

## Tổng quan về xói mòn bãi biển

### Beach erosion: An overview

Nguyễn Thị Minh Phương<sup>a,b\*</sup>, Nguyễn Thị Hồng Tinh<sup>a,b</sup>  
Nguyen Thi Minh Phuong<sup>a,b\*</sup>, Nguyen Thi Hong Tinh<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>*Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam*

<sup>a</sup>*Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam*

<sup>b</sup>*Khoa Môi trường và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam*

<sup>b</sup>*Department of Environment and Natural Science, Duy Tan University, Danang Vietnam*

(Ngày nhận bài: 28/4/2022, ngày phản biện xong: 07/5/2022, ngày chấp nhận đăng: 23/5/2022)

### Tóm tắt

Trong hơn 2 thập kỷ qua, Việt Nam ghi nhận mức độ xói mòn bãi biển ngày càng gia tăng, cả về phạm vi và cường độ. Bãi biển thường là khu vực đem lại nhiều giá trị về kinh tế, cảnh quan, cũng như đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ vùng bờ nên những tổn thất do xói mòn là rất lớn và có xu hướng tăng rõ rệt cùng với thời gian.

Để chống lại xói mòn bãi biển và bảo vệ bờ, một số địa phương áp dụng một trong hai nhóm giải pháp là nhóm giải pháp công trình và nhóm giải pháp phi công trình. Tuy nhiên sự thất bại khi áp dụng các giải pháp này tại nhiều nơi cho thấy chúng ta chưa thực sự hiểu kỹ nguyên nhân của hiện tượng xói mòn cũng như bản chất tự nhiên của vùng bờ, vốn dễ bị tổn thương.

Bài báo này tóm tắt một cách sơ lược hiện trạng xói mòn bãi biển trên thế giới và ở Việt Nam. Thảo luận về những nguyên nhân dẫn đến hiện tượng hiện đang là nguy cơ đe dọa hoạt động kinh tế của nhiều khu vực ven biển trên cả nước. Đây là phần nằm trong loạt bài tổng quan, giới thiệu về những hiểu biết của nhân loại đối với hiện tượng xói mòn bãi biển. Nguyên nhân, hậu quả và cách tiếp cận để giải quyết vấn đề là những điều mà tác giả muốn được thảo luận cùng bạn đọc trong bài này.

*Từ khóa:* Xói mòn bãi biển, nguyên nhân xói mòn bãi biển, Việt Nam.

### Abstract

Over the last two decades, there have been great measures of increased beach erosion in Vietnam, both in scope and intensity. Since beaches are economical as well as natural resources, they play an important role in the economy as well as coastal protection. The losses due to beach erosion are very large, and tend to intensively increase with time.

To combat beach erosion and protect the shoreline, some localities apply one of two groups of solutions, namely structural engineering and non-structural methods. However, the failure to apply these solutions in most of the places shows that we do not really understand the causes of beach erosion as well as the nature of the coastal zone, which are sensitive and vulnerable.

This paper briefly summarizes the current state of beach erosion in the world and Vietnam. Discuss the causes leading to this phenomenon, which is a threat to the economic activities of many coastal areas in the country. This is a part of a series, introduce the understanding of human on beach erosion. Causes, consequences and approaches to solve the problems are what the authors would like to discuss in this series.

*Keywords:* beach erosion, causes of beach erosion, Vietnam.

