
	Chu kỳ sóng (s)	8,7	8,7
	Hướng sóng	135	135

Bảng 2. Kịch bản khai thác cát

TT	Các thông số	Giá trị
1	Phạm vi khai thác cát tại khu vực b1	32 km ²
2	Độ sâu khai thác cát	-3 m
3	Hiệu quả khai thác cát	50%
4	Công suất khai thác cát	30.000 m ³ /ngày và 100.000 m ³ /ngày
5	Tổng thời gian khai thác theo giai đoạn	10 ngày
6	Đường kính trung bình D50	0,063 mm

3. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình

Kết quả hiệu chỉnh mô hình sử dụng dữ liệu thực đo năm 2009 bao gồm dữ liệu mực nước và dòng chảy. Thời gian hiệu chỉnh trong 10 ngày năm 2009. Kết quả hiệu chỉnh được thể hiện qua các sơ đồ bên dưới.

Dự án đã thực hiện hiệu chỉnh mô hình chi tiết dựa trên số liệu đo đạc trong giai đoạn nhận chìm, từ ngày 01/10/2023 đến ngày 07/11/2023. Đồng thời, nghiên cứu cũng tiến hành kiểm chứng nồng độ bùn cát lơ lửng (TSS) tại khu vực khai thác. Các mẫu giám sát được thu thập tại vị trí nằm trong khu vực dự án, cách xa vùng ven biển, nhằm làm rõ mức độ lan truyền bùn cát trong khu vực khi không chịu ảnh hưởng trực tiếp từ các hoạt động của dự án.

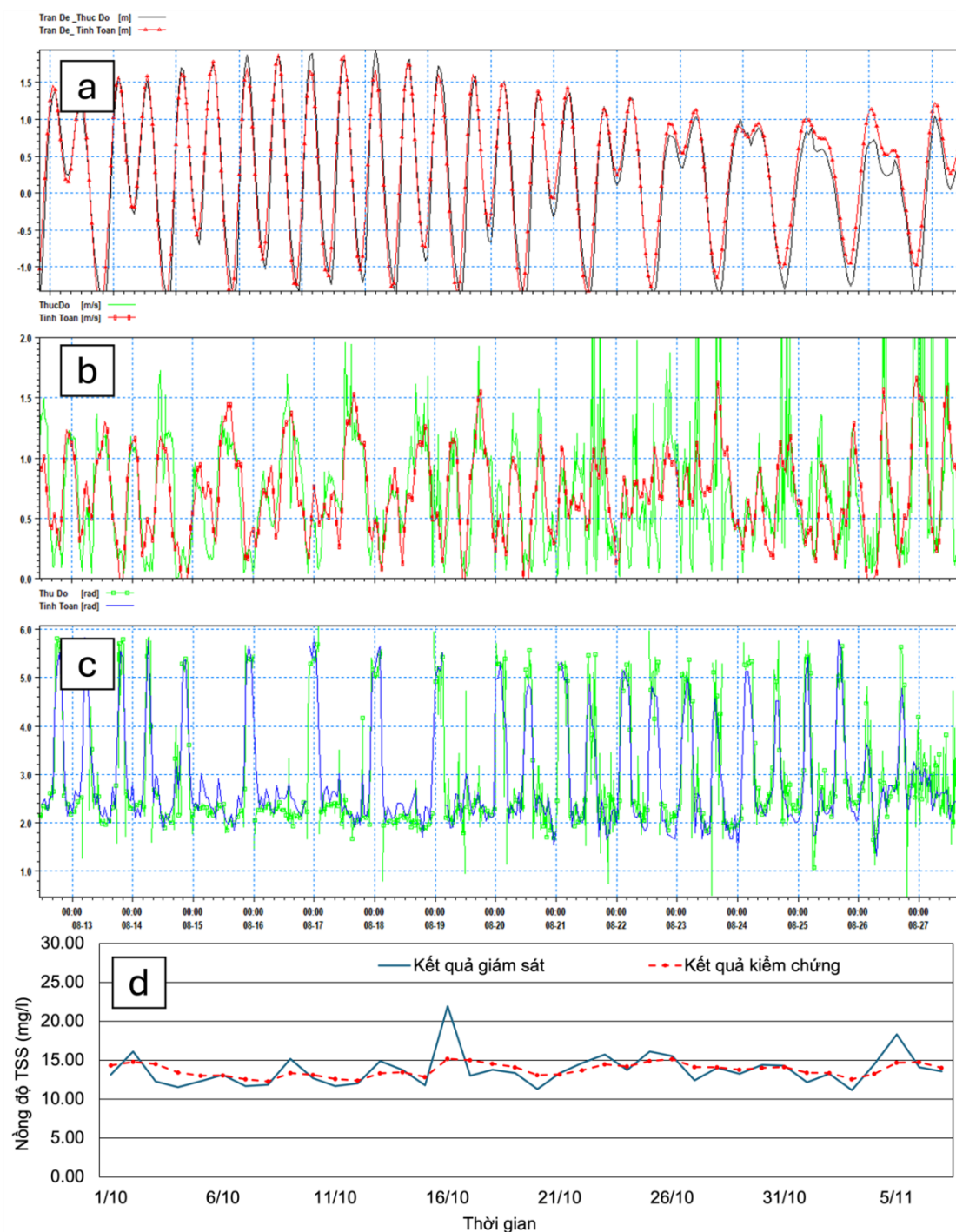
Để đánh giá độ chính xác của mô phỏng, chỉ số Nash-Sutcliffe được sử dụng. Kết quả kiểm định cho các yếu tố như mực nước, vận tốc dòng chảy và hướng dòng chảy lần lượt đạt chỉ số Nash là 0,9; 0,79 và 0,82 (Hình 2). Đối với lan truyền bùn cát, chỉ số Nash đạt 0,68, thấp hơn so với các yếu tố động lực dòng chảy. Tuy nhiên, với mức độ tương quan này, mô hình được đánh giá là có độ chính xác tốt.

