

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH XBEACH TRONG ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA RỪNG NGẬP MẶN Ở TỈNH BẠC LIÊU

Nguyễn Kiệt¹, Nguyễn Danh Thảo¹

Tóm tắt: Rừng ngập mặn (RNM) đóng một vai trò quan trọng trong việc bảo vệ bờ biển một cách tự nhiên chống lại hiện tượng sóng lớn, nước dâng do bão, nước biển dâng và xói lở bằng cách tiêu tán năng lượng sóng lan truyền vào bờ. Do đó, nghiên cứu về vai trò của RNM là cần thiết để đánh giá khả năng của RNM trong việc giảm sóng. Bài báo này phân tích sự suy giảm chiều cao sóng bởi các dải RNM ở khu vực tỉnh Bạc Liêu dựa trên việc ứng dụng mô hình toán XBeach 1D. Các kết quả đã chỉ ra rằng các yếu tố ảnh hưởng nhất đến hiệu quả giảm sóng của RNM là mật độ rừng, bề rộng rừng, chiều cao sóng tới và độ sâu nước.

Từ khóa: Rừng ngập mặn, XBeach, Giảm sóng, Bạc Liêu.

1. GIỚI THIỆU

Rừng ngập mặn đã chứng minh được vai trò quan trọng trong việc bảo vệ bờ biển trước các hiện tượng như xói lở, nước dâng do bão... bằng cách tiêu tán năng lượng sóng. Đặc biệt, hệ thống rễ chằng chịt của cây ngập mặn có khả năng làm giảm tác động của sóng và thủy triều (Kathiresan và Rajendran, 2005). Hiện nay, trong điều kiện biến đổi khí hậu diễn ra theo hướng cực đoan hơn, gây nên nhiều thiên tai và tác động tiêu cực đến khu vực ven biển, việc đánh giá vai trò của RNM trong việc bảo vệ bờ biển càng được quan tâm.

Có ba hướng nghiên cứu chính về vấn đề này được thực hiện là mô hình vật lý, khảo sát thực địa và mô hình toán số. Hướng nghiên cứu đầu tiên dựa vào mô hình vật lý. Hashim và Catherine (2013) đã chứng tỏ rằng cách sắp xếp RNM so le hay thẳng hàng thì hiệu quả giảm sóng không khác biệt nhiều (chỉ dưới 10%). Ismail và nnk. (2012) chứng minh được bộ rễ của RNM có khả năng tiêu tán sóng nhiều hơn so với phần thân và tán lá.

Hướng nghiên cứu thứ hai dựa vào khảo sát đo đạc thực địa cây ngập mặn, số liệu sóng và địa hình tại khu vực khảo sát được chọn. Horstman và nnk. (2014) xác định được chiều cao sóng sẽ giảm gần đến 90% trong 100 m đầu tiên khi sóng lan

truyền vào RNM cho loại cây đước ở vùng ven biển Thái Lan. Mazda và nnk. (2006) tiến hành đo đạc ở bờ biển Vinh Quang, phía Bắc Việt Nam và kết luận rằng hiệu quả giảm sóng của RNM có phụ thuộc nhiều vào loại cây ngập mặn. Tuy vậy, hướng nghiên cứu này khá hạn chế do giới hạn về số liệu đo đạc và sự suy giảm sóng nhận được thực chất là tổng hợp của cả cây ngập mặn, địa hình nền rừng chứ không phải chỉ do cây ngập mặn (Vinh, 2015).

Hướng nghiên cứu thứ ba sử dụng các mô hình số mô phỏng sự tác động của sóng lan truyền vào bờ đến khu vực RNM. Mô hình số có thể phân tích các điều kiện ban đầu riêng biệt và đánh giá được sự tác động của các yếu tố trên, khắc phục được những hạn chế từ hướng đo thực địa hoặc vật lý. RNM ở Việt Nam có nhiều chủng loại đa dạng tập trung chủ yếu ở khu vực ven biển Bắc Bộ và Nam Bộ đã thu hút nhiều nghiên cứu. Có thể kể đến các nghiên cứu của Burger (2005) sử dụng mô hình SWAN để mô phỏng sự lan truyền của sóng vào RNM ở tỉnh Thái Bình. Phuoc và Massel (2006) đã phát triển mô hình số cho RNM hỗn hợp có chiều sâu nước thay đổi, thu được một số kết quả về vai trò rất hiệu quả của bộ rễ RNM trong việc bồi tụ bùn cát góp phần chống xói lở ở khu vực biển Cần Giờ.