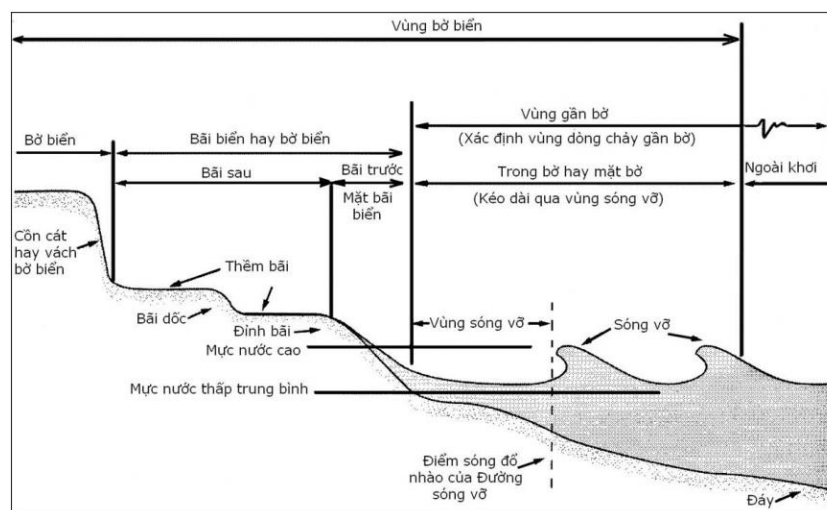
\* Email: phuong.marine.envi@gmail.com

## 1. Giới thiệu chung về xói mòn bãi biển

### 1.1. Bãi biển và xói mòn bãi biển

Theo Dean (2002), mặt cắt ngang bãi biển (lấy theo phương vuông góc với đường bờ) có kết cấu gồm bốn phần: phần ở ngoài khơi, phần gần bờ, phần bãi và phần bờ biển. Về mặt ranh giới, phần bãi biển được xác định nằm giữa ranh giới của mực nước triều thấp và giới hạn tác dụng của sóng về phía đất liền - thông

thường là điểm ở chân các mỏm đá hoặc đường ranh giới xuất hiện thực vật tồn tại trong thời gian dài trên bờ biển. Phần bãi biển được chia thành 2 phần là bãi trước và bãi sau, trong đó bãi trước nằm trên ranh giới giữa mực nước cao và mực nước thấp khi sóng dồn lên bờ biển và khi sóng rút ra khỏi bờ, trong khi bãi sau được giới hạn từ phần nước cao đến giới hạn trên cùng về phía đất liền của sóng (Hình 1.1).



**Hình 1.1.** Mặt cắt ngang đường bờ (theo Shore Protection Manual, 1984)

Thuật ngữ bãi biển (beach) thường hay bị hiểu nhầm là bờ biển (coast). Theo Silvester (1997), đường bờ biển là đường hình thành ranh giới bờ biển và bãi biển, nhưng nó cũng thường được coi như là đường hình thành ranh giới giữa đất và nước. Bờ biển trong tự nhiên có thể chia làm 3 loại chính căn cứ đặc điểm trầm tích cấu thành nên nó, đó là bờ biển đá, bờ biển cát (bãi biển, bãi biển cát) và bờ biển bùn. Bãi biển – như bản thân tên gọi của nó – có địa hình thấp, khá bằng phẳng, là một dạng tích tụ của trầm tích nói chung bờ rời, không gắn kết như sỏi, cuội, cát trên bờ. Khoảng 40% đường bờ trên thế giới được bao quanh bởi các bãi biển (Bird 2008). Bên cạnh vai trò bảo vệ vùng bờ, do đặc điểm tự nhiên, các bãi biển thường đem lại nhiều giá trị kinh tế, văn hóa, nghỉ dưỡng, du lịch,...

Là một phần của vùng bờ, bãi biển chịu mọi tác động của các yếu tố động lực như sóng, dòng chảy tới bờ biển. Do có đặc điểm là trầm tích bờ rời nên các tương tác này có thể gây nên sự vận chuyển bùn cát ven bờ, dẫn tới vị trí đường bờ biển của một bãi biển cát thường xuyên xô dịch, hoặc tiến ra phía biển hoặc lùi vào trong đất liền, và quá trình này làm thay đổi hình dạng bờ biển (Trần et al. 2006).

Xói mòn bãi biển là quá trình mà một bãi biển hao mòn dần trầm tích, dẫn đến quỹ trầm tích bị cạn kiệt. Quá trình này cho thấy bãi biển không còn có thể cân bằng năng lượng được tạo ra bởi sóng, dòng chảy và nước đổ lên nó, dẫn đến việc hao mòn trầm tích thực, làm bãi biển bị hạ thấp và rút lui. Do đó, về cơ bản, xói mòn bãi biển có thể được coi là kết quả của sự mất cân bằng giữa một mặt là năng lượng đầu vào và mặt khác, lực cản của bãi biển và trầm tích

có thể bị mang đi bởi các lực chất lỏng. Bản thân quá trình xói mòn là cách bãi biển thiết lập lại trạng thái cân bằng mới thông qua việc tiêu tán năng lượng (Anthony, 2019). Về bản chất, khi một bãi biển bị xói mòn, trầm tích không bị mất đi mà nó chỉ đơn giản là được chuyển đến một vị trí khác, dọc theo bờ biển hoặc ra ngoài khơi.

