

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xác định nguyên nhân gây triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau

Lê Đình Quyết¹, Lê Xuân Hiền¹, Trịnh Xuân Hưng¹, Phạm Văn Tiến², Phạm Khánh Ngọc³, Bùi Mạnh Hà³, Nguyễn Bá Thủy^{3*}

¹ Trung Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Bộ; quiet.le74@gmail.com; lexuanhienkttv@gmail.com; trinxuanhung77@gmail.com

² Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Biến đổi khí hậu; phamvantienbn@gmail.com

³ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; ngocpkchibo@gmail.com; manhhamhc@gmail.com; thuybanguyen@gmail.com

*Tác giả liên hệ: thuybanguyen@gmail.com; Tel.: +84-975853471

Ban Biên tập nhận bài: 15/2/2022; Ngày phản biện xong: 16/3/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, hiện tượng và nguyên nhân triều cường cao kèm theo sóng lớn gây sạt lở đất biển Tây Cà Mau trong ngày 2–3 tháng 8 năm 2019 được phân tích dựa theo số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc và Thổ Chu, trạm thủy văn Sông Đốc và số liệu tái phân tích gió, sóng từ ECMWF và mực nước từ HYCOM. Trong đó, Thổ Chu và Phú Quốc là 2 trạm khí tượng hải văn thuộc đảo trên khu vực biển Tây Nam Bộ, trạm thủy văn Sông Đốc cách cửa biển khoảng 1,5 km, có thể ghi nhận được nước dâng từ cửa biển truyền vào. Kết quả cho thấy, số liệu quan trắc mực nước tại trạm thủy văn Sông Đốc đã ghi nhận nước dâng cao bất thường vào buổi chiều tối ngày 02–03 tháng 8 năm 2019, nguyên nhân do nước dâng từ cửa biển truyền vào. Tại ven biển Tây Cà Mau xuất hiện đồng thời thủy triều cao kèm theo nước dâng do gió và sóng lớn, trong đó sóng lừng có đóng góp rất đáng kể trong mực nước dâng tổng hợp. Nguyên nhân gây nước dâng kèm theo sóng lớn tại khu vực là do gió mùa Tây Nam mạnh, duy trì dài ngày trên khu vực, đáng chú ý nhất là vùng gió mạnh trên khu vực Tây Bắc và Nam Mũi Cà Mau đã gây những đợt sóng lừng cao. Kết quả của nghiên cứu có ý nghĩa trong giám sát, dự báo và cảnh báo hiện tượng triều cường cao bất thường, sóng lớn tại khu vực.

Từ khóa: Triều cường; Nước dâng bất thường; Sóng lớn; Sóng lừng; Tây Cà Mau.

1. Mở đầu

Thông tin về mực nước và sóng biển có ý nghĩa quan trọng nhất trong phòng tránh thiên tai, quy hoạch và phát triển kinh tế trên biển và vùng ven bờ. Chính vì vậy, nhu cầu cần có thông tin dự báo, cảnh báo tin cậy ngày càng cao, nhất là trong tình huống có nước biển dâng cao kèm theo sóng lớn tại khu vực. Dao động mực nước biển được chia ra làm hai loại chính, đó là loại dao động có chu kỳ, đặc trưng nhất là thủy triều; loại dao động không có chu kỳ bao gồm dao động dâng, rút do gió và áp xuất khí quyển. Trong những dao động kể trên nguy hiểm nhất là hiện tượng nước dâng do bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ). Tuy nhiên, trong thực tế tại một số vùng ven biển, cảng biển và cửa sông đã xuất hiện mực nước biển dâng cao bất thường kèm theo sóng lớn ngay cả khi không có bão và ATNĐ.

Thuật ngữ “triều cường” mà dân gian thường gọi là hiện tượng mực nước biển dâng cao tại vùng ven bờ. Trong đó, độ cao của mực nước là tổng hợp của độ cao triều thiên văn (do mặt trăng, mặt trời) và nước dâng do gió, do sóng (gọi chung là nước dâng). Triều thiên văn

là dao động có chu kỳ và có thể dự tính với độ tin cậy cao trước thời gian dài, trong khi đó nước dâng là yếu tố không có chu kỳ và chỉ có thể dự báo tin cậy trước khoảng thời gian ngắn (1–3 ngày), tùy thuộc vào công nghệ dự báo khí tượng hải văn. Nước dâng xuất hiện trùng vào thời điểm thủy triều cao sẽ rất nguy hiểm, gây ngập lụt, sạt lở đê biển, xâm nhập mặn sâu trong nội đồng,... Chính vì vậy, nước dâng đã được quan tâm và đầu tư nghiên cứu từ lâu. Theo một số nghiên cứu ở nước ngoài, đa phần nguyên nhân gây mực nước dâng cao bất thường ở vùng ven biển, cửa sông là do sự cộng hưởng của một số sóng có chu kỳ dài từ lan truyền vào từ ngoài khơi. Các sóng có chu kỳ dài này được hình thành bởi một số nguyên nhân như: nhiễu động khí áp (chênh lệch áp suất khí quyển trong không gian hẹp, sự dịch chuyển của các front lạnh), sóng thần, các hoạt động địa chấn địa phương, các sóng nội và dòng chảy siết [1–8]. Ngoài ra, trong một số đợt gió mùa mạnh, kéo dài, thổi theo hướng ổn định cũng gây nên nước dâng lớn [9–10]. Theo một số nghiên cứu ở nước ngoài thì nhiễu động khí áp là thường là nguyên nhân phổ biến gây nước dâng vùng ven biển cao bất thường và thường xảy ra trong một số tháng nhất định của năm tùy theo từng khu vực [2, 4, 6]. Tuy nhiên, xác định chính xác thời điểm xảy ra để có thể dự báo, cảnh báo còn gặp nhiều khó khăn. Đã có rất nhiều trường hợp mức độ gây thiệt hại do nước dâng cao thường gây nên không kém so với tác động của sóng thần nên một số chuyên gia nước ngoài gọi hiện tượng này là “*Meteorological Tsunamis*” hoặc sóng “*Seiche*” [1, 2, 4, 7]. Ở một số nước như Mỹ, Nhật Bản, Hà Lan, Tây Ban Nha..., mực nước biển dâng cao bất thường đã ghi nhận tại nhiều vùng ven biển, gây nên thảm họa lớn và được gắn với các tên gọi khác nhau cho từng địa phương [3–4, 9, 10]. Tại Việt Nam, vào các tháng cuối và đầu năm tại một số khu vực ở miền Trung như Tuy Hòa–Phú Yên xuất hiện mực nước biển dâng cao bất thường kèm theo sóng lớn (dân gian hay gọi là triều cường). Hiện tượng mực nước biển dâng cao bất thường tại Tuy Hòa, Phú Yên đã được phân tích dựa theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm thủy văn Phú Lâm (cách cửa biển khoảng 2 km) và trạm quan trắc mực nước bổ sung tại cửa biển Tuy Hòa vào tháng 12/2016 [11–12]. Nghiên cứu của nhóm tác giả [12–15] về hiện tượng triều cường cao kèm theo sóng lớn cho thấy ngoài thủy triều thì tác động trực tiếp của gió mùa Đông Bắc và gián tiếp thông qua hiệu ứng Ekman (do dòng chảy mạnh ven dọc bờ biển Trung Bộ xuất hiện trong mùa gió mùa Đông Bắc) là nguyên nhân gây nước dâng tại khu vực. Đây là nguyên nhân không phải tất cả những ngày có thủy triều cao thì mực nước biển lại cao bất thường mà chỉ vài ngày trong số đó. Trong trường hợp mực nước dâng cao bất thường xuất hiện trùng với thời điểm thủy triều cao, kết hợp với sóng lớn sẽ trở nên rất nguy hiểm như gây ngập lụt, xói lở vùng bờ, xâm nhập mặn trong nội đồng, đặc biệt đối với hoạt động của tàu, thuyền trong cảng do bởi những tác động không những theo phương thẳng đứng (mực nước biển dâng cao) mà còn theo phương ngang (hệ thống dòng chảy) cũng rất mạnh [11].