Bài báo này tập trung vào khu vực nghiên cứu là vùng ven biển tỉnh Bạc Liêu - nơi nhận nguồn

¹ Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Bách Khoa - ĐHQG Tp. Hồ Chí Minh
Email: ndthao@hcmut.edu.vn

phù sa lớn từ sông Mekong, có đầy đủ các yếu tố thuận lợi để hệ thống RNM sinh sôi và phát triển. Thành phần cây ngập mặn chủ yếu ở Bạc Liêu là loại cây đước, cây mắm và cây vẹt (Hanh và nnk., 2019), trong đó, loại cây đước chiếm tỉ trọng nhiều nhất nên có thể lấy làm loại cây đại diện đưa vào mô hình tính toán. Kết quả từ số liệu thực địa cho thấy thông số của rừng cây đước có thể phân loại dựa theo mật độ rừng (Janssen, 2016):

Bảng 1. Cấu trúc RNM khu vực nghiên cứu

Mật độ	Rễ			Thân			Tán lá		
	N_v (rễ/m ²)	b_v (cm)	a_h (m)	N_v (thân/m ²)	b_v (cm)	a_h (m)	N_v (tán lá/m ²)	b_v (cm)	a_h (m)
Thưa	15	1	0	0.3	20	2	20	1	10
T. Bình	45	2	1	0.6	45	5	110	1	12
Cao	70	3	1	0.9	75	8	450	1	12

N_v : số rễ, thân, lá trên 1 mét vuông; b_v : đường kính rễ, thân, lá; a_h : chiều cao rễ, thân, lá.

Một số kết quả từ mô hình XBeach (mô hình được phát triển bởi Đại học TUDelft mô phỏng quá trình lan truyền sóng và tương tác giữa các yếu tố thủy động lực học) sẽ được phân tích cho 4 trường hợp: rừng có mật độ thưa (C1), mật độ trung bình (C2), mật độ cao (C3) và không có RNM (C4). Từ các kết quả thực nghiệm trên, các yếu tố có tác động lớn nhất đến hiệu quả giảm sóng của RNM tại tỉnh Bạc Liêu sẽ được tập trung nghiên cứu và phân tích cụ thể.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

a) Số liệu đầu vào

Các thông số đầu vào được lấy từ mô hình Delft Dashboard, được chia làm 3 nhóm chính: địa hình đáy, cây ngập mặn và thủy động lực học (sóng, thủy triều).

Địa hình đáy: theo nghiên cứu của Albers và nnk. (2013) vùng biển khu vực Đồng bằng sông Cửu Long – khu vực RNM phát triển có độ dốc rất thoải. Dữ liệu trích xuất từ mô hình cho thấy vùng biển tại Bạc Liêu có độ dốc 1/1000 là phù hợp.

Thông số hình học cây ngập mặn: theo mô hình của Janssen (2016) cây ngập mặn gồm 3 phần chính: rễ, thân và tán lá. Mỗi phần của cây ngập mặn có đặc tính riêng dẫn đến mức độ giảm sóng của từng phần cũng khác biệt. Các thông số của RNM về đường kính, chiều cao, mật độ được

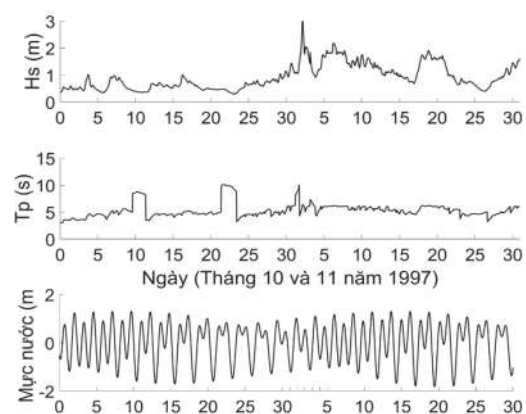
lấy theo **Bảng 1**, tương ứng cho 3 trường hợp rừng có mật độ khác nhau. Ngoài ra, Giri (2011) chỉ ra rằng RNM chủ yếu sinh sống ở khu vực mực nước triều thường xuyên thay đổi nên trong nghiên cứu này có thể xấp xỉ rằng bề rộng của RNM là một hàm số phụ thuộc vào mực nước triều và độ dốc của địa hình đáy (**Bảng 2**).

Sóng và thủy triều: Theo Mendez và Losada (2004), sự tương tác của sóng và cây thực vật ven biển phụ thuộc chủ yếu vào chiều cao sóng, chu kỳ sóng và hướng sóng. Trong phạm vi nghiên cứu, mô hình chỉ xem xét hướng sóng chính - hướng vuông góc với bờ đối với bài toán XBeach 1D.