Sau giai đoạn hiệu chỉnh, mô hình tiếp tục được kiểm định độc lập cho hai giai đoạn từ 01/01/2023 đến 26/3/2023 đối với động lực dòng chảy và từ 16/9/2023 đến 01/10/2023 đối với lan truyền TSS. Kết quả kiểm định được thể hiện ở hình 3, trong đó chỉ số Nash dao động từ 0,71 (hướng dòng chảy) đến 0,88 (mực nước). Đối với lan truyền TSS, chỉ số Nash đạt 0,67, tương đối sát với kết quả hiệu chỉnh trước đó.

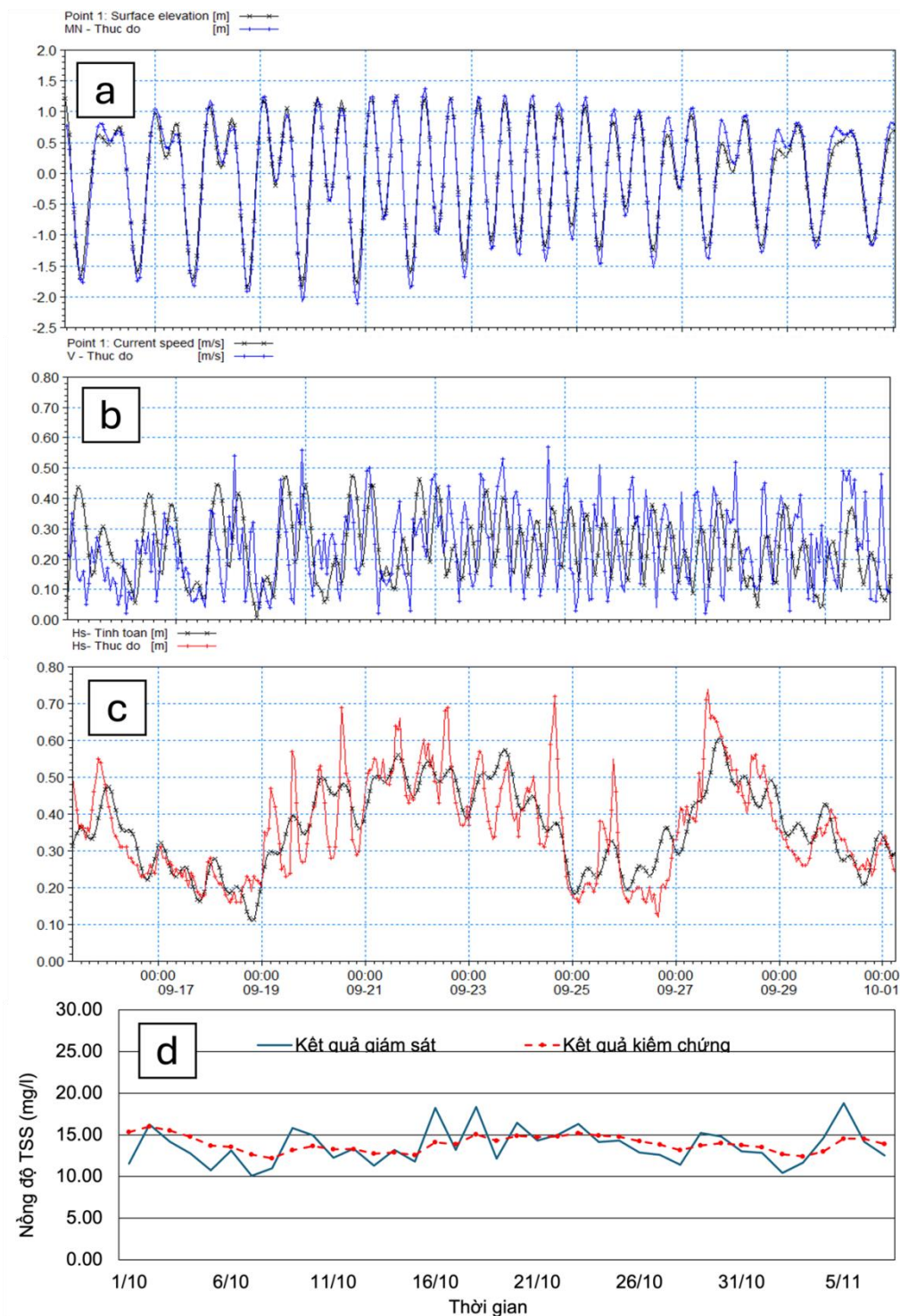
Nhìn chung, kết quả kiểm định cho thấy mô hình MIKE đã được thiết lập đạt độ ổn định cao và đủ chính xác để ứng dụng trong nghiên cứu các kịch bản về biến động dòng chảy và động lực khu vực. Chi tiết bộ thông số mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Bộ thông số mô hình sau khi kiểm định và hiệu chỉnh

Hệ số	Giá trị	Đơn vị
Hệ số ma sát gió Wind friction (Zch)	0,001555	Phi thứ nguyên
Hệ số nhớt rối (Eddy viscosity)	0,002	(m ² /s)
Hệ số hội tụ (CFL)	0,8	Phi thứ nguyên
Hệ số sóng vỡ (γ)	0,8	Phi thứ nguyên
Hệ số tỷ lệ của khuếch tán ngang	1,0	Phi thứ nguyên
Góc nội ma sát của trầm tích (ϕ)	30	(độ °)
Hệ số ma sát đáy (Roughness height)	0,10	Phi thứ nguyên