### **1.2. Xói mòn bãi biển trên thế giới**

Trong thế kỷ qua, nhiều bãi biển trên thế giới đã bị cạn kiệt do xói mòn (Bird, 2008). Ở những nơi bãi biển đang bị xói mòn, điều này có thể sẽ trở nên trầm trọng hơn do mực nước biển toàn cầu được dự báo tăng và sự gia tăng tần suất và cường độ bão liên quan đến sự thay đổi khí hậu toàn cầu (IPCC 2013).

Xói mòn bãi biển xuất hiện trên khắp các bờ biển của mọi châu lục. Tại châu Mỹ, xói mòn diễn ra phổ biến tại trên 90% các bãi biển của Hoa Kỳ, ví dụ như tại Delaware, Mariland, Virginia, Bắc Caroline,... (Pilkey và Thieler, 1992). Xói mòn bãi biển cũng rất phổ biến phổ biến ở Úc, điển hình nhất phải kể đến các bãi biển ở Adelaide, Bờ biển Vàng, khu vực xung quanh vịnh Port Philip ở Victoria, Bãi biển Ettalong ở Vịnh Broken, Bãi Lady Robinsons gần sân bay Sydney ở Vịnh Botany... (Seashore Engineering, 2019). Ở New Zealand, hiện tượng này cũng được ghi nhận tại nhiều nơi như Vịnh Mission và Kohimarama, Vịnh Plenty (Bryan et al, 2008).

Ở châu Âu, tất cả các quốc gia ven biển châu Âu ở một mức độ nào đó đều bị ảnh hưởng bởi xói mòn bờ biển. Khoảng 20 nghìn km bờ biển phải đối mặt với những tác động nghiêm trọng do xói mòn vào năm 2004. Hơn hai phần ba trong số này được bao bọc bởi các bãi biển cát. Hầu hết các vùng ảnh hưởng (15.100 km) đều có đường bờ đang lùi, một số vùng trong số đó bất chấp các công trình bảo vệ bờ biển (2.900 km). Diện tích bị mất hoặc bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi xói mòn ước tính là 15 km<sup>2</sup> mỗi năm (European Commission, 2004).

Ở châu Phi, xói mòn bãi biển tại cảng Durban đã xuất hiện từ nửa đầu của thế kỷ trước. Nửa sau của thế kỷ này ghi nhận sự xuất hiện hiện tượng nhiều hơn, đặc biệt tại Togo (Tây Phi) (Kaki và cộng sự, 2011) hay vùng Maghreb (thường được dùng để đề cập đến các quốc gia Maroc, Algérie, Tunisia và Libya), nơi được ghi nhận bị xói mòn nhiều thứ hai trên thế giới, chỉ sau Nam Á. Tốc độ xói mòn nơi đây có sự không đồng nhất đáng kể, và một số điểm nóng nhất định ở các quốc gia này đang biến mất với tốc độ nhanh hơn, vài mét mỗi năm (Heger và Vashold, 2021; Bouhmadouche và Yacine, 2016).

Đông Nam Á là khu vực ghi nhận xói mòn nhiều nhất trên thế giới. Tại Cambodia, xói mòn bãi biển xuất hiện cả ở 4 tỉnh có đường bờ biển. Khoảng 35% tổng chiều dài của các bờ biển Indonesia đã trải qua xói mòn với tốc độ trung bình, cao và rất cao. Con số này ở Malaysia là 29%, Philippine là 10%. Tại Vịnh Thái Lan và Biển Andaman (Thailand) ghi nhận tốc độ xói mòn từ 1 – hơn 5m/ năm, trong đó 11.1% đường bờ Vịnh Thái Lan bị xói mòn nghiêm trọng, với tốc độ >5m/năm, tương đương với >2km<sup>2</sup> bị mất mỗi năm từ thảm họa này (Wong, 2016). Cạn kiệt các bãi biển và xói mòn trên diện rộng dọc theo bờ biển Trung Quốc do gia tăng khai thác cát từ các bãi biển để cung cấp cát cho phát triển đô thị cũng như xây dựng các con đập lớn phục vụ phát triển kinh tế cũng được Kuang và cộng sự (2011) ghi nhận.