Hình 1. Khu vực tính toán ở ven biển tỉnh Bạc Liêu. (Nguồn: Google Earth Pro)

Số liệu chiều cao sóng, chu kỳ sóng và mực nước dâng được lấy theo thông số của cơn bão Linda xảy ra vào tháng 10 và 11 năm 1997 - cơn bão được xem là “tồi tệ” nhất ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (Takagi và nnk., 2017).



Hình 2. Số liệu sóng và thủy triều ghi nhận được từ cơn bão Linda tại vùng ngoài khơi Côn Đảo vào tháng 10 và 11 năm 1997 tại tọa độ (8°30'N, 106°E) (Nguồn: ERA - Interim và Delft Dashboard)

Theo **Hình 2**, chiều cao sóng có nghĩa $H_{s,max}$ được ghi nhận lên đến 3 m, chu kỳ sóng lớn nhất $T_{p,max}$ là 10 s vào khoảng cuối tháng 10 và đầu tháng 11 năm 1997. Trong khi đó mực nước triều dao động là 2.5 m. **Bảng 2** gồm các thông số sóng được khai báo trong mô hình với 5 trường hợp chiều cao sóng, 4 trường hợp chu kỳ sóng và 9 trường hợp mực nước do thủy triều. Tổ hợp lại các trường hợp trên cho kết quả tương ứng với mỗi trường hợp mật độ cây ngập mặn (mật độ thưa, mật độ trung bình, mật độ cao và không có rừng) sẽ có 180 trường hợp thông số đầu vào.

Bảng 2. Thông số sóng và thủy triều tại biên ngoài khơi - Côn Đảo

Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Hs	m	1 1.5 2 2.5 3
Tp	s	4 6 8 10
B	m	500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2250 2500
D	m	0.5 0.75 1 1.25 1.5 1.75 2 2.25 2.5

H_s : chiều cao sóng có nghĩa; T_p : chu kỳ sóng; B : bề rộng dải rừng; D : mực nước dâng do thủy triều.

b) Hệ phương trình chủ đạo

Mô hình XBeach được xây dựng trên cơ sở phương trình cân bằng hoạt động sóng (*Wave Action Balance*) (Holthuijsen và nnk., 1989):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial C_{gx}A}{\partial x} = -\frac{D_w + D_f + D_v}{\sigma} \quad (1)$$

Trong đó: $A = S_w(x,t)/\sigma(x,t)$; t là thời gian; S_w – mật độ năng lượng sóng; σ – tần số sóng tương đối; C_{gx} – vận tốc của nhóm sóng; D_w – năng lượng sóng giảm do sóng vỡ; D_f – năng lượng sóng giảm do ma sát đáy; D_v – năng lượng sóng giảm do sự xuất hiện của RNM. Trong phương trình (1), vế phải là các giá trị D_f , D_w , D_v của hàm nguồn đại diện cho quá trình tiêu tán năng lượng của sóng. Ở đây, các nguồn gây phát sinh như gió sẽ được bỏ qua. Kết quả tính toán từ phương trình (1) là các giá trị của ứng suất tán xạ sóng (*Radiation stress*) – cũng chính là các tham số đầu vào cho hệ phương trình (2) và (3). Các giá trị đầu ra như: mực nước, vận tốc sóng, chiều cao sóng được tính toán theo hệ phương trình sóng

nước nông (*Shallow Water Equations*) hai chiều được viết dưới dạng:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial U^L h}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial U^L}{\partial t} + U^L \frac{\partial U^L}{\partial x} = g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{-\tau_{bx} + F_w + F_v}{\rho h} \quad (3)$$

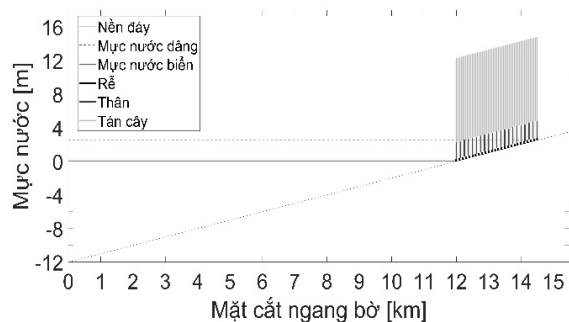
Trong đó: η – mực nước theo thời gian t ; h – độ sâu nước; U^L – vận tốc sóng Lagrange; τ_{bx} – ứng suất cắt đáy; F_w – lực cản do cây ngập mặn; F_v – lực sóng do ứng suất tán xạ của sóng. Để đánh giá hiệu quả giảm sóng của RNM, tỉ lệ giảm sóng r (m^{-1}) theo công thức Mazda và nnk. (1997) được sử dụng:

$$r = \frac{\Delta H}{H \Delta x} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \times \frac{1}{\Delta x} \quad (4)$$

Trong đó: H_1 – chiều cao sóng tại điểm bắt đầu RNM; H_2 – chiều cao sóng sau khi di chuyển được một đoạn $\Delta x = 100$ m.