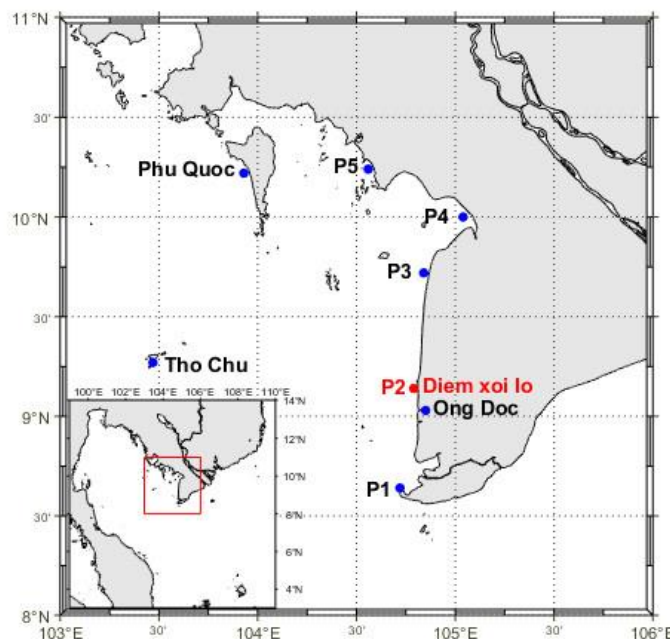
Trong nghiên cứu này, hiện tượng mực nước biển dâng cao bất thường kèm theo sóng lớn gây tràn, sạt lở đê biển tại vùng ven biển huyện Trần Văn Thời, Cà Mau trong ngày 02–03 tháng 8 năm 2019 được phân tích dựa trên số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn, thủy văn và số liệu tái phân tích gió, sóng và nước dâng. Kết quả của nghiên cứu để khẳng định có hiện tượng xuất hiện nước biển dâng cao, kèm theo sóng lớn tại khu vực mà các phương tiện truyền thông, chính quyền địa phương đã phản ánh, đồng thời qua đó xác định nguyên nhân gây nước dâng và sóng lớn tại khu vực, qua đó định hướng xây dựng quy trình dự báo, cảnh báo hiện tượng này tại khu vực.

2. Số liệu và phương pháp phân tích

Phạm vi khu vực ven biển nghiên cứu thể hiện trên hình 1 với vị trí sạt lở tại điểm P2. Tại khu vực ven biển Tây Cà Mau không có trạm khí tượng hải văn, tuy nhiên, cách cửa biển khoảng 1,5 km có trạm thủy văn Ông Đốc nên ít nhiều ghi nhận được nước dâng từ biển truyền vào trong đợt triều cường này (Hình 1). Trên vùng biển Tây Nam Bộ có 2 trạm khí tượng hải văn là Phú Quốc và Thổ Chu (hình 1), số quan trắc gió và sóng tại 2 trạm này được thu thập từ ngày 29/7 đến 05/8 năm 2019 để đánh giá diễn biến gió và sóng trên khu vực. Tại

trạm khí tượng hải văn, gió được quan trắc tại các ốp 01, 07, 13 và 19 giờ, sóng được quan trắc theo ước lượng bằng mắt vào 03 ốp ban ngày 07, 13 và 19 giờ, nên có hạn chế trong phân tích đánh giá. Số liệu tái phân tích từ Cơ quan khí tượng hạn vừa Châu Âu (*ECMWF-European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) với độ phân giải $0,25^\circ$ được sử dụng để đánh giá độ lớn và hướng truyền của gió, sóng trên khu vực [16]. Trong đó, sóng được phân tích cho cả sóng có nghĩa $H(\text{Sig.})$, sóng gió (H_{Wind}) và sóng lừng (H_{Swell}). Mực nước được trích xuất từ số liệu của HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*) độ phân giải $0,08^\circ$, là giá trị tính theo mốc mực trung bình toàn cầu. Từ chuỗi số liệu mực nước theo thời gian của HYCOM có thể ước lượng độ lớn nước dâng tại các vị trí [17]. Một số nghiên cứu trước đã chỉ ra nhận rằng, về định lượng số liệu tái phân tích thường thiên thấp so với thực tế, tuy nhiên đã phản ánh tương đối tốt xu thế của các yếu tố khí tượng hải văn [18].

Để xác định độ lớn nước dâng trong các đợt triều cường này, phương pháp bình phương tối thiểu được ứng dụng để phân tích điều hòa và dự tính thủy triều, sau đó loại thủy triều từ mực nước quan trắc để thu được nước dâng [19].



Hình 1. Phạm vi khu vực nghiên cứu và vị trí trạm, điểm phân tích dữ liệu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện tượng triều cường cao, sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau

Hiện tượng sạt lở bờ biển và xâm thực tại khu vực ven biển Nam Bộ nói chung và Cà Mau nói riêng vẫn diễn ra hàng năm, nhất là trong các đợt triều cường kèm theo sóng lớn và mưa lũ trong nội đồng. Theo thống kê của Chi cục Thủy lợi tỉnh Cà Mau [20], ở khu vực bờ biển Tây Cà Mau mức độ sạt lở từ 20–25 m/năm, đặc biệt có những nơi lên đến 50 m/năm; mức độ này ở khu vực ven biển Đông Cà Mau từ 45–50 m/năm. Trên tuyến đê biển Tây Cà Mau có 05 vị trí sạt lở rất nguy hiểm như đoạn Nam vàm Sông Đốc (Thị trấn sông Đốc, huyện Trần Văn Thời), Nam Kênh Mới (xã Khánh Hải, huyện Trần Văn Thời), đê biên Bắc vàm Kênh Mới (xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời), đoạn bờ biển nằm trong kè ly tâm 1.186 m và đoạn bờ Bắc, bờ Nam Tiểu Dừa. Những năm gần đây, cứ vào thời kỳ gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh trên khu vực (tháng 7–10), ven biển Tây Cà Mau thường xuất hiện từ 1–3 đợt nước biển dâng cao bất thường kèm theo sóng lớn (hay gòn gọi là triều cường, sóng lớn) gây nước tràn đê, sạt lở bờ biển nghiêm trọng. Gần đây, đáng chú ý nhất là đợt triều cường kèm theo sóng lớn vào ngày 02–03 tháng 8 năm 2019 và đợt ngày 11–12 tháng

7 năm 2022 đã được các phương tiện truyền thông, và chính quyền phản ánh. Trên hình 2a–2b là ảnh được ghi nhận trong đợt triều cường kèm theo sóng lớn tại khu vực vào ngày 03 tháng 08 năm 2019 và ngày 11 tháng 7 năm 2022 [21–22].



Hình 2. (a) Triều cường dâng cao khiến nước tràn qua mặt đê biển Tây thuộc khu vực xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời vào chiều ngày 03/8/2019 [21]; (b) Triều cường dâng cao khiến nước tràn qua mặt đê biển Tây thuộc khu vực xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời vào chiều ngày 11/7/2022 [22].

