

## NGHIÊN CỨU SỰ KHÁC BIỆT ĐẶC TRƯNG SÓNG BIỂN ĐÔNG VÀ BIỂN TÂY DO ẢNH HƯỞNG CỦA MŨI CÀ MAU

Nguyễn Vũ Việt, Nguyễn Anh Tiến

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này sóng được mô phỏng theo mô hình số, với công cụ hỗ trợ tính toán là bộ phần mềm mã nguồn mở TELEMAC2D kết hợp với module TOMAWAC. Kết quả mô hình cho thấy và MGDB chế độ sóng tại hai khu vực phía biển Đông và phía biển Tây có sự khác biệt rõ rệt, sóng biển đông mùa này mạnh, hướng sóng chủ đạo dần thay đổi theo chiều thuận kim đồng hồ từ hướng (EEN) sang hướng (EES) và truyền từ ngoài khơi vào bờ. Trong khi đó, sóng phía biển Tây lại khá yếu, hướng sóng chủ đạo dần thay đổi theo chiều nghịch kim đồng hồ từ hướng (EN) sang hướng (NNE), sóng có xu thế truyền từ bờ ra khơi. Cũng vào MGDB vùng biển phía Tây Nam mũi Cà Mau xuất hiện khu vực sóng phân kỳ, nơi hai sóng gặp nhau của hai trường sóng biển Tây và biển Đông.

Trong MGTN sóng ngoài khơi vùng biển phía Đông có hai hướng chính là (WSW) và (SW). Trong khi đó, sóng ngoài khơi phía biển Tây hướng chính là Tây (W) và (WSW), càng dịch lên phía Bắc hướng chính Tây càng chiếm ưu thế. Sóng biển Tây mùa này thường mạnh hơn sóng phía biển Đông. Ngoài ra vào MGTN sóng khi vào gần bờ tại khu vực phía Tây Nam mũi Cà Mau xuất hiện vùng hội tụ sóng tại khu vực đất mũi.

**Key words.** Mũi Cà Mau, sóng biển tây, sóng biển Đông, sóng phân kỳ, sóng hội tụ, Telemac, Tomawac.

**Summary:** In this study, the wave was simulated by numerical model, with the calculation support tool being the open source software TELEMAC2D combination with the TOMAWAC module. The model results showed that in monsoon season, the wave in the two areas on the EastSea and the WestSea is markedly different, the EastSea wave in this season is strong, the mainstream wave gradually changes in the direction Clockwise from (EEN) direction (EES) and from offshore to shore. Meanwhile, the West Sea wave is quite weak, the wave direction gradually changes in the opposite direction of the clock from the direction (EN) to the direction (NNE), the wave tends to transmit from the shore to the sea. In the monsoon, the southwest coast of Ca Mau cape appears divergent wave area, where meet of two waves by the WestSea and the EastSea.

In summer wave offshore of the EastSea, there are two main directions (WSW) and (SW). Meanwhile, the waves offshore the WestSea are mainly West (W) and (WSW), the more they shift to the North, the more dominant the West is. WestSea waves this season are often stronger than those in the EastSea. In this summer, the wave convergence at nearshore on the southwestern area of Ca Mau cape, there is a point of convergence wave at the protruding land area.

**Keywords:** Ca Mau cape, West Sea wave, East Sea wave, Convergence wave, Divergent wave, Telemac, Tomawac.

### 1. GIỚI THIỆU VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu chính có chiều dài đường bờ từ cửa sông Bồ Đề (Năm Căn) đến cửa sông Đốc (Phú Tân) thuộc tỉnh Cà Mau vào khoảng

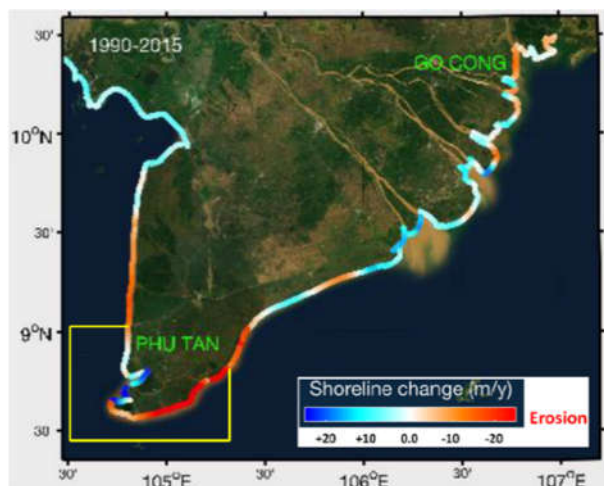
150km (Hình 2). Tỉnh Cà Mau là tỉnh cực nam của Việt Nam chịu chi phối đồng thời bởi chế độ hải văn của vùng biển Đông của Việt Nam ở phía Đông và biển Tây của Việt Nam (Vịnh Thái Lan) ở phía Tây [5]. Theo kết quả nghiên cứu diễn biến đường bờ biển (Hình 1) từ dự án (LMDCZ) của tổ chức AFD Pháp năm 2017 [9] cho thấy: đường bờ khu vực nghiên cứu

Ngày nhận bài: 10/5/2019

Ngày thông qua phản biện: 13/5/2019

Ngày duyệt đăng: 12/6/2019

diễn biến xói bồi xen kẽ, đoạn bờ từ cửa sông Bồ Đề đến Mũi Cà Mau xói lở chiếm ưu thế, tốc độ xói lở có những vị trí đạt trên 20m/năm, có xu hướng giảm dần từ Bắc xuống Nam. Đoạn bờ từ mũi Cà Mau đến cửa sông Đốc (Phú Tân) chủ yếu là bồi, có những khu vực đường bờ lấn ra biển với tốc độ trên 20m/năm.