Hình 2. Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại khu vực dự án cho
(a) Mực nước, (b) Vận tốc dòng chảy, (c) Hướng dòng chảy và (d) Nồng độ TSS



Hình 3. Kết quả kiểm định mô hình tại khu vực dự án cho
(a) Mức nước, (b) Vận tốc dòng chảy, (c) Hướng dòng chảy và (d) Nồng độ TSS

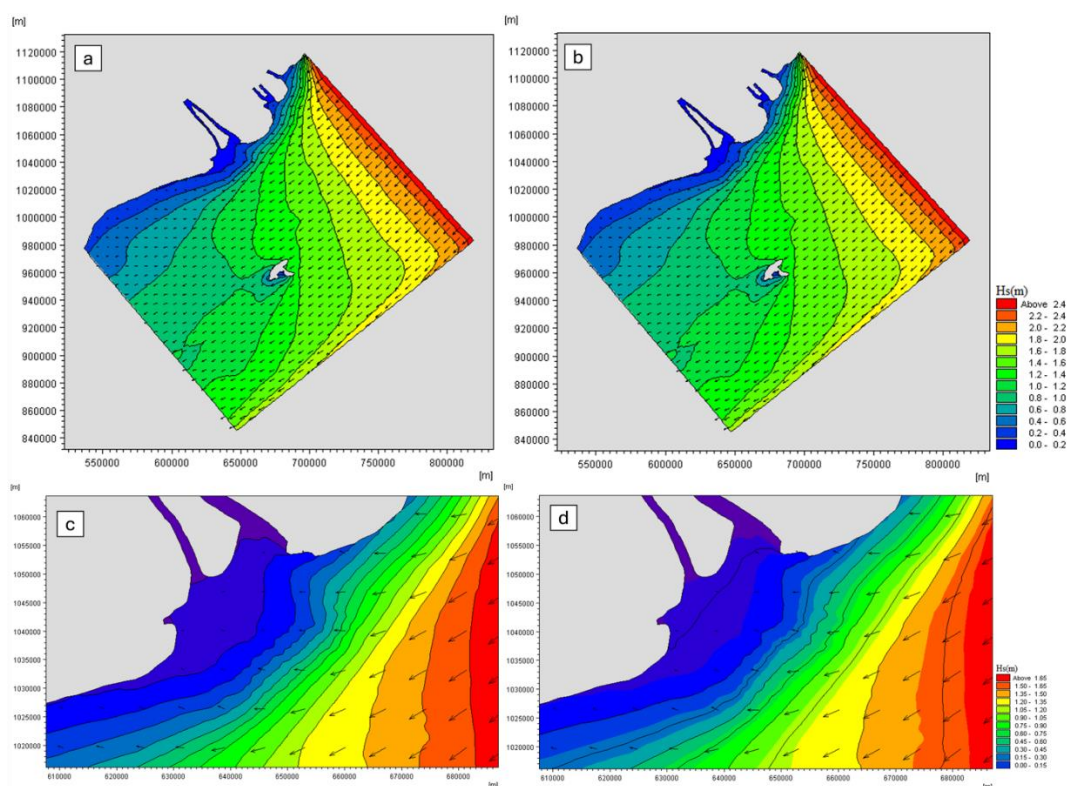
Căn cứ vào kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy bộ thông số mô hình nêu trên có thể được áp dụng cho mô hình tính toán mô phỏng quá trình lan truyền bùn cát trong quá trình thực hiện dự án.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Đánh giá ảnh hưởng đến sự biến đổi trường sóng

a. Kích bản mùa gió Đông Bắc

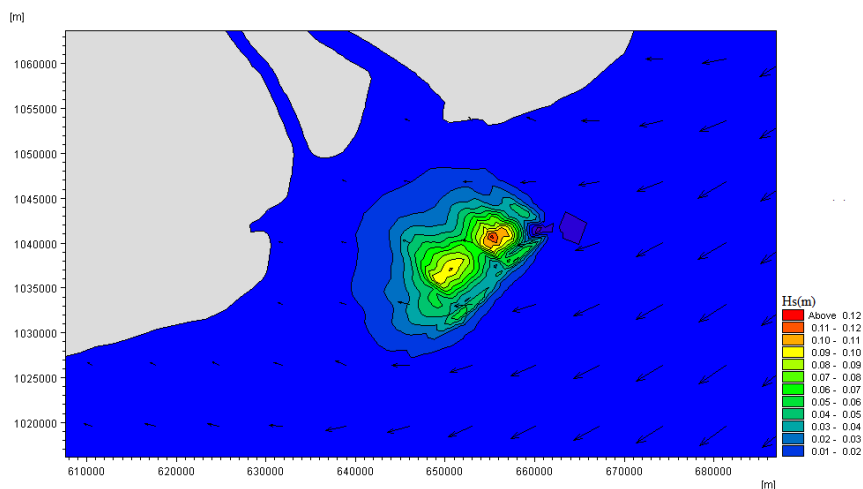
Trên cơ sở đặc trưng sóng thời kỳ mùa gió Đông Bắc tại khu vực tiến hành tính toán mô hình cho 2 phương án là hiện trạng và sau khi khai thác 3 m cát tại khu vực b1. Kết quả tính toán trường sóng cho 2 phương án được thể hiện tại hình 4.