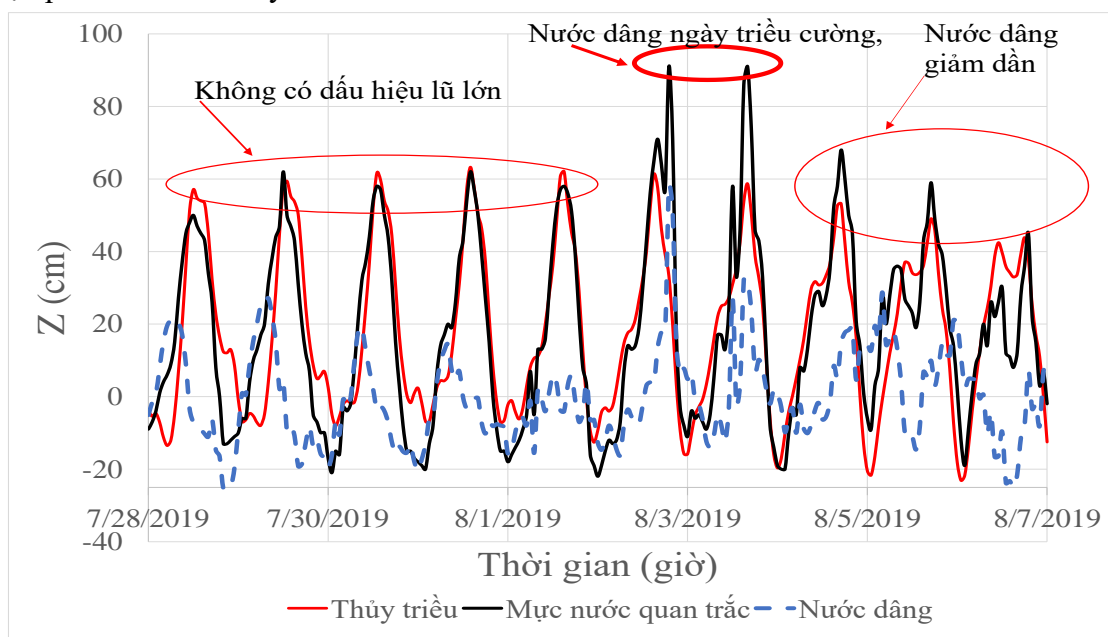
Theo báo cáo của Ủy ban nhân dân (UBND) tỉnh Cà Mau ngày 08/8/2019 về tình hình thiệt hại do thiên tai gây ra cho tỉnh Cà Mau, triều cường trong ngày 02–03/8/2019 đã làm sạt lở nghiêm trọng tuyến đê Đá Bạc–Kinh Mới (thuộc đoạn đê biển phía bờ Bắc vàm Kênh Mới) khoảng 356 m [20]. Theo số liệu khảo sát đo đạc, tại khu vực ấp Kênh Hòn, nước tràn qua mặt đê khoảng 0,1–0,3 m làm cho hầu hết nhà dân ở khu vực ven đê bị ngập, có nhiều nhà ngập sâu trên 1,0m. Đoạn đê từ Hòn Đá Bạc trở về phía trạm Biên phòng Đá Bạc với mái đê bê tông không xuất hiện hiện tượng sạt lở. Theo phỏng vấn người dân sinh sống ngay gần vị trí sạt lở (nhà dân sinh sống nhiều năm tại ấp Kênh Mới, xã Khánh Bình Tây, cách vị trí sạt lở khoảng 200m) thì vào khoảng 15 giờ ngày 03/8/2019 nước biển dâng lên rất nhanh, thời gian nước dâng duy trì khoảng 30–40 phút, sau đó xuống nhanh. Ngoài nước dâng cao, hướng gió thổi vuông góc với tuyến đê, gió rất mạnh đã làm một số người đi trên đê ngã văng vào trong đê. Sóng ngoài đê kè chắn sóng biển Tây Cà Mau phổ biến 2,5–3,5m đánh văng những tảng đá to dưới biển lên mặt đê. Nước dâng cao kèm sóng lớn đập vào mái đê tạo nên những cột nước bắn cao 3–5m. Tuy nhiên, người dân cũng cho biết, chiều ngày 02 tháng 8 cũng có hiện tượng nước biển dâng cao và sóng to nhưng thấp hơn ngày 03 tháng 8 và sang ngày 04 tháng 8 (sau sạt lở nghiêm trọng), mực nước ở mức bình thường, mặc dù sóng vẫn khá lớn. Qua điều tra, thông tin từ người dân đều cho biết từ trước đến nay chưa thấy xuất hiện hiện tượng nước dâng cao bất thường như vậy. Tại những vị trí đê bị sạt lở phía trước thường không có rừng ngập mặn, mặc dù có đê chắn sóng (Hình 3).

Đê khằng định có hiện tượng nước dâng cũng như đánh giá định lượng các thành phần mực nước tại ven biển, số liệu quan trắc mực nước tại khu vực sẽ là nguồn tin cậy nhất. Tuy nhiên, do tại ven biển Tây Cà Mau không có trạm quan trắc mực nước tại cửa biển, mà chỉ có trạm thủy văn cửa sông, trạm Sông Đốc, trạm cách cửa biển khoảng 1,5km và cách vị trí sạt lở khoảng gần 20km (Hình 1). Khi mực nước biển tại cửa biển Tây Cà Mau dâng cao thì trạm thủy văn Sông Đốc cũng ít nhiều ghi nhận được nước dâng. Chính vì vậy, số liệu mực nước tại thủy văn Sông Đốc là nguồn duy nhất để khẳng định có hiện tượng nước biển dâng cao bất thường tại ven biển Tây Cà Mau như báo chí và người dân phản ánh không, cho dù trong một số trường hợp mực nước tại đây bị chi phối bởi lũ trên sông. Biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều dự tính và nước dâng (sau khi đã loại bỏ thủy triều) những ngày trước, trong và sau thời gian xuất hiện đợt triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau ngày 2–3/8/2019 thể hiện trên hình 4.



Hình 3. Khu vực bị sạt lở tại tuyến đê biển Hòn Đá Bạc–Kênh Mới không có rừng ngập mặn phía ngoài chắn sóng.

Kết quả cho thấy, trước các ngày xuất hiện mực nước cao không có dấu hiệu về sự xuất hiện của lũ lớn trên sông, bằng chứng là dao động mực nước trước ngày 02/8/2019 lên, xuống đều theo chu kỳ thủy triều (Hình 4), trong buổi chiều ngày 02 và 03 tháng 8 đã xuất hiện hai đợt mực nước tại trạm dâng cao bất thường, cao nhất khoảng cùng 91 cm lúc 19 giờ ngày 02/8/2019 và 15 giờ ngày 03/8/2019. So với cùng thời điểm của ngày trước đó, chênh lệch mực nước cao nhất trong ngày 02 và 03 tháng 8 tương ứng là 59 cm và 32 cm. Mặc dù nước dâng cao nhất ngày 03/8/2019 thấp hơn ngày 02/8/2019, nhưng do vào lúc thủy triều cao nên gây mực nước tổng cộng cao tương đương với ngày 02/8/2019. Sang ngày 04/8/2019, mực nước tại trạm Sông Đốc bắt đầu giảm dần và dao động trở lại theo chu kỳ thủy triều. Do vậy, có thể thấy rằng, trạm thủy văn Sông Đốc đã ghi nhận 02 đợt nước biển dâng cao bất thường từ ngoài cửa biển Tây Cà Mau truyền vào trong đợt triều cường cao kèm theo sóng lớn ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019. Kết quả phân tích số liệu tại trạm thủy văn Sông Đốc cũng phù hợp với phản ánh của người dân địa phương khi xem trực tiếp tại hiện trường buổi chiều ngày 02–03/8 năm 2019. Nguyên nhân gây nước dâng và sóng lớn tại khu vực trong thời gian này được phân tích dưới đây.