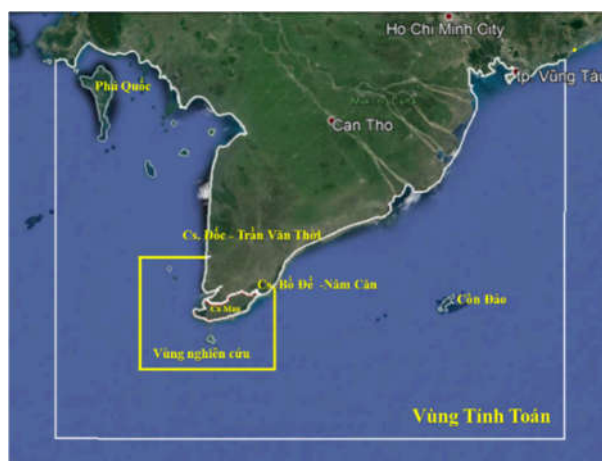


Hình 1: Diễn biến đường bờ vùng nghiên cứu [9]

Sóng biển là một trong các yếu tố tác động trực tiếp vào đới bờ và chi phối phần lớn các cơ chế thủy thạch động lực như: hiện tượng dòng rút, dòng xoáy, vận chuyển bùn cát, xói lở [6]. Vì vậy việc nghiên cứu chế độ sóng của vùng biển nghiên cứu và so sánh được chế độ sóng giữa hai vùng biển Tây và biển Đông qua mũi Cà Mau sẽ phần nào đóng góp được vào quá trình nghiên cứu cơ chế bồi xói khác biệt giữa hai đường bờ biển thuộc hai vùng biển này.

Giới hạn vùng tính toán là vùng biển từ tỉnh Bình Thuận đến hết địa phận tỉnh Kiên Giang và có xét đến ảnh hưởng của hệ thống sông Mekong giới hạn tới hai trạm thủy văn Quốc Gia là trạm Mỹ Thuận và trạm Cần Thơ (Hình 3).

Mô hình số thủy lực TELEMAC2D kết hợp với mô-đun tính sóng TOMAWAC đã được sử dụng để mô phỏng dòng chảy và sóng của khu vực nghiên cứu. Các kết quả tính toán được phân tích để tìm ra sự khác nhau giữa các đặc trưng sóng của hai vùng Biển Đông và Biển Tây qua mũi Cà Mau thuộc tỉnh Cà Mau.



Hình 2: Vùng nghiên cứu chính và vùng tính toán

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA MÔ HÌNH SỐ

Sóng và triều được mô phỏng dưới dạng mô hình số. Mô hình triều (Telemac2D) được tính kết hợp cùng mô hình sóng (Tomawac) trong nghiên cứu này.

### 2.1. Phương trình chủ đạo mô hình triều Telemac2D

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \cdot \nabla h + h \cdot \text{div}(\vec{u}) = S_h \quad (1)$$

Phương trình động lượng theo phương x:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla u = -g \frac{\partial z}{\partial x} + S_x + \frac{1}{h} \text{div}(h\nu_t \nabla u) \quad (2)$$

Phương trình động lượng theo phương y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla v = -g \frac{\partial z}{\partial y} + S_y + \frac{1}{h} \text{div}(h\nu_t \nabla v) \quad (3)$$

trong đó:

$h$  - độ sâu nước;  $u, v$  - các thành phần vận tốc theo phương  $x$  và  $y$ ;  $g$  - gia tốc trọng trường;  $z$  - dao động mực nước;  $t$  - thời gian;  $\nu_t$  - hệ số nhớt rối;  $x, y$  - tọa độ theo phương ngang;  $S_x, S_y$  - số hạng nguồn hoặc tiêu tán theo phương  $x$  và  $y$  (ứng suất gió, lực Coriolis, ma sát đáy, ứng suất bức xạ...)

Khi giải hệ thống các phương trình trên cho giá trị các biến: mực nước; vận tốc dòng triều

và vận tốc dòng do sóng.

## 2.2. Phương trình chủ đạo mô hình sóng Tomawac

Mô hình TOMAWAC được giải trên phương trình cân bằng phổ hướng của mật độ tác động sóng  $N$  (*The directional spectrum of wave action density*), phổ hướng của mật độ tác động sóng không đổi khi sóng truyền trong môi trường không đồng nhất hoặc không ổn định và được mô tả theo phương trình sau dưới hệ tọa độ Decartes:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(\dot{x}N)}{\partial x} + \frac{\partial(\dot{y}N)}{\partial y} + \frac{\partial(\dot{k}_x N)}{\partial k_x} + \frac{\partial(\dot{k}_y N)}{\partial k_y} = Q(k_x, k_y, x, y, t) \quad (4)$$

trong đó:  $Q$  - nguồn tạo sóng hoặc làm suy giảm sóng (do gió, sóng bạc đầu, sóng vỡ, do ma sát đáy.);  $N(x, y, k_x, k_y, t)$  - phổ hướng của mật độ tác động sóng.

$$N = F/\sigma; \quad F = E(f, \theta) \quad (5)$$

$E(f, \theta)$  - năng lượng phổ hướng sóng;  $\sigma$  - tần số góc tương đối;  $\vec{k}(k_x, k_y) = \vec{k}(k \cos \theta, k \sin \theta)$  - vector số sóng;  $\theta$ : hướng sóng;  $f$  - tần số sóng.