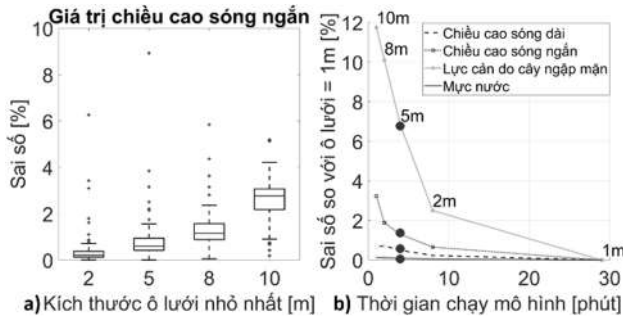
c) Thiết lập mô hình số XBeach 1D

Mô hình RNM trong XBeach được thể hiện trong **Hình 3**. Miền tính toán mô hình có chiều dài 12 km tính từ biên ngoài khơi đến RNM.



Hình 3. Mô hình toán RNM XBeach là các thanh hình trụ có đường kính, chiều cao và mật độ trong Bảng 1.

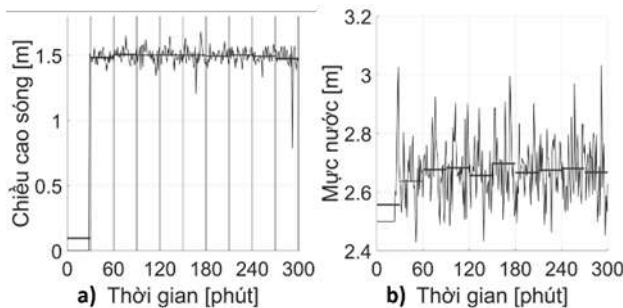
Độ phân giải lưới tính toán: Độ phân giải lưới tính toán tăng dần từ biên ngoài khơi đến bờ để rút ngắn thời gian chạy mô hình và kết quả phải có độ chính xác cao. Để xác định kích thước lưới tính toán tối ưu, nghiên cứu này xét đến 5 trường hợp có ô lưới tính toán nhỏ nhất là: 1 m, 2 m, 5 m, 8 m và 10 m. Kết quả sai số của các giá trị chiều cao sóng ngắn H_{sw} , mực nước η , lực sóng F_x và chiều cao sóng dài của 5 trường hợp được thể hiện trong **Hình 4**.



Hình 4. Giá trị sai số chiều cao sóng dài, chiều cao sóng ngắn, lực cản do cây ngập mặn và mực nước.

Kích thước ô lưới càng nhỏ thì thời gian chạy mô hình càng lớn. Vì vậy, để rút ngắn thời gian chạy mô hình cũng như đảm bảo độ chính xác, trường hợp 2 - ô lưới tính toán bằng 5 m được chọn để tối ưu về độ tin cậy cũng như thời gian chạy mô hình.

Thời gian tính toán: cần khai báo thời gian chạy để đảm bảo rằng kết quả đầu ra của mô hình sẽ đạt được trạng thái ổn định. Theo kết quả của Hình 5, giá trị chiều cao sóng ngắn đạt được độ ổn định sau khoảng 30 phút và giá trị mực nước đạt ổn định sau khoảng 60 phút.



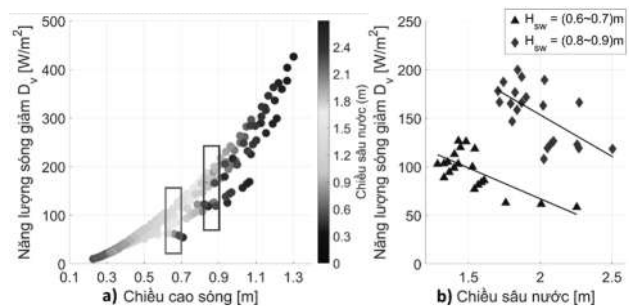
Hình 5. Chiều cao sóng và mực nước theo thời gian.