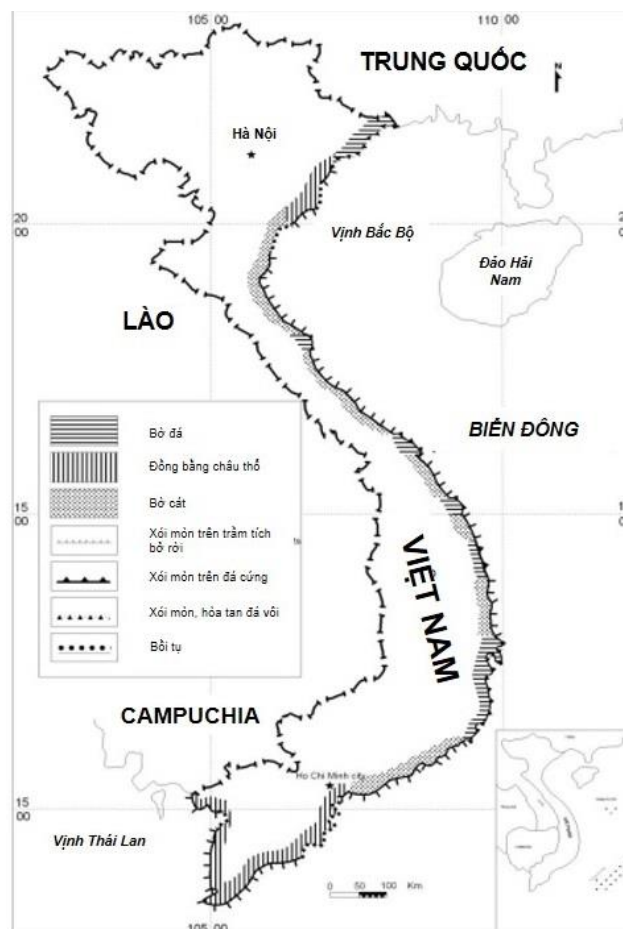
### **1.3. Xói mòn bãi biển ở Việt Nam**

Việt Nam có đường bờ biển dài là 3.444 km, xếp thứ 32 trong tổng số 156 quốc gia và vùng lãnh thổ có biển. Trong đó khoảng 1/3 cấu tạo bởi các đá magma và trầm tích có độ bền vững cao, còn lại 2/3 được cấu tạo bởi trầm tích bờ rời với thành phần chủ yếu là cát, cát bột, sét kém bền vững – đây chính là đối tượng dễ bị xói mòn nhất bởi sóng và dòng chảy [5].

Xói mòn bãi biển Việt Nam được ghi nhận từ những năm nửa đầu thế kỷ 20 và ngày càng gia tăng, cả về số lượng cũng như cường độ. Hiện tượng này cũng rất khác nhau giữa các địa phương, tùy thuộc vào địa hình và đặc điểm địa chất vùng ven bờ. Tổng hợp của Vũ, 2008 cho thấy xói mòn xuất hiện ở nhiều nơi, cả ở rìa đồng bằng châu thổ Bắc Bộ, Nam Bộ và bờ biển Trung Bộ. Một số nơi có lịch sử xói mòn từ rất lâu và kéo dài tới nhiều chục năm, thậm chí tới hơn 100 năm, như tại huyện Hải Hậu (Nam Định), huyện Ngọc Hiến, Cà Mau. Nhiều bãi biển có biểu hiện xói lở trong mấy năm qua, nhưng chỉ được phát hiện khi so sánh các ảnh viễn thám và bản đồ địa hình trong những khoảng thời gian khác nhau, như tại Quảng Bình, Quảng Trị, Khánh Hòa.

Trong hai thập niên qua, cùng với sự phát triển kinh tế biển dưới nhiều hình thức, các bãi biển ở cả ba miền Bắc, Trung, Nam của Việt Nam đều ghi nhận xói mòn gia tăng cả ở quy mô và mức độ. Nhiều đoạn bờ mới xuất hiện xói mòn gần đây, liên quan đến sự phát triển kinh tế biển địa phương, trong đó mạnh nhất tập trung tại các tỉnh thành Đà Nẵng, Quảng Nam, Quảng Ngãi và Phú Yên [1].

Hình 1.2 là tổng hợp của Vũ, 2008 về phân bố các đoạn xói lở và bồi tụ trên bờ biển Việt Nam. Lưu ý là quá trình xói lở đang diễn ra tại hầu hết các kiểu cấu tạo bờ là trầm tích bờ rời, song chủ yếu là bờ cát chiếm 94% tổng số đoạn bờ biển bị xói lở và từ 2008 đến nay, với mức độ ngày càng gia tăng [1].