Từ các phương trình (7) và (8) của Hamilton, phương trình (4) được viết lại dưới dạng sau:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \dot{x} \frac{\partial(N)}{\partial x} + \dot{y} \frac{\partial(N)}{\partial y} + \dot{k}_x \frac{\partial(N)}{\partial k_x} + \dot{k}_y \frac{\partial(N)}{\partial k_y} = Q(k_x, k_y, x, y, t) \quad (6)$$

trong đó:

$$\dot{x} = C_g \frac{k_x}{k} + U_x \quad \dot{y} = C_g \frac{k_y}{k} + U_y \quad (7)$$

$$\dot{k}_x = -\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial x} - \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial x}$$

$$\dot{k}_y = -\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial y} - \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial y} \quad (8)$$

$$C_g = n \frac{\sigma}{k}; \quad \text{vận tốc nhóm sóng} \quad (9)$$

$$\text{và} \quad n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right)$$

$\vec{U}(U_x, U_y)$  - vector vận tốc dòng triều;  $d$ : độ sâu.

Phương trình (4) được giải theo hai phương

trình (7) và (9). Từ phương trình (5), mật độ phổ hướng  $F$  tính được chiều cao sóng có nghĩa ( $H_{m0}$ ) được xác định từ moments  $m_0$  của mật độ phổ hướng.

$$H_{m0} = \sqrt{4m_0} \quad (10)$$

trong đó mật độ phổ hướng  $m_0$ :

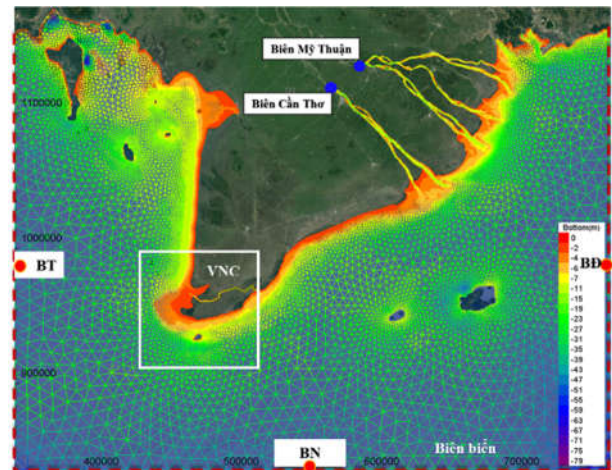
$$m_0 = \int_{f=0}^{\infty} \int_{\theta=0}^{2\pi} F(f, \theta) d\theta df \quad (11)$$

Hướng sóng được xác định từ hai thành phần số sóng  $k_x$  và  $k_y$  theo mối liên hệ:  $\vec{k}(k_x, k_y) = \vec{k}(k \cos \theta, k \sin \theta)$

Đầy đủ hơn về cơ sở lý thuyết của mô hình có thể tham khảo trong các tài liệu [1], [2] và [3].

## 3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH TOÁN

### 3.1. Vùng nghiên cứu và khu vực tính toán



Hình 3: Vùng nghiên cứu (VNC) và khu vực tính toán

Vùng nghiên cứu chính có chiều dài đường bờ từ cửa sông Bồ Đề (Năm Căn) đến cửa sông Đốc (Phú Tân) thuộc tỉnh Cà Mau vào khoảng 150km. Vùng tính toán được giới bởi ba biên lờng: Biên biển ngoài khơi từ tỉnh Bình Thuận đến hết địa phận tỉnh Kiên Giang và biên sông tại hai trạm thủy văn Quốc Gia là trạm Mỹ Thuận và trạm Cần Thơ (Hình 3).

Lưới tính toán là hệ thống lưới phi cấu trúc phần tử tam giác, bao gồm 63412 nút lưới và 115552 phần tử lưới. Khoảng cách nhỏ nhất giữa hai nút lưới là 20m tại khu vực gần bờ



của khu vực nghiên cứu chính, khoảng cách lưới lớn nhất là 10km cho vùng biển ngoài khơi xa.

### 3.2. Dữ liệu địa hình

Khu vực ngoài khơi Biển Đông dữ liệu địa hình với độ phân giải 30 phút (925m) được khai thác từ GEBCO (General Bathymetric Chart of Ocean) năm 2014. Trong vùng ven bờ và gần bờ từ Vũng Tàu đến Kiên Giang là dữ liệu đo đạc thu thập từ dự án “*Erosion processes in the Lower Mekong Delta Coastal Zones and measures for protecting Go Cong – and Phu Tan*” của AFD năm 2017, và từ đề tài cấp Nhà Nước “*Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định bờ biển vùng đồng bằng sông Cửu Long, đoạn từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên*” của Viện Kỹ Thuật Biển năm 2017.

### 3.3. Điều kiện biên

Trong nghiên cứu này có hai loại biên cho hai mô hình: mô hình thủy lực (Telemac2D) và mô hình sóng (Tomawac).