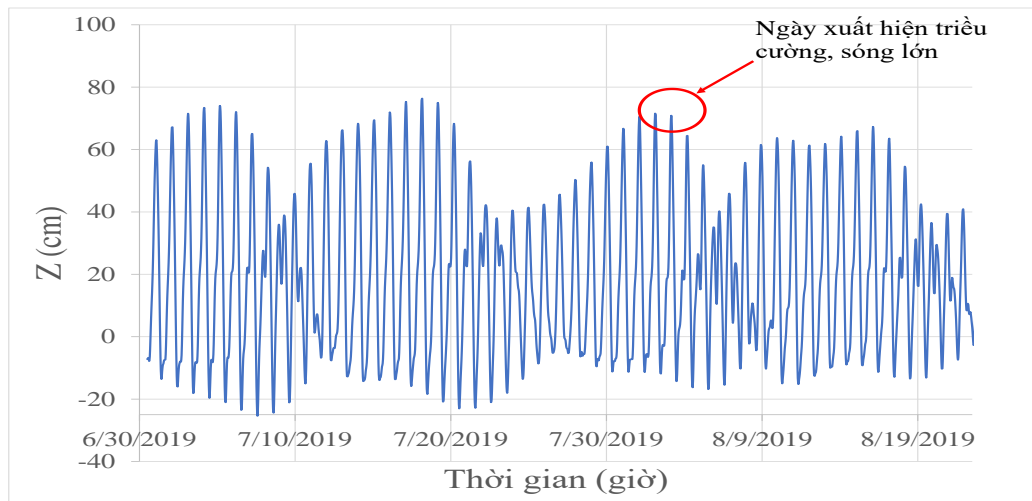
Hình 4. Biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng tại trạm thủy văn Sông Đốc trong đợt triều cường 2–3/8/2019 tại ven biển Tây Cà Mau.

3.2. Nguyên nhân nước dâng cao bất thường và sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau

a) Thủy triều tại khu vực

Độ cao mực nước tổng cộng ven biển phụ thuộc vào độ cao thủy triều, nước dâng sóng. Với sóng biển, qua thực tế cho thấy, những đợt sóng lừng với chu kỳ dài hơn sóng gió lan truyền từ những vùng sóng lớn ngoài khơi đóng góp nhiều vào mực nước dâng tổng cộng ven bờ. Chính vì vậy, để xác định nguyên nhân mực nước biển dâng cao cần phân tích đánh giá các yếu tố thủy triều, sóng (bao gồm sóng có nghĩa và sóng lừng) và nước dâng tại khu vực.

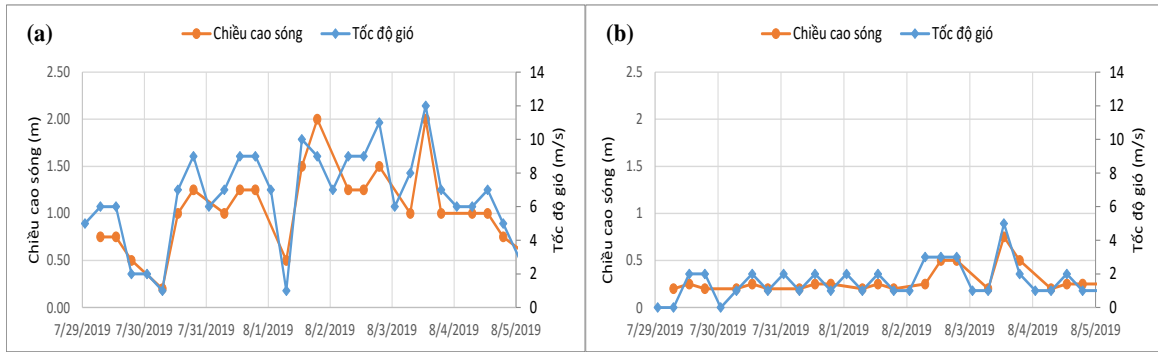
Trên hình 5 là diễn biến thủy triều tại xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, Cà Mau trong tháng 7–8 năm 2019, đây là số liệu dự tính từ kết quả phân tích hằng số điều hoà thủy triều từ chuỗi số liệu mực nước quan trắc do đề tài “Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo, cảnh báo mực nước biển dâng cao bất thường cho vùng ven biển Việt Nam”, mã số TNMT.2022.06.05 thực hiện vào tháng 7–9 năm 2022 tại ấp Đá Bạc, xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, Cà Mau. Có thể thấy rằng, thời điểm xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn, khu vực này đang trong kỳ triều cao, khoảng thời gian triều cao nhất trong ngày từ 14–17 giờ. Như vậy, có thể kết luận một trong những nguyên nhân gây triều cường cao bất thường tại ven biển Tây Cà Mau trong buổi chiều ngày 02, 03/8/2019 là do thủy triều cao.



Hình 5. Diễn biến thủy triều tại xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, Cà Mau trong tháng 7–8 năm 2019.

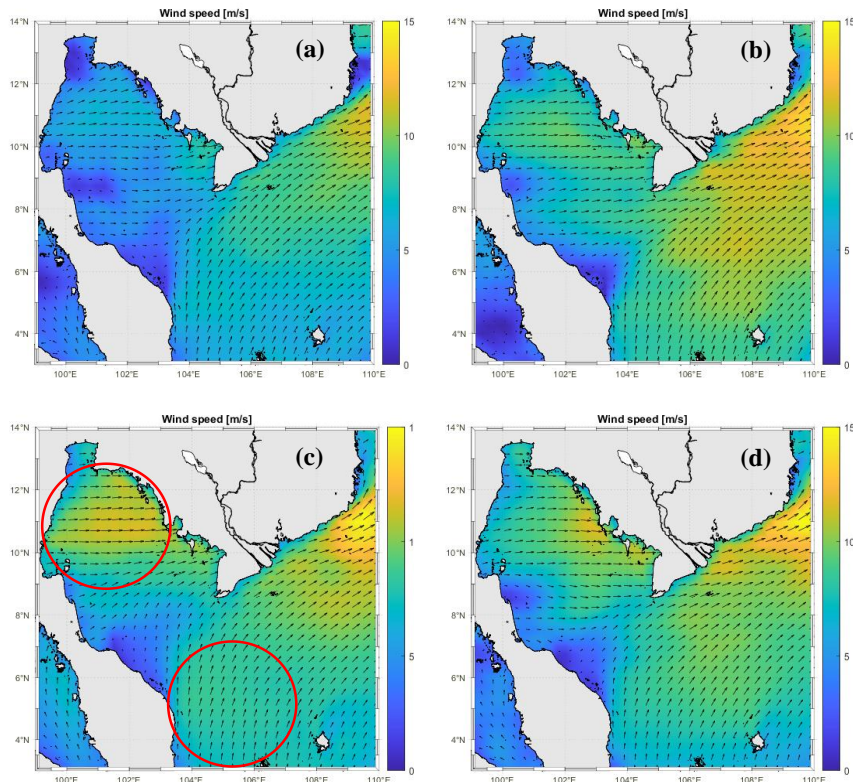
b) Gió, sóng trên Vịnh Thái Lan và biển Tây Nam Bộ