**Hình 1.2.** Sự phân bố của xói lở và bồi tụ tại bờ biển Việt Nam (Vũ, 2008).

## 2. Các nguyên nhân gây xói mòn bãi biển

Xói mòn bãi biển có thể khởi nguồn từ các thay đổi tự nhiên hoặc do con người tác động lên quỹ trầm tích (bao gồm cả tác động vào nguồn trầm tích và sự hạ thấp của trầm tích bãi biển) hoặc các quá trình tác động lên chúng. Theo Bird, 2015, có 15 nguyên nhân chính gây ra xói mòn bãi biển, và xói mòn trên một bãi biển cụ thể nói chung là do nhiều hơn 1 nguyên nhân trong số này, mặc dù thường có một nguyên nhân chiếm ưu thế. Dưới đây là mô tả các nguyên nhân này.

### 2.1. Giảm nguồn cung trầm tích từ các vách đá xói mòn

Một nguyên nhân phổ biến của xói mòn bãi biển là nguồn cung cấp cát hoặc sỏi do xói mòn các vách đá gần đó bị giảm. Việc ổn định vách đá để ngăn chặn xói mòn thường dưới hình thức xây một bức tường kiên cố hoặc thành lũy dọc theo chân vách đá nhằm ngăn sóng tấn công. Khi các vách đá được ổn định, lượng trầm tích từ chúng tới bãi biển bị giảm dần và có thể chấm dứt hoàn toàn. Xói mòn bãi biển xảy ra khi trầm tích bị mất ra ngoài khơi (chủ yếu là khi có bão) hoặc dọc theo bờ biển (khi sóng đổ vào bờ dưới một góc nghiêng tạo ra sự vận chuyển trầm tích dọc bờ) không còn được bổ sung từ các vách đá xói mòn. Điều này đã xảy ra trên bờ biển Bournemouth ở miền nam nước Anh sau khi một lối đi dạo bằng bê tông được xây dựng dọc theo chân các vách đá xói mòn, cắt qua đá sa thạch mềm và sỏi (Bird và Lewis, 2015)

### 2.2. Giảm nguồn cung trầm tích sông đến bờ biển

Xói mòn bãi biển xảy ra ở những bãi biển được các con sông nuôi dưỡng và lượng trầm tích này bị giảm do dòng chảy giảm làm suy kiệt lượng phù sa đến cửa sông.



**Hình 2.1.** Xói mòn bãi biển tại Hội An [2]

Tại Hội An, việc xây dựng các con đập trên thượng nguồn hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn để tích nước làm thủy điện đã làm dòng chảy của sông giảm dần, cùng với giảm nguồn cung trầm tích là nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng xói mòn bãi biển Cửa Đại (Hình 2.1) [2]. Hiện tượng này cũng xảy ra trên bờ biển nhiều nơi thuộc Tây Nam Bộ do sự phát triển hệ thống thủy điện nhiều tầng thượng nguồn sông Mekong [3]. Hệ thống đập thượng nguồn này đã ngăn chặn việc xả phù sa và do đó cắt đứt nguồn cung cấp trầm tích cho các bãi biển tại và gần cửa sông, dẫn đến sự khởi đầu của xói mòn tại các bãi biển trước đây được duy trì hoặc mở rộng do được nguồn trầm tích này nuôi dưỡng. Xói mòn phát triển nhanh hơn, và trở nên nghiêm trọng hơn tại nơi có sự vận chuyển mạnh trầm tích từ cửa sông dọc theo bờ.

Sự đổi hướng của một cửa sông, do tự nhiên hay nhân tạo làm tạm dừng việc cung cấp trầm tích sông đến bờ biển cũng dẫn đến xói mòn tại các bãi biển lân cận. Xói mòn bãi biển gần các cửa sông có thể xảy ra sau khi nạo vét các dòng chảy, như đã xảy ra trên sông Rhine trong Chiến tranh thế giới thứ hai, hoặc việc giảm nguồn cung trầm tích sông do các công trình giữ đất trong lục địa, như được minh họa bởi các dòng sông đổ ra Vịnh Taranto ở miền nam nước Ý (Scardino và cộng sự, 2020). Tác động tương tự cũng được tạo ra nơi xói mòn đất liền

tục kéo dài tại các lưu vực sông đã loại bỏ lớp trầm tích bề mặt không gắn kết, làm lộ ra những vùng đá trơ trọi như ở Thổ Nhĩ Kỳ và Hy Lạp, làm trầm tích sông giảm dần đến xói mòn bãi biển.