#### 3.3.1. Biên mở ngoài khơi:

- Mô hình thủy lực: là các thành phần vận tốc dòng chảy U, V và dao động mực nước triều được khai thác từ mô hình triều toàn cầu TPXO phiên bản năm 2010.
- Mô hình sóng: là các thành phần hướng sóng, chiều cao sóng và tần số đỉnh sóng được khai thác từ kết quả tính toán sóng toàn Biển Đông [7].

#### 3.3.2. Biên mở trong sông tại trạm Mỹ Thuận & Cần Thơ

Tại biên lòng thượng lưu trong sông là giá trị lưu lượng trung bình ngày tại hai trạm đo đặc quốc gia Mỹ Thuận và Cần Thơ trong giai đoạn từ 6/2014 đến 4/2015.

## 4. HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

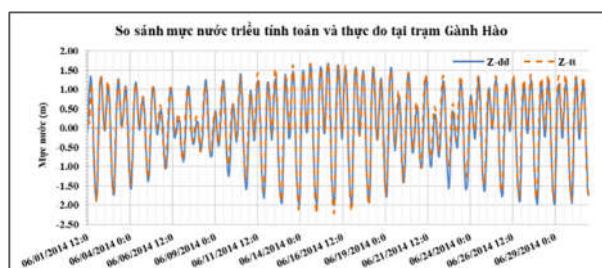


Hình 4: Vị trí các điểm hiệu chỉnh mô hình

Dữ liệu sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực là các thành phần: mực nước tại hai trạm đo đặc Quốc Gia là Gành Hào và Sông Đốc trong giai đoạn tháng 6 năm 2014; tốc độ dòng chảy tại trạm đo ADCP2\_2 trong giai đoạn từ 21/07/2017 đến 24/07/2017.

Dữ liệu hiệu chỉnh mô hình sóng là các thành phần hướng sóng, chiều cao sóng có nghĩa và chu kỳ sóng được đo đạc trong giai đoạn từ 20/07/2017 đến 26/07/2017. Dữ liệu dòng chảy và sóng tại hai trạm ADCP2\_2 và waveP2 được cung cấp từ đề tài “*Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định bờ biển vùng đồng bằng sông Cửu Long, đoạn từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên*” của Viện Kỹ Thuật Biển năm 2017. Vị trí các trạm so sánh được trình bày trong (Hình 4).

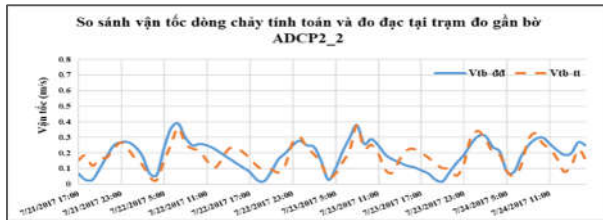
### 4.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình thủy lực



Hình 5: So sánh giữa mực nước tính toán và đo đạc tại trạm Gành Hào

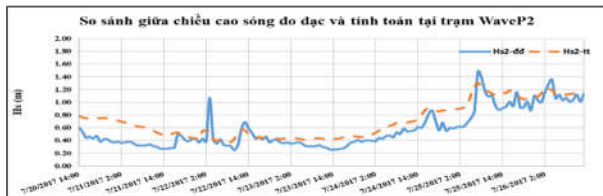


Hình 6: So sánh giữa mực nước tính toán và đo đạc tại trạm Sông Đốc

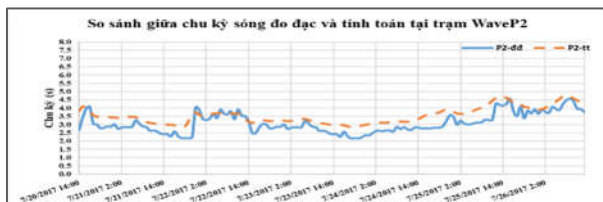


Hình 7: So sánh giữa vận tốc dòng tính toán và đo đạc tại WaveP2\_2

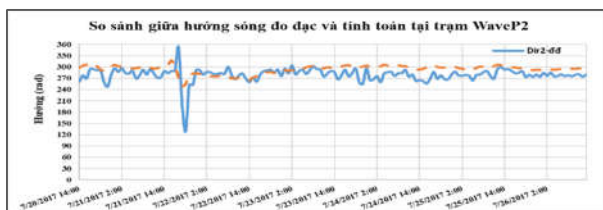
#### 4.2. Kết quả hiệu chỉnh mô hình sóng



Hình 8: So sánh giữa chiều cao sóng tính toán và đo đạc tại trạm WaveP2



Hình 9: So sánh giữa chu kỳ sóng tính toán và đo đạc tại trạm WaveP2



Hình 10: So sánh giữa hướng sóng tính toán và đo đạc tại trạm WaveP2

Để đánh giá độ chính xác của mô hình trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định, chúng tôi lựa chọn hệ số tương quan ( $R^2$ ) để đánh giá

chất lượng kết quả tính toán của mô hình. Công thức tính hệ số tương quan:

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}} \right]^2$$

trong đó:

$X_i$  và  $Y_i$  - lần lượt là các giá trị tính toán và đo đạc;

$\bar{X}$  và  $\bar{Y}$  - lần lượt là các giá trị trung bình của chuỗi dữ liệu tính toán và đo đạc;

$N$  - chiều dài chuỗi dữ liệu.