Do đó, có thể xác định rằng thời gian cần thiết để mô hình đạt được trạng thái ổn định là 60 phút. Thời gian được chọn để chạy các trường hợp trong mô hình là 180 phút, trong đó thời gian để lấy kết quả đầu ra là từ phút 61 đến phút 180, bước nhảy của mô hình là 1 phút.

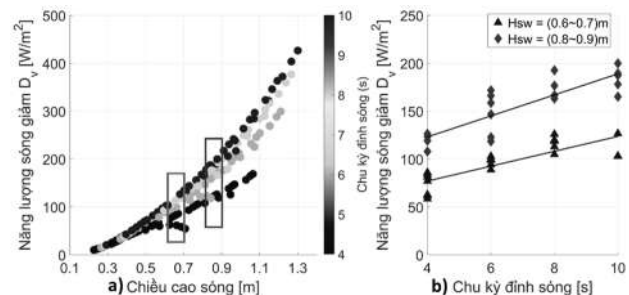
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các yếu tố điển hình ảnh hưởng đến sự giảm sóng của RNM là mật độ rừng, chiều cao sóng tới, chu kỳ sóng, bề rộng rừng, ma sát nền đáy và độ sâu nước được phân tích cụ thể thông qua kết quả của mô hình số.

Năng lượng sóng giảm do cây ngập mặn: Theo phương trình (1), năng lượng sóng tiêu tán khi lan truyền vào bờ phụ thuộc vào ba yếu tố: tiêu tán do sóng vỡ, ma sát nền đáy và cây ngập mặn. Kết quả tính toán tại trường hợp điển hình (chiều cao sóng $H_s = 3\text{ m}$; chu kỳ đỉnh sóng $T_p = 10\text{ s}$; mực nước = 2.5 m; bề rộng rừng = 2500 m): $D_v = 4.27\text{ (W/m}^2\text{)}$, $D_f = 0.57\text{ (W/m}^2\text{)}$, $D_w = 2.7\text{ (W/m}^2\text{)}$. Năng lượng tiêu tán do ma sát đáy D_f và sóng vỡ D_w chiếm một tỉ trọng rất nhỏ chỉ khoảng 0.5% trên tổng năng lượng tiêu tán do cả ba yếu tố ($D_w + D_f + D_v$).



Hình 6. Năng lượng sóng giảm, chiều cao sóng và chiều sâu nước.

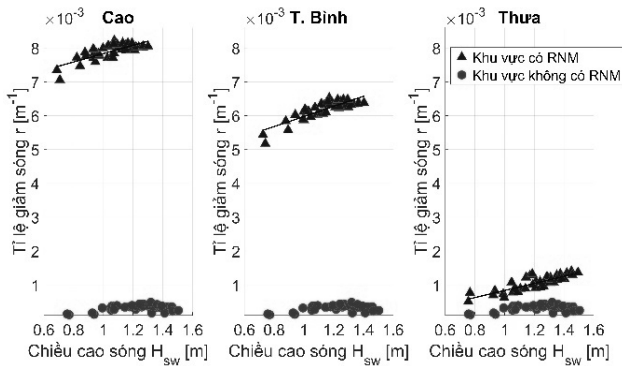


Hình 7. Năng lượng sóng giảm và chu kỳ sóng.

Từ công thức (5) (Dalrymple và nnk., 1984; Mendez và Losada, 2004), có thể thấy rằng năng lượng sóng giảm do RNM là một hàm số của chiều cao sóng, chu kỳ đỉnh sóng và độ sâu nước: $D_v = f(H_s, T_p, h \dots)$

$$D_v = \left(\frac{gk}{2\sigma}\right)^3 \frac{\rho C_D b_v N_p \sinh^3 kh + 3 \sinh kh}{6\sqrt{\pi} k \cosh^3 kh} H_{rms}^3 \quad (5)$$

Trong đó: N_p – mật độ cây ngập mặn; H_{rms} – chiều cao sóng hiệu dụng; b_v – đường kính cây; k – số sóng.