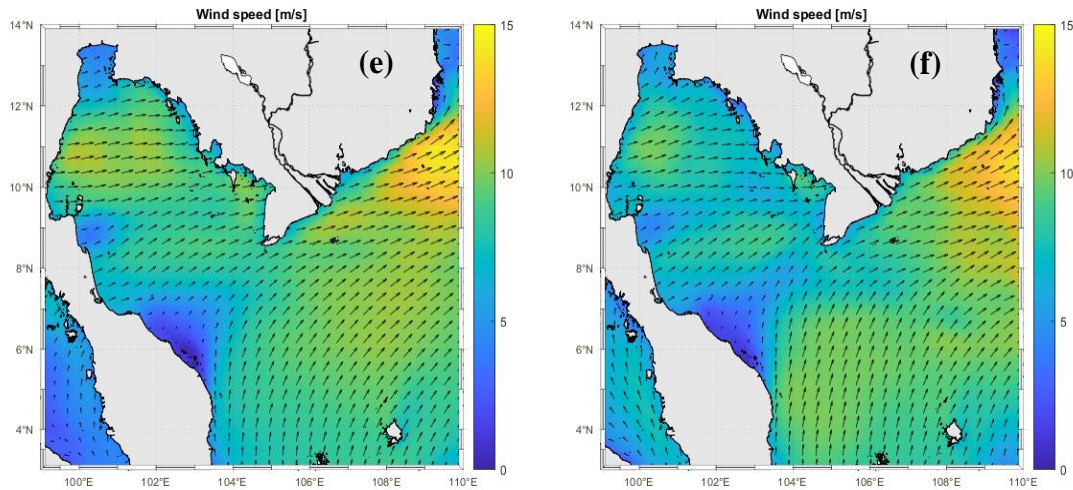
Trên hình 6 thể hiện diễn biến vận tốc gió và độ cao sóng tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc và Thổ từ ngày 29/7/2019–5/8/2019. Kết quả cho thấy bắt đầu từ ngày 31/7/2019 đến hết ngày 04 tháng 8, vận tốc gió và độ cao sóng tại Phú Quốc (ở phía Bắc biển Tây Nam Bộ) cao hơn hẳn những ngày trước và sau đó, vận tốc gió thường xuyên duy trì trên cấp 5, trong đó buổi chiều và tối ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019, tốc độ gió đạt cấp 6–7, lớn nhất vào 13 giờ ngày 3 tháng 8 năm 2019 tới 12 m/s (cấp 7). Sóng biển cũng bắt đầu tăng dần trong các từ ngày 31/7/2019 đến ngày 04/8/2019 với độ cao lớn nhất quan trắc được tới 2m lúc 19 giờ ngày 02/7/2019 và 13 giờ ngày 03/8/2019. Trị số vận tốc gió và độ cao sóng quan trắc được trong thời gian này rất hiếm ghi nhận tại trạm Phú Quốc. Trong khi đó, tại trạm khí tượng hải văn Thổ Chu (ở phía Nam biển Tây Nam Bộ), vận tốc gió và độ cao sóng bắt đầu tăng từ ngày 02/8/2019, lớn nhất vào 13 giờ ngày 3/8/2019 với tốc độ gió là 5m/s (cấp 3) và độ cao sóng là 0,75m, thấp hơn so với tại trạm Phú Quốc. Số liệu quan trắc cũng cho thấy tại cả 2 trạm gió và sóng thịnh hành hướng Tây và Tây Nam.



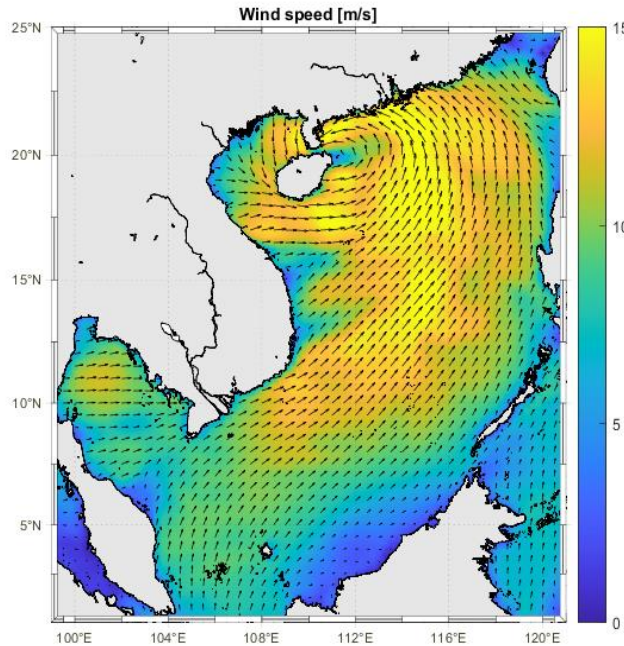
Hình 6. Diễn biến vận tốc gió và độ cao sóng từ 29/7/2019–05/8/2019: (a) Tại Phú Quốc; (b) tại Thổ Chu.

Phân bố trường gió trên khu vực ở thời điểm 13 giờ các ngày 29/7, 31/7, 02/8, 03/8, 04/8 và 05/8 năm 2019 thể hiện trên hình 7, với số liệu được trích xuất từ nguồn tái phân tích của ECMWF. Có thể thấy rằng, phần phía bắc của khu vực gió thịnh hành hướng Tây, phía nam gió thịnh hành hướng Nam và Tây Nam, vùng ven biển Tây Nam Bộ gió chủ đạo hướng Tây và Tây Tây Nam. Bắt đầu từ ngày 31/7/2019 vận tốc gió tăng dần, lớn nhất trong ngày 02 và 03/8/2019 và giảm sau ngày 04/8/2019. Phần phía bắc khu vực có gió mạnh nhất, phần giữa khu vực có gió yếu hơn (Hình 7c). Nguyên nhân trường gió Tây Nam hoạt động mạnh trên biển Tây Nam Bộ trong thời kỳ này là do có sự tương tác với bão số 3 (bão WIPHA) hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ vào Quảng Ninh Hải phòng vào sáng 03/08/2019 (Hình 8). Phân bố trường sóng có nghĩa trên khu vực theo số liệu trích xuất từ nguồn tái phân tích từ ECMWF trên hình 9 cho thấy phân bố trường sóng có diễn biến tương tự như trường gió, đây là nguyên nhân vận tốc gió và độ cao sóng quan trắc tại trạm Phú Quốc (phía bắc biển Tây Nam Bộ) cao hơn tại Thổ Chu (phía nam biển Tây Nam Bộ) như kết quả phân tích trên hình 6. Gió mạnh trên khu vực đã gây sóng lớn và nước biển dâng tại ven biển Tây Cà Mau trong ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn.