**Bảng 1: Khoảng đánh giá độ chính xác theo hệ số tương quan**

| $R^2$           | 0.9<br>÷ 1.0 | 0.7<br>÷ 0.9 | 0.5<br>÷ 0.7 | 0.3<br>÷ 0.5 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Mức độ đánh giá | Tốt          | Khá          | Trung bình   | kém          |

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực và mô hình sóng hầu hết đều nằm trong mức độ khá và tốt, chi tiết các giá trị đánh giá sai số được trình bày (Bảng 2).

**Bảng 2: Khoảng đánh giá độ chính xác theo hệ số tương quan**

|       | Z-<br>Gành<br>Hào | Z-<br>Sông<br>Đốc | Vận<br>tốc<br>dòng | Chiều<br>cao<br>sóng | Chu<br>kỳ<br>sóng | Hướng<br>sóng |
|-------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------|
| $R^2$ | 0.96              | 0.89              | 0.72               | 0.9                  | 0.88              | 0.35          |

#### 4.3. Thời gian tính toán

Để nghiên cứu chi tiết chế độ sóng cho vùng nghiên cứu việc lựa chọn khoảng thời gian phù hợp để tính toán là hết sức quan trọng, quá trình tính toán vừa phải đáp ứng được tính đặc trưng của kết quả tính toán vừa phải đáp ứng được tốc độ tính toán của công nghệ máy tính. Do vùng bờ biển Tây chịu tác động mạnh của

chế độ sóng trong MGTN và vùng bờ biển phía Đông lại chịu tác động mạnh bởi chế độ sóng trong MGDB. Vì vậy, khi lựa chọn thời gian mô phỏng tính toán cần xác định khoảng thời gian mà chế độ sóng có sự ảnh hưởng đặc trưng cho cả hai vùng biển Tây và Biển Đông tương ứng MGTN và MGDB. Để làm được điều này chúng tôi phân tích chiều cao sóng có nghĩa và hướng sóng (trong 10 năm từ 2008 đến 2017 với nguồn dữ liệu sóng được khai thác từ [7]) tại ba điểm trên biên miền tính là BD; BN và BT (Hình 3). Qua phân tích, nghiên cứu lựa chọn khoảng thời gian tính toán từ tháng 6/2014 đến hết tháng 3/2015. Trong đó, khoảng thời gian tính toán chế độ sóng đặc trưng MGTN là giai đoạn từ tháng 6/2014 đến tháng 10/2014 và đặc trưng MGDB là giai đoạn từ tháng 11/2014 đến tháng 3/2015.

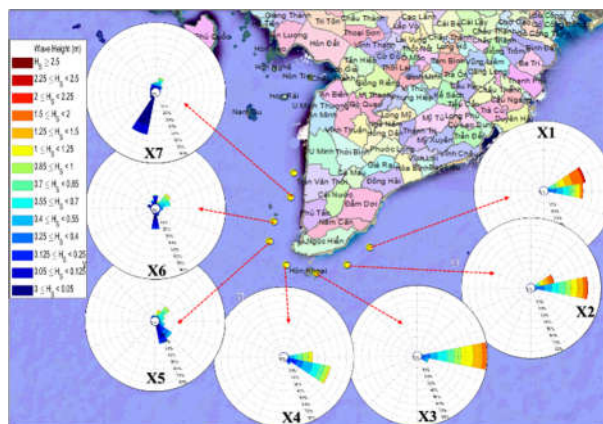
## 5. KẾT QUẢ MÔ HÌNH

Để phân tích đặc trưng sóng giữa hai vùng biển phía Đông và phía Tây, nghiên cứu lựa chọn 7 vị trí được ký hiệu thứ tự từ X1 đến X7 trải rộng từ biển Đông sang biển Tây và nằm trên đường đồng mức độ sâu 12m, nơi sóng bắt đầu chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi địa hình đáy để phân tích sóng xa bờ. Tương tự, nghiên cứu cũng lựa chọn 7 vị trí được ký hiệu thứ tự từ G1 đến G7 nằm trên đường đồng mức độ sâu 3m trước vùng sóng vỡ sát bờ.

### 5.1. Chế độ sóng MGDB

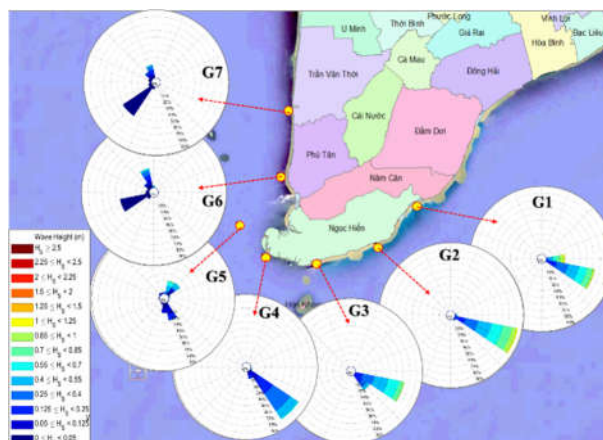
**Hướng sóng:** Vào MGDB hướng sóng chủ đạo ngoài khơi phía Đông mũi Cà Mau (tương ứng từ điểm X1 đến X4) dần thay đổi theo chiều thuận kim đồng hồ từ Đông – Đông Bắc (EEN) sang hướng Đông – Đông Nam (EES), sóng có xu thế truyền từ khơi vào bờ. Trong khi đó, hướng sóng chủ đạo phía Tây (tương ứng từ điểm X5 đến X7) dần thay đổi theo chiều nghịch kim đồng hồ từ Đông – Bắc (EN) sang hướng Bắc – Tây Bắc (NNW), sóng có

xu thế truyền từ bờ ra khơi (Hình 11).