Hình 4. Kết quả mô phỏng trường sóng kích bản gió mùa Đông Bắc phương án hiện trạng (a, c) và phương án khai thác 3 m (b, d) cho khu vực b1 và cho toàn miền tính

Mô phỏng trường sóng trong điều kiện mùa gió Đông Bắc cho thấy cao trình sóng có xu hướng tăng khi khai thác cát dẫn đến hạ thấp nền đáy, tuy nhiên mức độ thay đổi không đáng kể. Trong khu vực nghiên cứu, cao trình sóng đạt tối đa trên 2,4 m ở vùng Đông Bắc đầu hướng gió và giảm dần về phía Tây Nam. Khu vực ven bờ chịu ảnh hưởng mạnh từ cao trình nền đáy nên cao độ sóng giảm nhanh, trong khi các khu vực xa bờ với độ sâu đáy lớn có mức giảm chậm hơn. Gần khu vực dự án,

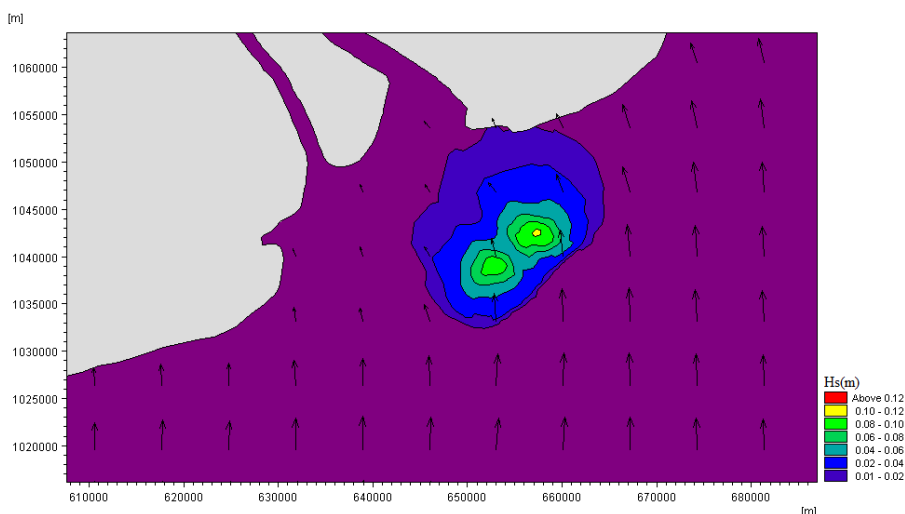
cao trình sóng giảm đáng kể với mức cao nhất đạt 1,5 m. Khi khai thác cát sâu 3 m tại khu vực b1 vào thời kỳ gió Đông Bắc, độ cao sóng tại khu vực này và vùng ven bờ cửa Sông Hậu tăng lên, với mức tăng lớn nhất khoảng 0,12 m (từ 0,41 m lên 0,54 m), tương đương mức gia tăng 22% (hình 4b, d).



Hình 5. Kết quả độ cao sóng gia tăng so với hiện trạng kịch bản gió Đông Bắc

b. Kịch bản mùa gió Tây Nam

Mô phỏng trong điều kiện mùa gió Tây Nam cũng cho thấy sự thay đổi đáng kể về cao trình sóng khi khai thác cát sâu 3 m tại khu vực dự án (hình 6). Cao trình sóng có xu hướng tăng khi đáy biển hạ thấp, với mức thay đổi cao nhất trên 0,12 m. Tại khu vực b1 và ven bờ cửa Sông Hậu, khai thác cát dẫn đến mức gia tăng độ cao sóng lớn nhất khoảng 0,10 m (từ 0,34 m lên 0,44 m), tương đương mức tăng 23%.

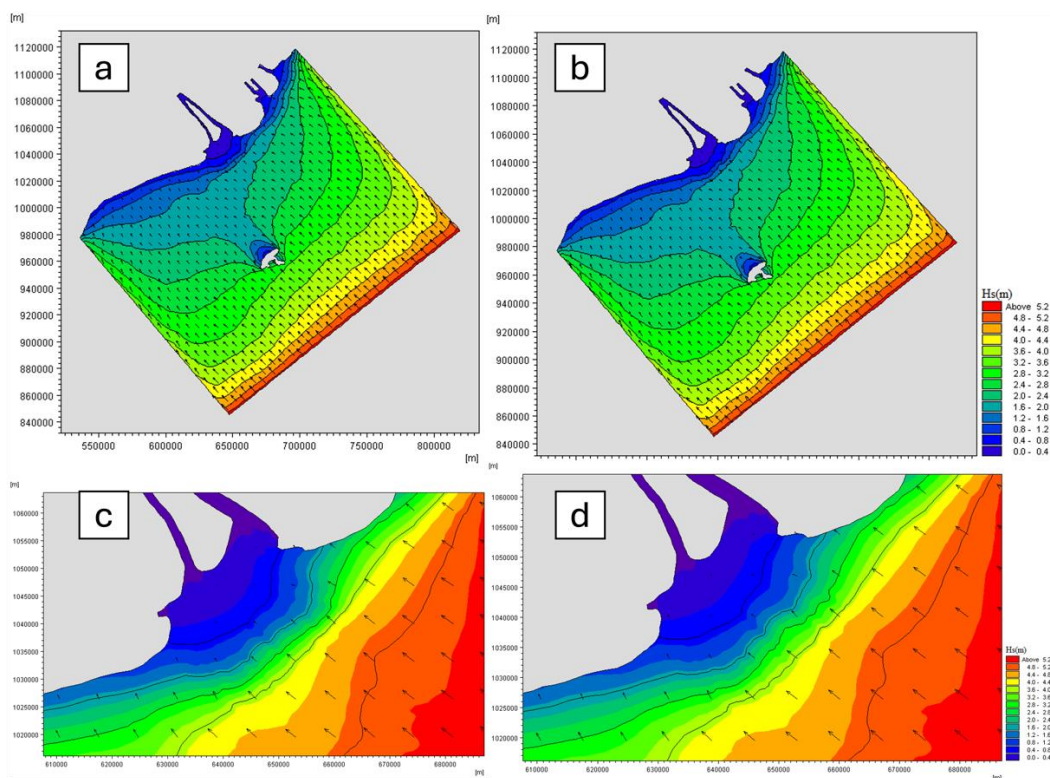


Hình 6. Kết quả độ cao sóng gia tăng so với hiện trạng kịch bản gió mùa Tây Nam

Cả hai kịch bản gió mùa đều cho thấy xu hướng gia tăng độ cao sóng khi khai thác cát, mặc dù mức chênh lệch giữa các kịch bản không quá lớn. Kịch bản mùa gió Tây Nam ghi nhận mức biến đổi cao hơn so với mùa gió Đông Bắc.