Hình 8. Tỉ lệ giảm sóng r trong khu vực có rừng và không có rừng đối với ba loại mật độ rừng khác nhau

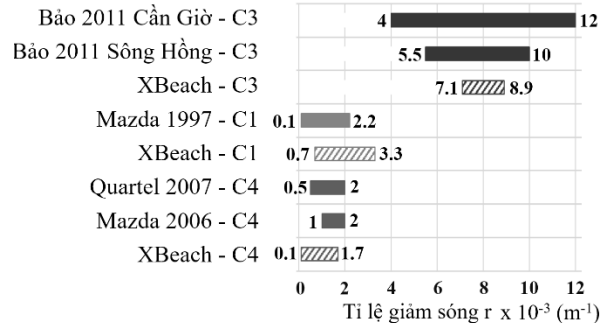
Chiều cao sóng và độ sâu nước: Hình 6a, năng lượng sóng giảm D_v tỉ lệ thuận với chiều cao sóng và tỉ lệ nghịch với độ sâu nước, điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Mazda và nnk. (2006). Hình 6b thể hiện rõ hơn mối quan hệ của D_v và độ sâu nước h . Khi xét các trường hợp có cùng chiều cao sóng H_s từ 0.6 m đến 0.7 m và H_s từ 0.8 m đến 0.9 m, khi chiều sâu nước tăng thì năng lượng sóng giảm bởi RNM D_v có xu hướng giảm.

Chu kỳ đỉnh sóng: Xét cùng một giá trị chiều cao sóng trong Hình 7, trường hợp có chu kỳ đỉnh sóng lớn hơn sẽ cho giá trị D_v cao hơn. Như vậy chu kỳ đỉnh sóng tỉ lệ thuận với năng lượng sóng giảm D_v .

Mật độ rừng: Giá trị giảm sóng r được tính theo công thức (4) cho 3 trường hợp mật độ rừng khác nhau và 1 trường hợp không có rừng. Kết quả trong Hình 8, giá trị giảm sóng r tăng dần tương ứng với mật độ rừng thưa, trung bình và cao.

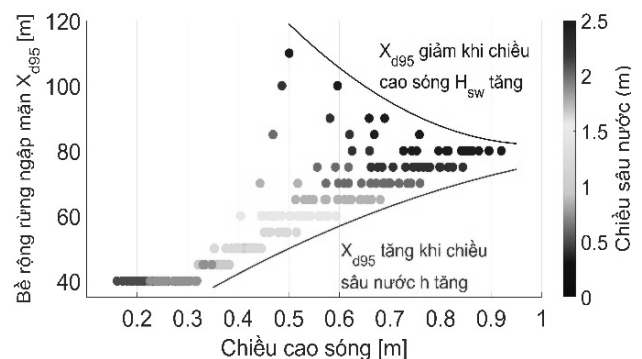
Các kết quả tính toán từ mô hình XBeach được so sánh với các nghiên cứu trước đây trong Hình 9. Đối với trường hợp rừng mật độ cao (C3), tỉ lệ giảm sóng $r_{XBeach} = [7.1 + 8.9] \times 10^{-3} (m^{-1})$ là tương đồng với kết quả của $r_{Bao} = [4 + 12] \times 10^{-3} (m^{-1})$ Bao (2011). Tương tự cho trường hợp rừng có mật độ thưa (C1), giá trị $r_{XBeach} = [0.7 + 3.3] \times 10^{-3} (m^{-1})$ không chênh lệch đáng kể so với giá trị đo đạc ngoài thực địa $r_{Mazda} = [0.1 + 2.2] \times 10^{-3} (m^{-1})$ Mazda và nnk. (1997). Trường hợp không có RNM (C4), giá trị $r_{XBeach} = [0.1 + 1.7] \times 10^{-3} (m^{-1})$ và các

nghiên cứu của Mazda và nnk. (2006), Quartel (2007) có giá trị $r_{Mazda-Quartel} = [0.5 + 2] \times 10^{-3} (m^{-1})$. Như vậy, tỉ lệ giảm sóng r từ mô hình XBeach là phù hợp với kết quả đạt được trong các nghiên cứu trước đây.



Hình 9. Tỉ lệ giảm sóng r trong mô hình XBeach và các nghiên cứu trước đây

Bề rộng RNM: Hình 10 thể hiện bề rộng RNM cần thiết để năng lượng sóng giảm đi 95% trong trường hợp rừng mật độ cao. Năng lượng sóng E xét tại điểm bắt đầu của rừng, sóng đi thêm một đoạn X_{d95} , để năng lượng sóng E giảm đi 95%. Khi chiều cao sóng H_{sw} tăng thì bề rộng RNM X_{d95} sẽ giảm. Mặc khác, khi xét các trường hợp có cùng chiều cao sóng thì các trường hợp có chiều sâu nước lớn hơn sẽ lan truyền sóng vào trong RNM xa hơn. Đối với các trường hợp có chiều sâu nước nông từ 0.5 m đến 1.5 m, giá trị X_{d95} rơi vào 40 m đến 60 m. Như vậy, trường hợp nước “cạn” giảm sóng hiệu quả hơn so với nước “sâu”.