Hình 11: Hoa sóng ngoài khơi trong MGDB

Khi sóng vào gần bờ tới độ sâu 3m, hướng sóng chủ đạo tại các vị trí thuộc phía Đông mũi Cà Mau (tương ứng từ điểm G1 đến G4) là (EEN), hướng sóng này hợp với đường bờ một góc khoảng  $45^\circ$  theo chiều từ phía Bắc xuống Nam. Trong khi đó, hướng sóng chủ đạo phía Tây (tương ứng từ điểm X5 đến X7) dần thay đổi theo chiều nghịch kim đồng hồ từ Đông – Bắc (EN) sang hướng Bắc – Tây Bắc (NNW), (Hình 12).



Hình 12: Hoa sóng gần bờ trong MGDB

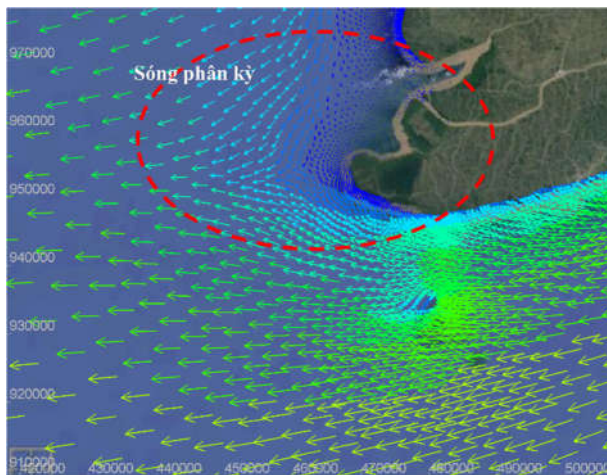
**Chiều cao sóng:** Chiều cao sóng có xu thế giảm dần từ phía Bắc xuống phía Nam của mũi Cà Mau, sau đó tiếp tục giảm dần lên đến phía Bắc của phía biển Tây. Ngoài khơi phía biển Đông mùa này sóng mạnh có thể đạt trên 2.25m, trong khi bên phía biển Tây sóng yếu



hơn, chiều cao sóng ít khi cao hơn 1m (Hình 16). Khi vào gần bờ sóng phía biển Đông phần lớn đã suy giảm đi rất nhiều, gần bờ phía Biển đông sóng ít khi vượt quá 1.25m, trong khi đó chiều cao sóng gần bờ biển Tây hiếm khi vượt quá 0.5m, chủ yếu là sóng 0.25m hoặc biển lặng (Hình 17).

**Chu kỳ sóng:** Ngoài ra theo kết quả tính toán chu kỳ sóng tại các vị trí thuộc phía Biển Đông chủ yếu nằm trong khoảng từ 3-7s, trong khi đó tại các điểm thuộc phía biển Tây giao động chủ yếu trong khoảng từ 2 - 4s.

Vào MGĐB vùng biển từ đảo Hòn Khoai đến phía Nam huyện Phú Tân xuất hiện hai sóng gặp nhau của hai trường sóng biển Tây và biển Đông, kết hợp với hiệu ứng khúc xạ sóng bởi địa hình nên sóng phân kỳ theo hai hướng (1) là hướng vào bờ với một góc gần như trực giao (2) hướng ra khơi. Vị trí sóng phân kỳ không cố định, khi triều lên cao kết hợp với sóng từ phía bắc biển Tây yếu thì vị trí sóng phân kỳ lệch lên phía Bắc mũi Cà Mau và khi triều xuống thấp kết hợp sóng biển Tây mạnh thì vị trí sóng phân kỳ sẽ lệch về phía Đông (gần đảo Hòn Khoai) hơn (Hình 13).