3.2. Kịch bản sóng cực trị

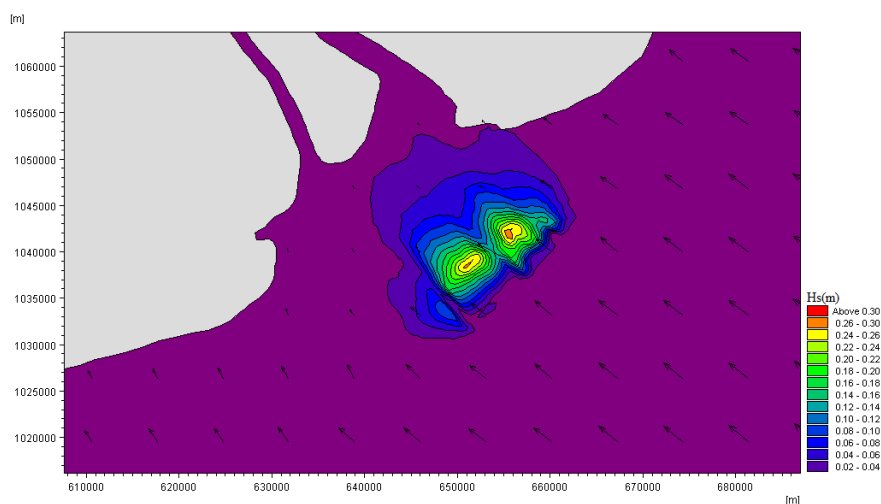
Dựa trên cấp độ IV của đề biển khu vực, tương ứng với tần suất thiết kế 5%, độ cao sóng cực trị được xác định làm đầu vào để tính toán và đánh giá các kịch bản. Kết quả mô phỏng trường sóng cực trị trong phương án hiện trạng và phương án khai thác cát sâu 3 m tại khu vực b1 được trình bày trong hình 7. So với các kịch bản gió mùa thông thường trong năm 2023, độ cao sóng trong các kịch bản cực trị vượt trội đáng kể, với mức cao nhất trên 5,2 m tại vùng biển sâu phía Đông Nam, so với tối đa 2,5 m ở biên phía Đông Bắc trong kịch bản thông thường. Sự biến thiên độ cao trường sóng trong kịch bản cực trị được minh họa trong hình 8, trong đó độ lệch tối đa đạt hơn 0,3 m, cao gấp 3 lần so với kịch bản thông thường.



Hình 7. Kết quả mô phỏng trường sóng kịch bản cực trị cho phương án hiện trạng (a, c) và phương án khai thác 3 m (b, d) cho khu vực b1 và cho toàn miền tính

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong điều kiện khí hậu cực đoan, sự thay đổi địa hình nền đáy do khai thác cát có thể làm gia tăng đáng kể tác động đến động lực học khu vực nghiên cứu. Cụ thể, vào mùa gió Tây Nam, khai thác cát sâu 3 m tại khu

vực b1 sẽ khiến độ cao sóng tại khu vực này và vùng ven bờ cửa Sông Hậu tăng thêm khoảng 0,29 m (từ 0,81 m lên 1,1 m), tương ứng mức gia tăng 26%. Tương tự, trong mùa gió Đông Bắc, độ cao sóng tại khu vực b1 tăng 22%, mùa gió Tây Nam là 23%, trong điều kiện sóng cực trị là 26%. Sự gia tăng độ cao sóng tại khu vực khai thác không chỉ làm tăng vận tốc dòng chảy mà còn thúc đẩy quá trình vận chuyển bùn cát, dẫn đến hình thành các vùng xói lở hoặc bồi tụ. Do đó, cần thường xuyên quan trắc và đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát đối với khu vực ven bờ, đặc biệt tại cửa Trần Đề và Định An. Các biện pháp phòng, chống phù hợp cần được ưu tiên triển khai trong các thời kỳ gió mùa Đông Bắc (tháng 11 đến tháng 2), Tây Nam (tháng 6 đến tháng 8) và sóng cực trị.



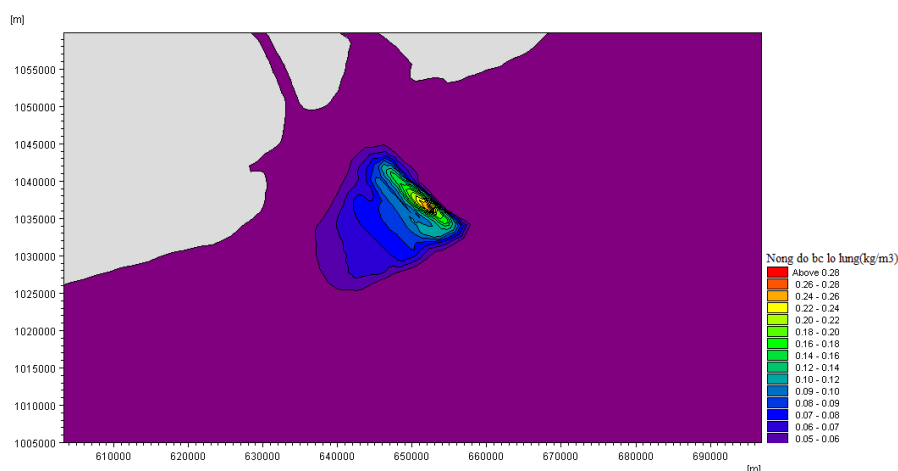
Hình 8. Kết quả độ cao sóng gia tăng so với hiện trạng kịch bản cực trị