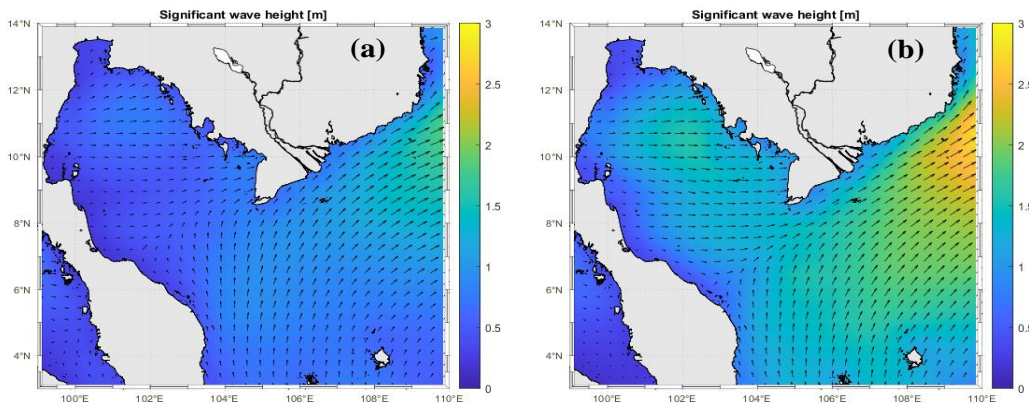


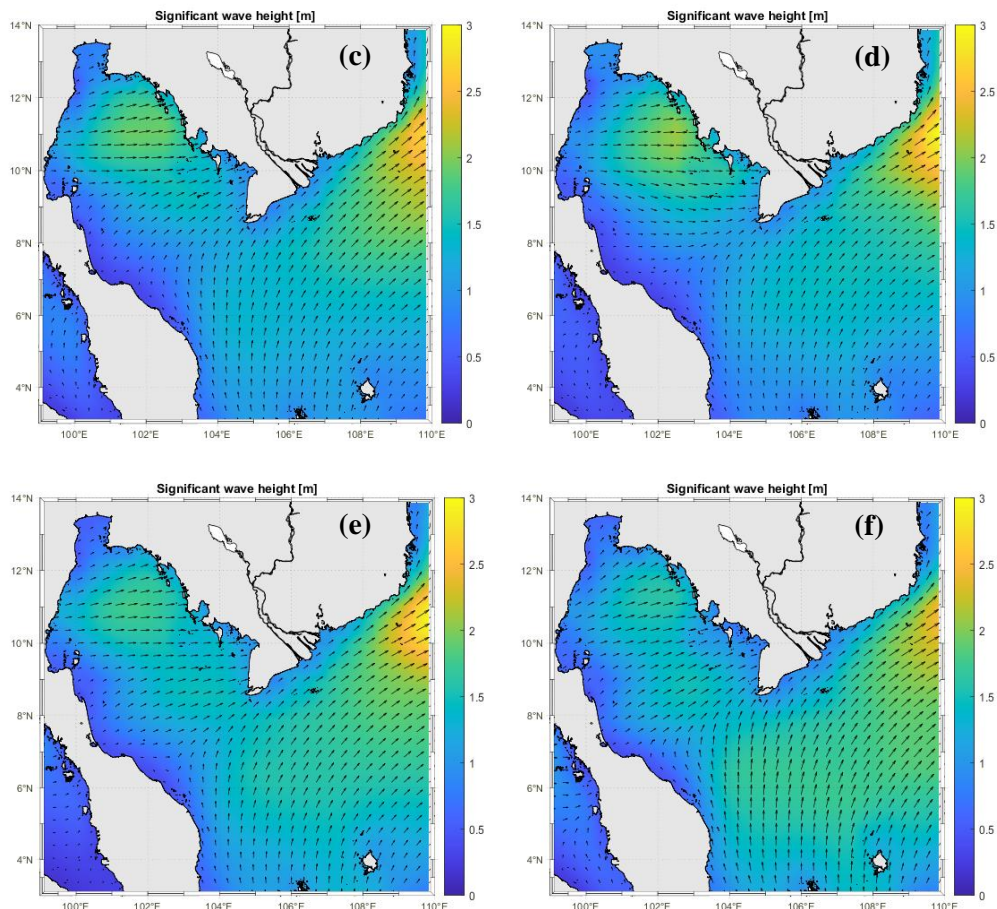


Hình 7. Phân bố trường gió tại các thời điểm trước, trong và sau ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau: (a) 13h ngày 29/7/2019; (b) 13 giờ ngày 31/7/2019; (c) 13h ngày 02/8/2019; (d) 13h ngày 03/8/2019; (e) 13h ngày 04/8/2019; (f) 13h ngày 04/8/2019.



Hình 8. Trường gió trên Biển Đông lúc 19 giờ ngày 31/7/2019.





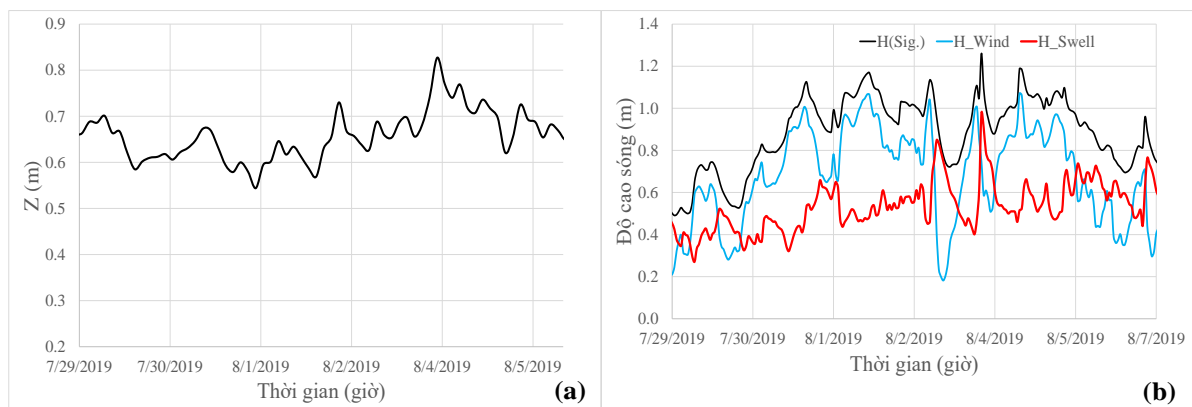
Hình 9. Phân bố trường sóng có nghĩa (H_{Sig}) tại các thời điểm trước, trong và sau ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau: (a) 13h ngày 29/7/2019; (b) 13 giờ ngày 31/7/2019; (c) 13h ngày 02/8/2019; (d) 13h ngày 03/8/2019; (e) 13h ngày 04/8/2019; (f) 13h ngày 04/8/2019.

c) Nước dâng và sóng tại ven biển Tây Nam Bộ

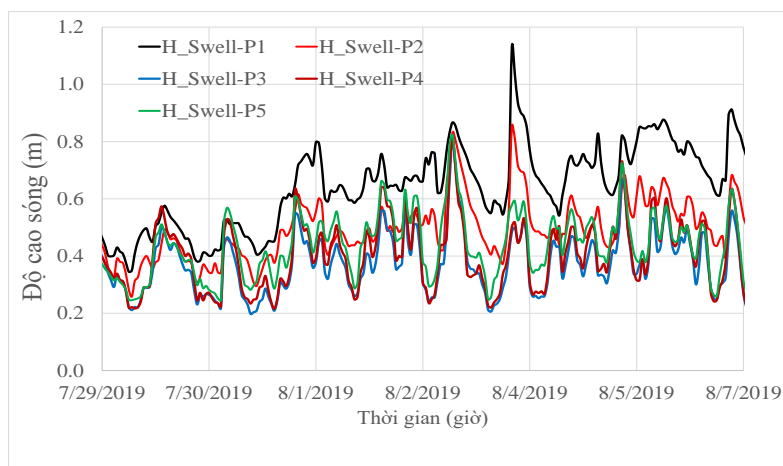
Kết quả trích xuất số liệu tái phân tích dao động mực nước, độ cao sóng gió (H_{Wind}), sóng có nghĩa (H_{Sig}), sóng lừng (H_{Swell}) tại vị trí sạt lở đê biển (vị trí P2, hình 1) thể hiện trên hình 10a (mực nước) và Hình 10b (sóng). Có thể thấy rằng, về xu thế, do tác động của gió Tây Nam mạnh, bắt đầu từ ngày 02 tháng 8 năm 2019, ven biển Tây Nam Bộ đã xuất hiện nước dâng và sóng lớn cao hơn những ngày trước đó. Với dao động mực nước, trong thời gian này đã ghi nhận hai đỉnh mực nước vào ngày 02 và 03/8/2019, trong đó đỉnh ngày 03/8/2019 cao hơn, tuy nhiên, so với các ngày trước và sau có ảnh hưởng của gió mạnh trên khu vực chênh lệch độ cao mực nước lớn nhất cũng chỉ khoảng 10cm, thấp khi so sánh với trường hợp nước dâng gây bởi bão và gió mạnh. Như vậy, có thể thấy rằng, nước dâng gây bởi gió trong thời gian này không lớn và chiếm một tỷ lệ nhỏ trong mực nước tổng cộng. Với sóng biển, diễn biến độ cao sóng có nghĩa tương đồng với sóng gió, từ ngày 31/7/2019 đến hết ngày 04/8/2019 sóng cao hơn hẳn những ngày trước và sau đó, tuy nhiên trong ngày xuất hiện triều cường và sóng lớn (ngày 02, 03/8/2019) độ cao sóng lớn nhất cũng không quá cao hơn nhiều so với các ngày có gió mạnh khác (ngày 31/7, 01/8 và 04/8 năm 2019). Trong khi đó, với sóng lừng, đã xuất hiện đợt sóng lừng cao vào buổi chiều ngày 02 và 03 tháng 8, cao hơn hẳn so với những ngày trước đó lớn nhất khoảng 0,85m lúc 18 giờ ngày 02/8/2019 và 0,95 m lúc 18 giờ ngày 02/8/2019. So với sóng gió, độ cao sóng lừng thấp hơn nhưng với chu kỳ dài hơn sóng gió, khoảng 8–10s (số liệu trích xuất từ ECMWF), những đợt sóng lừng cao liên tục dồn vào sẽ làm ra tăng mực nước tổng cộng tại vùng ven bờ. Do vậy, ngoài thủy