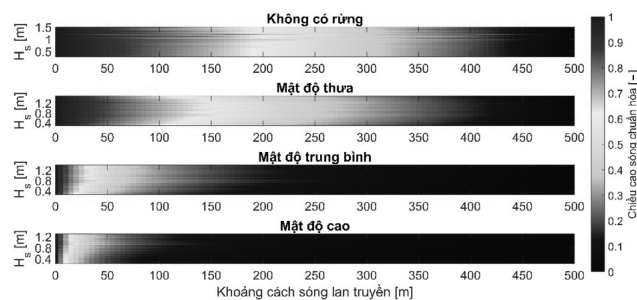
Hình 10. Bề rộng RNM để năng lượng sóng giảm 95%

Để làm rõ mối liên hệ giữa mật độ và bề rộng RNM, chiều cao sóng được chuẩn hóa về giá trị [0 1], tương ứng giá trị H_s nhỏ nhất tại $x = 500$ m và giá trị H_s lớn nhất tại $x = 0$ m:

$$H_i^{\text{chuẩn hóa}} = \frac{H_i - \min(H)}{\max(H) - \min(H)} \quad (6)$$

Trong đó: H - tập chiều cao sóng; i - chỉ số phần tử trong tập; $\min(H)$ - phần tử nhỏ nhất trong tập; $\max(H)$ - phần tử lớn nhất trong tập.

Hình 11 chỉ ra rằng hiệu quả giảm sóng của rừng phụ thuộc rất lớn vào mật độ rừng.



Hình 11. Mức độ chiều cao sóng chuẩn hóa ứng với các trường hợp tính toán.

Trường hợp không có rừng, sóng phải truyền khoảng 300 m mới giảm được khoảng 50% chiều cao sóng tới. Trường hợp rừng mật độ thưa, sóng phải truyền khoảng 200 m. Tương tự với rừng mật độ trung bình và cao thì bề rộng RNM cần thiết là 70 m và 30 m. Để giảm chiều cao sóng 50%, thì đối với rừng mật độ thấp, bề rộng rừng cần để giảm sóng phải lớn hơn so với rừng mật độ cao. Rừng mật độ lớn hơn chỉ cần bề rộng rừng bé hơn để giảm cùng một mức độ giảm chiều cao sóng tương tự khi so sánh với rừng mật độ thưa hơn.

4. KẾT LUẬN

RNM đã chứng minh được rất hiệu quả trong việc

giảm được các tác động của sóng lan truyền tới. Tỷ lệ giảm sóng đạt được từ mô hình toán có giá trị tương đối chính xác so với một số nghiên cứu trước đây đặc biệt là trong trường hợp rừng có mật độ cao, thưa và không có RNM. Tỷ lệ giảm sóng tỷ lệ thuận với mật độ rừng, mật độ rừng càng cao thì tỷ lệ giảm sóng càng lớn. Trường hợp không có RNM, tỷ lệ giảm sóng rất thấp trong 100 m đầu tiên, chủ yếu xảy ra do các hiện tượng như ma sát đáy hoặc sóng vỡ khi lan truyền vào bờ.

Mật độ rừng và bề rộng rừng có mối liên hệ chặt chẽ trong việc giảm sóng ở khu vực tỉnh Bạc Liêu. Rừng mật độ cao hơn chỉ cần bề rộng rừng bé hơn để giảm cùng một mức độ giảm chiều cao sóng tương tự khi so sánh với rừng có mật độ thưa hơn. Để tiêu tán gần như hoàn toàn năng lượng sóng (trên 95%) thì bề rộng dải RNM tối thiểu là 500 m, 450 m, 250 m và 150 m tương ứng cho các trường hợp không có rừng, mật độ thưa, trung bình và cao.