3.3. Đánh giá ảnh hưởng của lan truyền bùn cát lơ lửng do khai thác cát tại khu vực b1

a. Kịch bản khai thác 30.000 m³/ngày và thời đoạn khai thác 10 ngày liên tục

Dựa trên QCVN 10:2023/BTNMT về Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia đối với chất lượng nước biển, giá trị giới hạn cho thông số TSS là dưới 50 mg/L (0,05 kg/m³) đối với vùng biển ven bờ nhằm bảo vệ môi trường sống dưới nước. Trên cơ sở này, nghiên cứu đã tiến hành xác định mức độ ảnh hưởng lớn nhất của đám mây bùn cát lơ lửng do hoạt động khai thác cát tại khu vực b1 với kịch bản khai thác 30.000 m³/ngày và thời đoạn khai thác liên tục 10 ngày. Phạm vi vượt giới hạn cho phép của quy chuẩn được phân tích dựa trên giá trị $TSS \geq 50 \text{ mg/L}$ (0,05 kg/m³) (hình 9). Kết quả tính toán cho thấy, vào mùa gió Đông Bắc, dưới tác động của sóng và gió Đông Bắc, đám mây bùn cát lơ lửng từ hoạt động khai thác tại khu vực b1 có xu hướng di chuyển xuống phía Nam, tập trung tại khu vực cửa Trần Đề. Đám mây bùn cát lơ lửng có nồng độ $TSS \geq 50 \text{ mg/L}$ (0,05 kg/m³) với phạm vi kéo dài khoảng

17 km và rộng khoảng 12 km quanh khu vực khai thác. Mặc dù vùng ven bờ phía Nam cửa Trần Đề chịu tác động bởi nồng độ bùn cát lơ lửng, nhưng giá trị TSS tại khu vực này vẫn nằm trong giới hạn cho phép của quy chuẩn ($< 50 \text{ mg/L}$), đảm bảo các yêu cầu về bảo vệ môi trường biển.



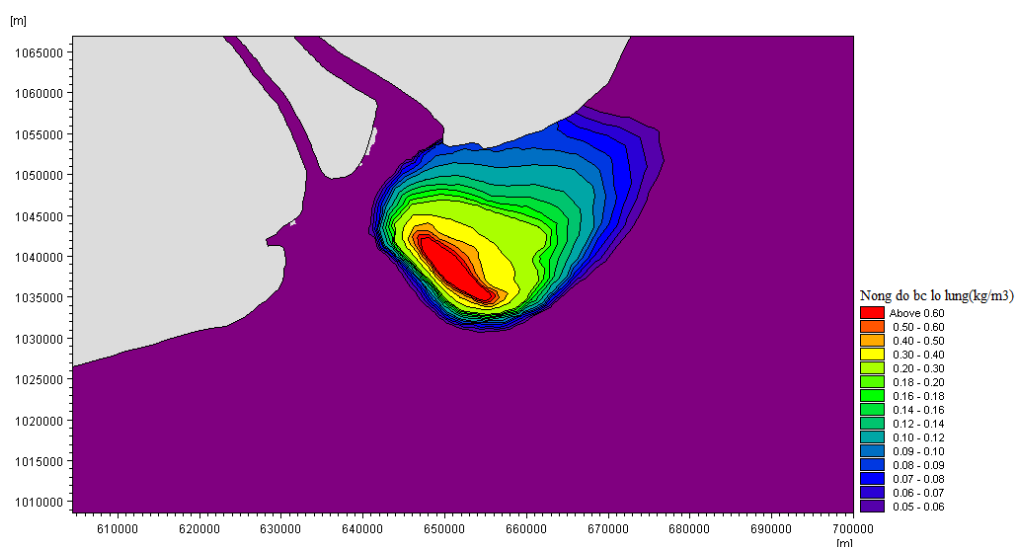
Hình 9. Phạm vi ảnh hưởng lớn nhất của đám mây bùn cát lơ lửng theo kịch bản gió mùa Đông Bắc

Kết quả tính toán cho thấy, vào mùa gió Tây Nam, dưới tác động của sóng và gió hướng Nam, đám mây bùn cát lơ lửng từ hoạt động khai thác cát tại khu vực b1 có xu hướng di chuyển lên phía trên, tập trung quanh khu vực cửa Định An. Đám mây bùn cát lơ lửng với nồng độ TSS $\geq 50 \text{ mg/L}$ ($0,05 \text{ kg/m}^3$) có phạm vi kéo dài khoảng 20 km và rộng khoảng 15 km xung quanh khu vực khai thác. Vùng ven bờ phía Bắc cửa Định An bị ảnh hưởng bởi nồng độ bùn cát lơ lửng, nhưng các giá trị đo được vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo quy chuẩn QCVN 10:2023/BTNMT ($< 50 \text{ mg/L}$). Với khối lượng khai thác cát $30.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và hiệu suất khai thác đạt 50% (50% cát được thu hồi, 50% trả lại biển), hoạt động khai thác liên tục trong 10 ngày có thể tạo ra đám mây bùn cát lơ lửng vượt ngưỡng cho phép tại khu vực biển ngoài khơi xung quanh vị trí khai thác. Tại các khu vực ven bờ như cửa Trần Đề, cửa Định An và vùng biển phía Bắc lẫn phía Nam của hai cửa này, nồng độ bùn cát lơ lửng vẫn duy trì trong giới hạn an toàn theo quy chuẩn TSS $< 50 \text{ mg/L}$ ($0,05 \text{ kg/m}^3$).