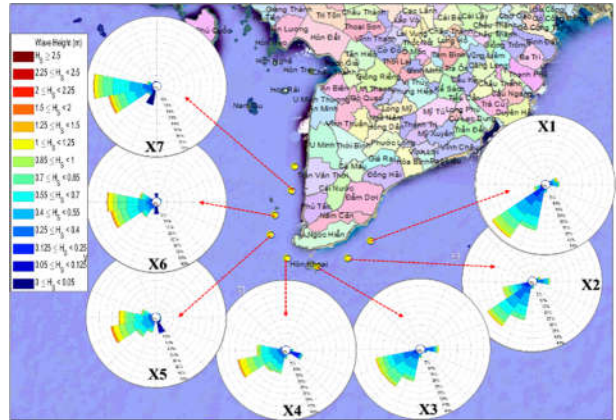


Hình 13: Sóng phân kỳ trong MGĐB tại khu vực phía Tây Nam mũi Cà Mau

## 5.2. Chế độ sóng MGTN

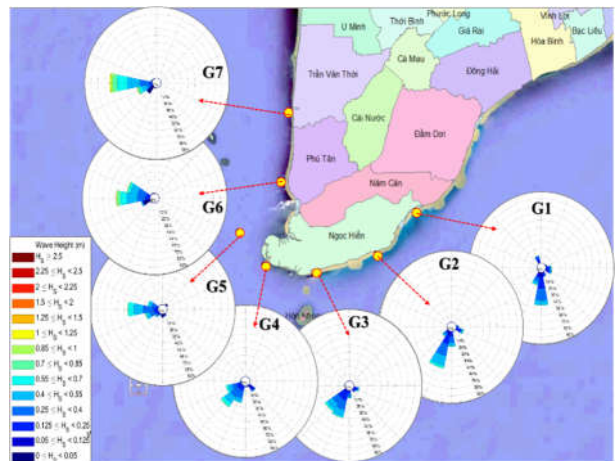
**Hướng sóng:** vào thời kỳ MGTN sóng ngoài khơi vùng biển phía Đông có hai hướng chính

là Tây – Tây Nam (WSW) và Tây – Nam (SW). Trong khi đó, sóng ngoài khơi phía biển Tây hướng chính là Tây (W) và (WSW), càng dịch lên phía Bắc thì hướng chính Tây càng chiếm ưu thế (Hình 14).



Hình 14: Hoa sóng ngoài khơi trong MGTN

Khi sóng vào gần bờ tới độ sâu 3m, hướng sóng chủ đạo tại các vị trí thuộc phía Đông mũi Cà Mau (tương ứng từ điểm G1 đến G4) là (EEN) thay đổi dần từ hướng Nam (S) sang hướng Tây Nam (SW). Trong khi đó, hướng sóng chủ đạo phía biển Tây (tương ứng từ điểm X5 đến X7) là hướng chính Tây (W) và gần như vuông góc với đường bờ biển (Hình 15).

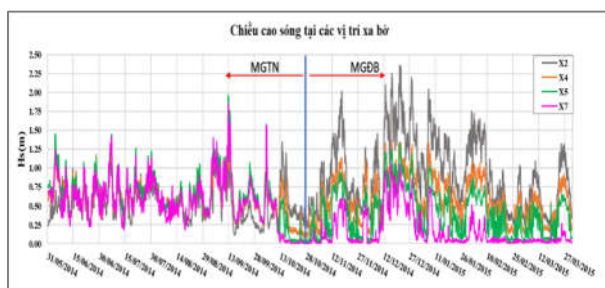


Hình 15: Hoa sóng gần bờ trong MGTN

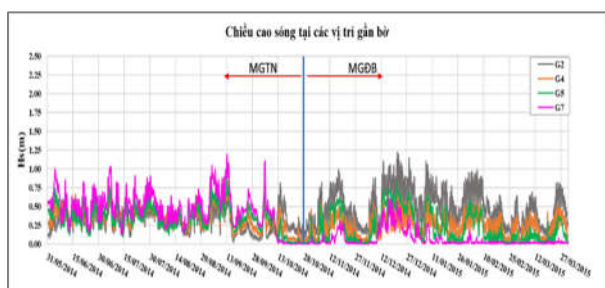
**Chiều cao sóng:** Chiều cao sóng có xu thế tăng dần từ phía Bắc xuống phía Nam của mũi Cà Mau, sau đó tiếp tục tăng dần lên phía Bắc cầu biển Tây. Ngoài khơi phía biển Đông mùa này

sóng khá thấp, ít khi có sóng cao hơn 1m, trong khi bên phía biển Tây sóng mạnh hơn, chiều cao sóng có thể cao tới trên 2m (Hình 16). Khi vào gần bờ ở độ sâu 3m sóng đã suy giảm khá nhiều, sóng phía biển Đông chủ yếu nhỏ hơn 0.5m, và biển Tây sóng ít khi cao hơn 1m (Hình 17).

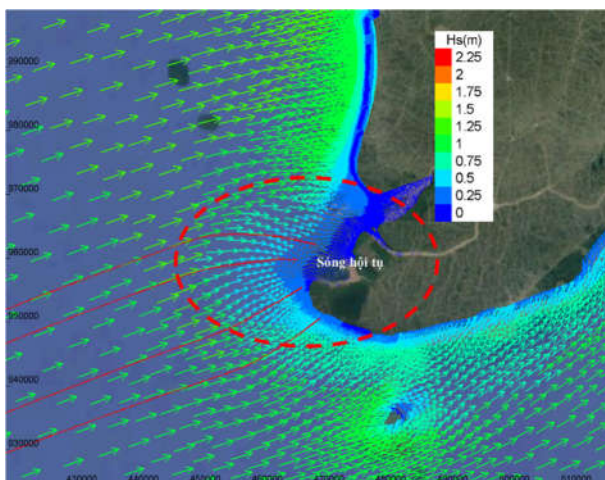
**Chu kỳ sóng:** chu kỳ sóng tại các vị trí thuộc phía Biển Đông cũng như phía biển Tây chủ yếu nằm trong khoảng 2- 4s.