Kết quả nghiên cứu có khả năng chỉ ra được một số khu vực dọc bờ biển Việt Nam có diện tích rừng ngập mặn đang ngày càng bị thu hẹp có khả năng dễ bị tổn thương hay không dựa trên bề rộng dải RNM tối thiểu cần có tại mỗi khu vực tương ứng. Trong bước tiếp theo, nghiên cứu sẽ phát triển mô hình XBEACH 2D xét đến ảnh hưởng của dòng chảy và hướng sóng, đặc biệt là sự thay đổi bề rộng của RNM dọc bờ biển.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số **562-2020-20-03**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hanh N. H., Mạnh Đ. Q., Sáng T. V. và Kết C. B. *Phục hồi và phát triển RNM khu vực ven biển đồng bằng sông Cửu Long*. Viện Sinh thái Bảo vệ công trình, Tạp chí điện tử Bảo vệ rừng và Môi trường, Truy cập 23/07/2020, từ <https://baovemoitruong.org.vn/phuc-hoi-va-phat-trien-rung-ngap-man-khu-vuc-ven-bien-dong-bang-song-cuu-long/> 2019.
- Vu Duy Vinh. *Ứng dụng mô hình toán đánh giá vai trò làm giảm độ cao sóng của RNM ở vùng ven biển Hải Phòng*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, Tập 15, Số 1: 67-76, 2015.
- Albers, T., San, D. C., & Schmitt, K. *Coastal Protection in the Lower Mekong Delta*. GIZ, 124 pages, 2013.
- Bao, T.Q. *Effect of mangrove forest structures on wave attenuation in coastal Vietnam*. Oceanologia 53, 807–818, 2011.
- Burger, B. *Wave attenuation in mangrove forests*. M. Sc. Thesis, TU Delft, 73 pages, 2005.

- Dalrymple, R.A., Kirby, J.T., Hwang, P.A. *Wave diffraction due to areas of energy dissipation*. J. Waterw. Port Coast. Ocean Eng. 110, 67-79, 1984.
- Hashim, A. M. và Catherine S.M.P. *A laboratory study on wave reduction by mangrove forests*. APCBEE Procedia 5:27-32, 2013.
- Holthuijsen L.H., N. Booij, and T.H.C. Herbers. *A prediction model for stationary, short-crested waves in shallow water with ambient currents*. Coastal Engineering, 13(1):23–54, 1989.
- Horstman, E.M., Dohmen-Janssen, C.M., Narra, P.M.F., van den Berg, N.J.F., Siemerink, M., Hulscher, S.J.M.H. *Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations*. Coastal Engineering, Volume 94, pp. 47-62, 2014.
- Ismail, H., Abd Wahab, A.K. & Alias, N.E. *Determination of mangrove forest performance in reducing tsunami run-up using physical models*. Nat. Hazards 63, 939–963, 2012.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Duke, N., *Status and distribution of mangrove forests of the world using earth*. Global Ecology and Biogeography, Vol. 20, pp.154–159, 2011
- Janssen, M.P.J. *Flood hazard reduction by mangroves*. Master Thesis, TU Delft, 103 pp., 2016.
- Kathiresan, K. and Rajendran, N. *Coastal mangrove forests mitigated tsunami*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 65(3): 601–606, 2005.
- Mazda, Y., Magi, M., Kogo, M., and Hong, P. N. *Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam*. Mangroves and Salt marshes, 1(2):127–135, 1997.
- Mazda, Y., Magi, M., Ikeda, Y. et al. *Wave reduction in a mangrove forest dominated by Sonneratia sp.*. Wetlands Ecol Manage 14, 365–378, 2006.
- Mendez, F. J., & Losada, I. J. *An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields*. Coastal Eng., 51(2),103-118, 2004.
- Phuoc, V. L. H. & Massel, S. R. *Experiments on wave motion and suspended sediment concentration at Nang Hai, Can Gio mangrove forest, Southern Vietnam*. Oceanologia, 48(1): 23-40, 2006.
- Quartel, S., Kroon, A., Augustinus, P.G.E.F., Van Santen, P., Tri, N.H. *Wave attenuation in coastal mangroves in the red river delta, Vietnam*. J. Asian Earth Sci. 29, 576–584, 2007.
- Takagi H., Anh L. T., & Thao N. D. 1997 *Typhoon Linda Storm Surge and People's Awareness 20 Years Later: Uninvestigated Worst Storm Event in the Mekong Delta*. Natural Hazards Earth System Science Discussion, European Geosciences Union, 19 pages, 2017.

Abstract:

APPLICATION OF XBEACH IN EVALUATING THE WAVE REDUCTION OF MANGROVE FOREST AT THE COAST OF BAC LIEU PROVINCE

Mangrove forest plays an important role in protecting the coast naturally against high waves, storm surges, sea level rise and erosion by dissipating wave energy. Therefore, conducting research on the role of mangroves is necessary to assess the ability of mangroves to reduce waves. This study analyzes the reduction of wave height by mangrove forests at the coast of Bac Lieu province based on the XBeach 1D numerical model. The results show that the most influencing factors for wave reduction of mangrove forest are the density, the forest bandwidth, the incoming wave height and the water depth.

Keywords: Mangrove forest, XBeach, Wave reduction, Bac Lieu.

Ngày nhận bài: 17/8/2020

Ngày chấp nhận đăng: 18/9/2020