b. Kịch bản khai thác $100.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và thời đoạn khai thác 10 ngày liên tục

Kết quả nghiên cứu tiếp tục xác định phạm vi ảnh hưởng lớn nhất của đám mây bùn cát lơ lửng với nồng độ TSS $\geq 50 \text{ mg/L}$ ($0,05 \text{ kg/m}^3$) trong các điều kiện khai thác cát tại khu vực. Trong kịch bản khai thác $100.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ liên tục trong 10 ngày vào thời kỳ mùa gió Đông Bắc, đám mây bùn cát lơ lửng có tác động đáng

kể đến khu vực ven bờ. Tính toán cho thấy toàn bộ khu vực cửa Trần Đề và vùng ven bờ phía Nam cửa này đều có nồng độ bùn cát lơ lửng vượt mức giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/BTNMT (≥ 50 mg/L). Đây là dấu hiệu đáng lưu ý, đặc biệt với những khu vực nhạy cảm về hệ sinh thái. Tương tự, trong mùa gió Tây Nam, cùng khối lượng khai thác $100.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và thời đoạn khai thác liên tục trong 10 ngày, đám mây bùn cát lơ lửng có phạm vi lan truyền rộng hơn về phía Bắc (hình 10). Kết quả cho thấy toàn bộ khu vực cửa Định An và vùng ven bờ phía Bắc cửa này cũng chịu ảnh hưởng nghiêm trọng, với nồng độ TSS vượt ngưỡng giới hạn ≥ 50 mg/L. Những kết quả này nhấn mạnh mức độ ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát quy mô lớn đối với chất lượng nước biển ven bờ, đặc biệt trong các điều kiện thời tiết và gió mùa đặc thù. Để giảm thiểu tác động tiêu cực, cần triển khai các biện pháp quan trắc, giám sát môi trường thường xuyên và xây dựng các chiến lược khai thác bền vững, đảm bảo tuân thủ quy định của QCVN 10:2023/BTNMT.



Hình 10. Phạm vi ảnh hưởng lớn nhất của đám mây bùn cát lơ lửng theo kịch bản gió mùa Tây Nam

4. Kết luận

Nghiên cứu này nghiên cứu các tác động của hoạt động khai thác cát biển tại khu vực Sóc Trăng tới động lực học dòng chảy và lan truyền bùn cát, đặc biệt là khu vực b1 gần cửa Sông Hậu, nơi dự kiến khai thác cát quy mô lớn. Nghiên cứu đã áp dụng mô hình MIKE tích hợp các mô đun dòng chảy, vận chuyển trầm tích và lan truyền bùn cát lơ lửng, trên cơ sở dữ liệu đa dạng bao gồm địa hình, khí tượng thủy văn và đặc điểm trầm tích được khảo sát và đo đạc tại khu vực dự án. Chỉ số Nash-Sutcliffe (NSE) đối với mực nước đạt 0,9, đối với vận tốc dòng chảy là 0,79 và đối với hướng dòng chảy là 0,82, cho thấy mô hình có độ chính xác cao và đáng tin cậy.

Các kết quả này xác nhận rằng mô hình có khả năng dự báo chính xác tác động của khai thác cát biển trong khu vực nghiên cứu.

Kết quả phân tích cho thấy khu vực nghiên cứu có sự bồi tụ đáng kể, với độ sâu trung bình thay đổi từ -5,5 m (năm 2009) đến -3,89 m (năm 2023), tương ứng với mức độ bồi lắng trung bình khoảng +1,6 m trong 14 năm. Hoạt động khai thác cát gây ra các thay đổi đáng kể về dòng chảy và chế độ sóng, đặc biệt trong các điều kiện gió mùa Đông Bắc và Tây Nam. Cụ thể, vận tốc dòng chảy tăng cục bộ tại khu vực khai thác, trong khi cấu trúc dòng chảy tự nhiên bị xáo trộn, ảnh hưởng đến sự phân phối năng lượng sóng và lan truyền bùn cát. Việc khai thác cát làm gia tăng nồng độ bùn cát lơ lửng trong nước biển, gây xáo trộn hệ sinh thái đáy biển và tăng nguy cơ xói lở bờ biển. Các kịch bản khai thác còn cho thấy nguy cơ lan truyền trầm tích đến các khu vực lân cận, đặc biệt là các vùng cửa sông và ven bờ.

Nghiên cứu đáp ứng nhu cầu cấp thiết trong bối cảnh nhu cầu khai thác cát biển tăng cao nhưng các công cụ đánh giá tác động còn hạn chế. Trong tương lai, việc mở rộng phạm vi nghiên cứu sang các khu vực khác, tích hợp thêm các yếu tố sinh thái và xã hội, sẽ góp phần hoàn thiện các giải pháp quản lý tổng hợp khai thác tài nguyên biển.