triều cao, sóng lừng là nhân tố chính gây mực nước biển dâng cao bất thường tại ven biển Tây Cà Mau trong đợt triều cường cao kèm theo sóng lớn này. Kết trích xuất độ cao sóng lừng tại một số điểm đại diện (điểm P1–P5) dọc ven biển Tây Nam Bộ trên hình 11 cho thấy, độ cao sóng giảm từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên. Kết quả phân tích này cho thấy, không phải tất cả các khu vực thuộc dải ven biển Tây Nam Bộ đề xuất hiện triều cường và sóng lớn trong ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019. Vị trí số 1 có sóng lừng cao nhất, tuy nhiên đây là khu vực có rừng ngập mặn, ít người sinh sống nên có thể cũng xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn trong ngày 02–03/8/2019 nhưng không được người dân hay chính quyền địa phương phản ánh.

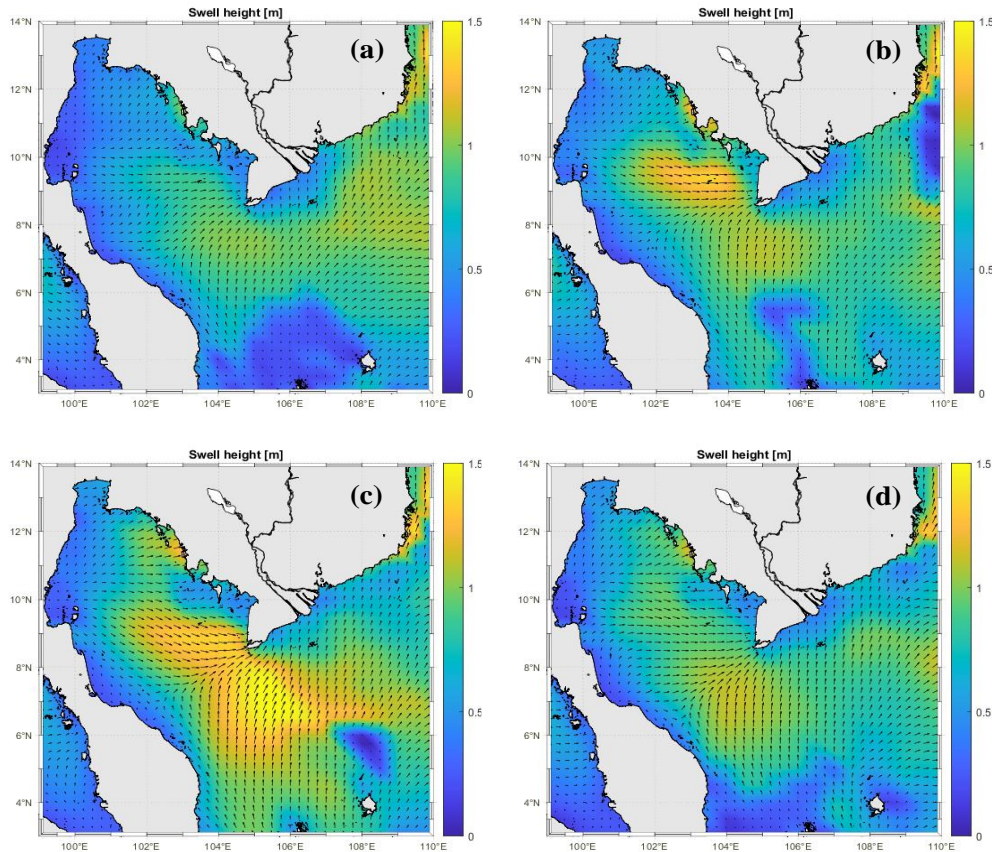
Để xác định nguyên nhân gây sóng lừng cao vào buổi chiều ngày 02–03 tháng 8 năm 2019, số liệu tái phân tích trường sóng lừng trên hình 12 vào lúc 13 giờ các ngày 31/7, 02/8, 03/8 và 04/8 năm 2019 sử dụng để minh họa phân tích. Có thể thấy rằng, trong buổi chiều ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019, ven biển phía nam của biển Tây Nam Bộ (địa phận Tây Cà Mau) đã xuất hiện các đợt sóng lừng cao lan truyền từ ngoài khơi phía Tây và Tây Nam vịnh Thái Lan. Trong khi đó, các ngày trước (31/7/2019) và sau đó (04/8/2019) độ cao sóng lừng thấp hơn hẳn. Sóng lừng tại khu vực này được hình thành từ 2 vùng gió mạnh ở phía bắc và nam của vịnh Thái Lan như trên hình 7c. Như vậy, có thể kết luận rằng trong buổi chiều các ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019, ven biển Tây Nam Bộ xuất hiện đồng thời thủy triều cao, sóng lớn và nước dâng do gió, trong đó ngoài yếu tố thủy triều, sóng lừng là nhân tố gây mực nước biển dâng cao. Chính vì vậy, trong dự báo nghiệp vụ cần theo dõi, giám sát sóng lừng và các khu vực hình thành để đưa ra nhận định khả năng xuất hiện sóng lớn và nước biển dâng tại khu vực.



Hình 10. Diễn biến độ cao mực nước (a), độ cao sóng có nghĩa ($H_{Sig.}$), sóng gió (H_{Wind}) và sóng lừng (H_{Swell}) (b) tại vị trí sạt lở đê biển (P2) trong các ngày từ 31/7–05/8 năm 2019.



Hình 11. Diễn biến độ cao sóng lừng (H_{Swell}) tại các vị trí dọc ven biển Tây Nam Bộ trong các ngày từ 31/7–05/8 năm 2019.



Hình 12. Phân bố trường sóng lừng tại các thời điểm trước, trong và sau thời gian xuất hiện đợt triều cường kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau: (a) 13 giờ ngày 31/7/2019; (b) 13 giờ ngày 02/8/2019; (c) 13 giờ ngày 03/8/2019; (d) 13 giờ ngày 04/8/2019.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, hiện tượng và nguyên nhân gây triều cường cao kèm theo sóng lớn gây sạt lở đê biển tại huyện Trần Văn Thời, Cà Mau trong ngày 2–3 tháng 8 năm 2019 được phân tích dựa theo số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc và Thổ Chu, trạm thủy văn cửa Sông Đốc và số liệu tái phân tích gió và sóng từ ECMWF và nước dâng từ HYCOM. Một số kết quả chính đạt được như sau:

- Trong ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn, trạm thủy văn Sông Đốc, nơi cách cửa biển 1,5 km không có lũ lớn nhưng đã ghi nhận 02 đợt mực nước dâng cao bất thường, cao hơn các ngày trước đó khoảng 59cm (ngày 02/3/2019) và 32 cm (ngày 03/3/2019), nguyên nhân do mực nước ngoài biển dâng cao lan truyền vào.

- Nguyên nhân nước biển tràn đê, sạt lở đê biển tại khu vực là do tổ hợp của thủy triều cao kết hợp với nước dâng, sóng do gió và sóng lừng. Trong đó, sóng lừng với chu kỳ dài là nguyên nhân chính gây mực biển dâng cao bất thường trong thời kỳ này.