Hình 16: Diễn biến chiều cao sóng tại một số vị trí xa bờ thuộc biển Đông và Biển Tây trong khoảng thời gian từ 6/2015 đến 4/2015



Hình 17: Diễn biến chiều cao sóng tại một số vị trí gần bờ thuộc biển Đông và Biển Tây trong khoảng thời gian từ 6/2015 đến 4/2015



Hình 18: Hội tụ sóng trong MGTN tại khu vực phía Tây mũi Cà Mau

Vào MGTN sóng khi vào gần bờ tại khu vực phía Tây Nam mũi Cà Mau do địa hình khu vực này thoải và nông nên sóng bị khúc xạ và hội tụ tại khu vực mũi nhô đất nhô ra (Hình 18), đồng thời tại đây sóng bề vỡ từ từ vào trong theo kiểu bề vỡ “Spilling” được giới thiệu trong (La Thị Cang 1996).

### 5.3. Kết luận

Trong MGDB vùng biển phía Đông có đà gió dài trong khi vùng biển phía Tây bị đất liền che chắn nên đà gió ngắn hơn. Vì vậy trong mùa gió này sóng biển Đông thường mạnh hơn rất nhiều so với sóng biển Tây. Sóng ngoài khơi biển phía Đông mùa này có thể đạt trên 2.25m, còn bên phía biển Tây chiều cao sóng ít khi cao hơn 1m. Sóng gần bờ phía biển Đông ít khi vượt quá 1.25m, trong khi đó sóng gần bờ biển Tây hiếm khi vượt quá 0.5m và chủ yếu là dưới 0.25m hoặc biển lặng. Hướng sóng chủ đạo mùa này phía biển Đông thay đổi dần từ (EEN) ở phía bắc sang hướng (EES) khi xuống phía Nam mũi Cà Mau, sóng có xu thế truyền từ khơi vào bờ. Trong khi đó, phía biển Tây hướng sóng chủ đạo dần thay đổi từ (EN) sang hướng (NNE), sóng có xu thế truyền từ bờ ra khơi.

Trong MGTN chiều cao sóng có xu thế tăng dần từ phía Bắc xuống phía Nam của mũi Cà Mau, sau đó tiếp tục tăng dần lên phía Bắc của phía biển Tây. Ngoài khơi phía biển Đông sóng khá thấp, ít khi có sóng cao hơn 1m, trong khi bên phía biển Tây sóng mạnh hơn, chiều cao sóng có thể cao tới trên 2m. Khi vào gần bờ ở độ sâu 3m sóng đã suy giảm khá nhiều, sóng phía biển Đông chủ yếu nhỏ hơn 0.5m, và biển Tây sóng ít khi cao hơn 1m.

Do ảnh hưởng bởi mũi Cà Mau mà trong MGDB vùng biển từ đảo Hòn Khoai đến phía Nam huyện Phú Tân xuất hiện sóng phân kỳ. Vị trí sóng phân kỳ không cố định, khi triều



lên cao kết hợp với sóng từ phía bắc biển Tây yếu thì vị trí sóng phân kỳ lệch lên phía Bắc mũi Cà Mau bên phía biển Tây và khi triều xuống thấp kết hợp sóng biển Tây mạnh thì vị trí sóng phân kỳ sẽ lệch về phía Đông (gần đảo Hòn Khoai) hơn. Trong MGTN sóng khi vào gần bờ tại khu vực phía Tây Nam mũi Cà Mau bị khúc xạ và hội tại khu vực mũi đất nhô ra.

Kết quả nghiên cứu lý giải sáng tỏ sự khác biệt về các đặc trưng sóng biển phía Đông và phía Tây của ĐBSCL do ảnh hưởng của MCM. Có thể vận dụng kết quả nghiên cứu này để xem xét đề xuất qui mô cho các dạng công trình giảm sóng bảo vệ bờ biển, RNM cho vùng nghiên cứu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EDF R&RD. Telemac Modeling System - Sisyphe software-Operating manual (2010)
- [2] EDF R&RD. Telemac Modeling System – Telemac 2D software-Operating manual (2013)
- [3] EDF R&RD. Telemac Modeling System - Tomawac software-Operating manual (2016)
- [4] Huynh Cong Hoai, Le Duc Vinh, Lieou Kien Chinh. *Report on Wave Climate in U Minh and Go Cong*, In project “Study on the erosion process and the measures for protecting the Lower Mekong Delta Coastal Zones from erosion (LMDCZ)”. AFD, 2017
- [5] Ing. Thorsten Albers, Jan Stolzenwald (2014). *Tư vấn Kỹ thuật bảo vệ bờ biển tỉnh Cà Mau*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn và Eschborn, CHLB Đức.
- [6] Nguyễn Hữu Nhân (2016). *Báo cáo sản phẩm 4*, Trong đề tài độc lập cấp Nhà Nước “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 vùng biển Cà Mau”.
- [7] Lê Đức Vĩnh, Nguyễn Anh Tiến, Lieou Kiến Chính (2018). Nghiên cứu chế độ sóng vùng biển từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang. *Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Thủy Lợi, Viện Khoa Học Thủy Lợi Việt Nam*, số 47 ISSN: 1859-4255, 09-2018.
- [8] La Thị Cang (1996). *Sóng biển*, Ban xuất bản trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh.
- [9] La Thị Cang (2015). *Các quá trình động lực trong hệ sinh thái biển*, Nxb Đại học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh.
- [10] Patrick Marchesiello, Dinh Cong San, Final Report in project “*Erosion processes in the Lower Mekong Delta Coastal Zones and measures for protecting Go Cong – and Phu Tan (LMDCZ)*”. AFD, 2017.