Tài liệu tham khảo

1. Filho, W., Hunt, J., Lingos, A., Platje, J., Vieira, L., Will, M., ... & Gavriltea, M. (2021). *The unsustainable use of sand: reporting on a global problem*. Sustainability, 13(6), 3356. <https://doi.org/10.3390/su13063356>.
2. Firaz, M. and Isfanari, I. (2023). *The comparison of physical and mechanical properties of sand in sedau and obel-obel village*. Iop Conference Series Earth and Environmental Science, 1175(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1175/1/012011>.
3. Gruel, C. and Latrubesse, E. (2021). *A monitoring system of sand mining in large rivers and its application to the ayeyarwady (irrawaddy) river, Myanmar*. Water, 13(17), 2331. <https://doi.org/10.3390/w13172331>
4. Han, Y., Xu, W., Liu, J., Zhang, X., Wang, K., Wang, D., ... & Mei, Z. (2023). *Ecological impacts of unsustainable sand mining: urgent lessons learned from a critically endangered freshwater cetacean*. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, 290(1990). <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1786>.
5. Hartati, W. and Alpiana, A. (2023). *Legal protection for the community around the sand mining in ijobalit village, east lombok regency*. Iop Conference Series Earth and Environmental Science, 1175(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1175/1/012023>

6. Jordan, C., Tiede, J., Lojek, O., Visscher, J., Apel, H., Nguyễn, H., ... & Schlurmann, T. (2019). *Sand mining in the mekong delta revisited - current scales of local sediment deficits*. Scientific Reports, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53804-z>
7. Koehnken, L., Rintoul, M., Goichot, M., Tickner, D., Loftus, A., & Acreman, M. (2020). *Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: a review of the scientific evidence and guidance for future research*. River Research and Applications, 36(3), 362-370. <https://doi.org/10.1002/rra.3586>
8. Langefeld, O. and Binder, A. (2017). *Blue mining - today's mine planning for future mines*. Geo-Resources Environment and Engineering, 2. <https://doi.org/10.15273/gree.2017.02.001>
9. Li, J., Hu, B., Zhao, J., Bai, F., Dou, Y., Wang, L., ... & Ding, X. (2017). *Evaluation of natural radioactivity in marine sand deposits from offshore china*. Open Journal of Marine Science, 07(03), 357-378. <https://doi.org/10.4236/ojms.2017.73026>.
10. Maphanga, T. (2023). *Land degradation associated with illegal sand mining in rural areas and lack of formalization of the industry in south africa: a review*. International Journal of Environmental Impacts Management Mitigation and Recovery, 6(4), 251-256. <https://doi.org/10.18280/ijeim.060408>.
11. Mishra, A., Das, S., & Reddy, K. (2022). *Processing coalmine overburden waste rock as replacement to natural sand: environmental sustainability assessment*. Sustainability, 14(22), 14853. <https://doi.org/10.3390/su142214853>.
12. S., N., Anh, L., & Schneider, P. (2020). *A dpsir assessment on ecosystem services challenges in the mekong delta, vietnam: coping with the impacts of sand mining*. Sustainability, 12(22), 9323. <https://doi.org/10.3390/su12229323>.
13. Shaji, J. (2021). *Sand auditing for sustainable river sand mining in kerala, indian overview*. Current World Environment, 16(3), 764-773. <https://doi.org/10.12944/cwe.16.3.10>
14. Zhao, M., Da-yuan, Y., Wang, P., & Shi, P. (2015). *A market-based approach to marine sand resource management in the pearl river estuary, China*. Ocean & Coastal Management, 105, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.012>.

ASSESSING THE IMPACT OF SAND MINING ON WAVE DYNAMICS AND SEABED TOPOGRAPHY IN SOC TRANG

Tran Ngoc Dien¹, Tran Anh Quan²

¹Marine Geology and Minerals Division

²Hanoi University of Mining and Geology

Abstract: *This study employs the MIKE model to evaluate the impact of sand mining at site B1 in the Sóc Trăng offshore region. The study area spans 180 km from the coast to the Côn Đảo offshore zone, with a width of 130 km. The MIKE model was constructed with a structured grid for the primary mining zone and an unstructured grid for peripheral areas, achieving a resolution of 100 m × 100 m. Based on 2023 bathymetric data and survey measurements from 2009, the study assesses topographic changes in site B1, recording an average sediment accumulation of 1.6 m from 2009 to 2023, with a maximum deposition of +5.1 m and a maximum erosion depth of -1.9 m. Sand mining scenarios include extraction rates of 30,000 m³/day and 100,000 m³/day over 10 days, analyzed under two prevailing wind conditions: Northeast and Southwest. Simulation results indicate that at a mining depth of 3 m, wave heights at site B1 increase by 22%, 23%, and 26% under Northeast winds, Southwest winds, and extreme wave conditions, respectively. Under Northeast winds, suspended sediment plumes extend approximately 17 km × 12 km, whereas under Southwest winds, the spread reaches 20 km × 15 km. Total suspended solids (TSS) concentrations exceed 50 mg/l within the mining area but remain below regulatory thresholds set by QCVN 10:2023/BTNMT in coastal zones. The study recommends continuous monitoring and assessment of sand mining impacts on sensitive ecological areas, particularly the Trần Đề and Định An estuaries, to ensure compliance with national environmental regulations..*

Keywords: Sand mining, Soc Trang, MIKE, modeling, environmental impact.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;

Phòng Biên tập: **024.37917148**;

Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;

Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**; Website: **www.vap.ac.vn**

ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

TẬP 12

KỶ NIỆM 60 NĂM THÀNH LẬP

VIỆN KHOA HỌC ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN

(15/5/1965 - 15/5/2025)

Bộ Nông nghiệp và Môi trường

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc, Tổng biên tập

PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: **Hà Thị Thu Trang**

Trình bày kỹ thuật: **Đỗ Thị Hồng Ngân**

Trình bày bìa: **Đỗ Thị Hồng Ngân**

Liên kết xuất bản:

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

Địa chỉ: 67 đường Chiến Thắng, phường Văn Quán, Hà Đông, Hà Nội

ISBN: 978-604-357-374-9

In 300 cuốn, khổ 19×27 cm, tại Công ty Cổ phần Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 11 ngách 1, ngõ 1 Võ Chí Công, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, Hà Nội. Số xác nhận đăng ký xuất bản: 1447-2025/CXBIPH/01-16/KHTNVCN. Số quyết định xuất bản: 20/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 07 tháng 5 năm 2025. In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2025.