- Gió mùa Tây Nam mạnh, kéo dài trên vùng biển Vịnh Thái Lan là nguyên nhân trực tiếp gây nước dâng và sóng lớn tại khu vực. Trong đó, các đợt sóng gió cao được hình thành từ vùng gió mạnh trên khu vực Tây Bắc của vịnh Thái Lan và có hướng trực diện khi đi vào ven biển Tây Nam Bộ. Bên cạnh đó, sóng lừng cao chủ yếu xuất hiện trên dải ven biển Tây Cà Mau, được từ 2 vùng gió mạnh ngoài khơi phía Tây Bắc và Nam của vịnh Thái Lan. Do vậy, trong thời kỳ hoạt động của gió mùa Tây Nam, hai vùng gió mạnh này cần được theo dõi, giám sát để đánh giá khả năng xuất hiện sóng lớn và nước biển dâng cao tại khu vực.

Kết quả nghiên cứu ở trên rất có ý nghĩa cho công tác giám sát, dự báo và cảnh báo hiện tượng triều cường cao kèm theo sóng lớn tại khu vực. Tuy nhiên, các kết quả phân tích ở trên

dựa theo số liệu tái phân tích với độ phân giải thô nên chưa thể đánh giá định lượng nước dâng và sóng mà cần thiết phải thực hiện mô phỏng từ mô hình số trị có độ phân giải cao, đây là những nội dung sẽ được đề cập trong các bài báo tới.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.B.T., L.Đ.Q.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.B.T., L.Đ.Q., P.V.T.; Xử lý số liệu: P.V.T., P.K.N., L.X.H.; Phân tích mẫu: B.M.H., L.X.H., T.X.H.; Lấy mẫu: L.X.H., T.X.H.; Viết bản thảo bài báo: N.B.T., L.Đ.Q.; Chỉnh sửa bài báo: N.B.T., L.Đ.Q.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số TNMT.2022.06.05, tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

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

Tài liệu tham khảo

1. Akamatsu H. On seiches in Nagasaki Bay. *Pap. Meteor. Geophys.* **1982**, 33(2), 95–115.
2. Briggs, M.J.; Lillycrop, L.S.; Harkins, G.S.; Thompson, E.F.; Green, D.R. Physical and Numerical Model Studies of Barbers Point Harbor, Oahu, Hawaii. Technical Report CERC-94-14, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1994.
3. Carr, J.H.; Stelzriede, M.E. Diffraction of Water Waves by Breakwaters, Gravity Waves. Circular 521. National Bureau of Standards, Washington, DC, 1952, pp. 109–125.
4. Derun, A.B.; Kakinuma, T.; Isobe, M. A nonlinear numerical model of harbor oscillations. *Proc. Coastal Eng. JSCE* **2003**, 50, 231–235. (In Japanese)
5. De Jong, M.P.C.; Battjes, J.A. Low-frequency sea waves generated by atmospheric convection cells. *J. Geophys. Res.* **2004**, 109, c01011. Doi:10.1029/2003jc001931.
6. De Jong, M.P.C. Seiche characteristics of Rotterdam Harbour. *Coastal Eng.* **2004**, 51, 373–386.
7. Garcies, M.; Gomis, D.; Monserrat, S. Pressure-forced seiches of large amplitude in inlets of the Balearic Islands. Part II: Observational study. *J. Geophys. Res.* **1996**, 101, 6453–6467.
8. Giese, G.S.; Hollander, R.B. The relation between coastal seiches at Palawan Island and tide-generated internal waves in the Sulu Sea. *J. Geophys.* **1987**, 92, 5151–5156.
9. Hibiya, T.; Kajiura, K. Origin of “Abiki” phenomenon (kind of seiches) in Nagasaki Bay. *J. Oceanogr. Soc. Japan* **1982**, 38, 172–182.
10. Rabinovich, A.B. Seiches and Harbor Oscillations – Handbook of Coastal and Ocean Engineering (edited by Y.C.Kim), World Scientific Publ. Singapore, 2009.
11. Thái, T.H.; Tiên, T.Q.; Thủy, N.B.; Hùng, D.Q. Hiện tượng mực nước biển dâng dị thường tại Tuy Hòa – Phú Yên. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 676, 1–9.
12. Thủy, N.B.; Tiên, T.Q. Bước đầu nghiên cứu mối liên hệ giữa mực nước biển dâng dị thường tại Tuy Hòa – Phú Yên với hình thế thời tiết. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 687, 15–22.
13. Thủy, N.B. Mô phỏng hiện tượng nước biển dâng dị thường do nhiễu động khí áp tại ven biển miền Trung. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2018**, 18(4), 475–483.
14. Thủy, N.B. Mô phỏng nước dâng dị thường trong đợt triều cường tháng 12 năm 2016 tại Tuy Hòa-Phú Yên bằng mô hình số trị. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, (05), 701, 1–8
15. Thủy, N.B., Cương, N.K. Bước đầu nghiên cứu nước dâng do hiệu ứng bơm Ekman tại ven biển miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, (06) 702, 13–20
16. <https://apps.ecmwf.int/datasets/>.

17. <https://www.hycom.org/>.
18. Ngọc, P.K.; Thủy, N.B. Một số kết quả ban đầu về ứng dụng số liệu vệ tinh đánh giá độ cao sóng dự báo. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 727, 13–23.
19. Huân, P.V. Dự tính thủy triều bằng phương pháp phân tích điều hòa, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2011.
20. <https://hanoimoi.com.vn/tin-tuc/Khoa-hoc/1032512/cap-thiet-nang-cap-de-bien-tay-o-ca-mau>.
21. <https://www.vietnamplus.vn/cong-bo-tinh-huong-khan-cap-doi-voi-sat-lo-de-bien-tay-tinh-ca-mau/806715.vnp>
22. <https://www.vietnamplus.vn/cong-bo-tinh-huong-khan-cap-doi-voi-sat-lo-de-bien-tay-tinh-ca-mau/806715.vnp>.

Study the reason of high tides accompanied by big waves in the west coast of Ca Mau

Le Dinh Quyet¹, Le Xuan Hien¹, Trinh Xuan Hung¹, Pham Van Tien², Pham Khanh Ngoc³, Bui Manh Ha³, Nguyen Ba Thuy^{3*}

¹ Southern regional hydrometeorological center; quiet.le74@gmail.com; lexuanhienkttv@gmail.com; trinxuanhung77@gmail.com

² Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate; phamvantienbn@gmail.com

³ National Hydrometeorological Forecasting Center; ngocpkchibo@gmail.com; manhhahc@gmail.com; thuybanguyen@gmail.com

Abstract: In this study, the phenomenon and reason of spring tide accompanied high waves induced sea dike inundation and erosion in the West of Ca Mau province on August 2–3, 2019 is analyzed based on observation data at the marine weather station of Phu Quoc and Tho Chu, the hydrological station of Song Doc and the re-analysis data of wind and wave from ECMWF, the surge from HYCOM. In which, the Tho Chu and Phu Quoc stations are the only two marine weather stations in the Southwestern Sea area, the Song Doc hydrological station located about 1.5 km from the coastline can record the water rising from the sea. The results show that, the Song Doc station has recorded abnormally surge in the evening of August 02–03, 2019, caused by rising water from the sea. In the west coast of Ca Mau, high tide occurs simultaneously with surge and high wave due to strong wind, in which the swell is significant contribution to the total water level. The reason of surge with high waves in the study area is due to the strong the southwest monsoon, which persists for a long time in the area, most notably the strong wind in the northwest and southern areas of Cape Ca Mau, which has caused high swell. The results of the study are meaningful in monitoring, forecasting and warning of the spring tides and high waves in the area.

Keywords: Spring tide; Abnormal surge; High wave; Swell; Tay Ca Mau.