### **2.3. Giảm nguồn cung trầm tích từ đáy biển**

Trên nhiều bờ biển, các bãi biển đã được bồi tụ và mở rộng khi cát được cuốn vào từ đáy biển do tác động của sóng trong và kể từ giai đoạn biển tiến cuối Đệ tứ. Khi mực nước biển dâng qua thêm lục địa, sóng cuốn trầm tích đã được lắng đọng trước đó bởi các cơn sóng hoặc hoạt động của gió và trầm tích từ các mỏm đá phong hóa và mang nó vào bờ, và khi quá trình biển tiến vào cuối Đệ tứ kết thúc, trầm tích tiếp tục được cuốn vào bờ từ các bãi nông làm các bãi biển lớn dần, thường hình thành các gò cát và cồn cát song song nối tiếp nhau (Bird, 2008).

Rất nhiều trong số các bờ biển này, quá trình vận chuyển cát vào bờ đã kết thúc, việc định hình lại đáy biển tạo ra mặt cắt lõm ngang mà hoạt động của sóng không còn dịch chuyển trầm tích vào bờ nữa. Nếu không có sự bù đắp trầm tích từ các nguồn khác thì việc mở rộng bãi biển dừng lại, và với năng lượng sóng tiếp tục được tạo ra, mặt lõm ngang gần bờ sẽ di chuyển về phía đất liền, do đó các bãi biển bị xói mòn. Điều này giải thích tại sao nhiều bãi biển vốn mở rộng vào đầu Holocen hiện đang bị xói mòn, và bãi biển Ninety Mile ở đông nam Australia là một ví dụ (Harff và cộng sự, 2007).

### **2.4. Giảm nguồn cung cấp cát từ các cồn cát trên đất liền**

Một số bãi biển được cung cấp cát thổi từ các cồn cát trên đất liền ra bờ. Nếu nguồn cung cấp cát cạn kiệt, hoặc các cồn cát ở bãi sau trở nên ổn định, hoặc do sự mở rộng tự nhiên của thảm thực vật, hoặc do trồng cỏ hoặc cây bụi, phun bitum hoặc các hợp chất cao su, hoặc bịt kín bề mặt cồn cát bằng các công trình xây dựng, những bãi biển có thể bắt đầu bị xói

mòn. Ví dụ cho nguyên nhân này là bờ biển phía nam Cape Coast của Nam Phi, nơi những cơn gió tây thống trị đang đẩy các cồn cát qua các mũi đất để cung cấp cho các bãi biển trên phía bờ hứng gió, sự ổn định của cồn cát đã dẫn đến xói mòn bãi biển, như tại Cảng Elizabeth (Bird và Lewis, 2015).

Xói lở bãi biển do giảm nguồn cung từ các cồn cát nội địa cũng có thể là kết quả của các biện pháp bảo tồn thành công, hoặc là quá trình đô thị hóa. Ví dụ như trên Bãi biển Balneario Camboriu ở miền nam Brazil, quá trình đô thị hóa vùng ven biển diễn ra mạnh mẽ từ những năm 1960 đã dẫn đến việc xây dựng một đê biển, một con đường và một vài tòa nhà cao tầng. Quá trình này đã làm giảm lượng trầm tích trao đổi giữa bãi biển và cồn cát, dẫn đến xói mòn khi có bão và chiều rộng bãi biển thu hẹp lại (Temme et al. 1997).

### **2.5. Thềm bãi bị hạ thấp và năng lượng sóng gia tăng**

Vùng nước ven bờ sâu thêm cho phép những cơn sóng lớn hơn vào bờ và làm xói mòn bãi biển, rút cát hoặc sỏi xuống đáy biển. Sự ăn sâu như vậy xảy ra ngắn hạn trong các cơn bão, khi gió mạnh trên bờ làm tăng mực nước biển dọc theo bờ và sóng lớn hơn bình thường đập vào bờ, làm xói mòn các bãi biển. Sự đào sâu dài hạn hơn xảy ra là kết quả của việc thềm bãi bị hạ thấp do sụt lún đất, mực nước biển dâng thực hoặc sự kết hợp dịch chuyển giữa đất liền và biển dẫn đến biển cao hơn một cách tương đối so với đất liền. Sóng lớn hơn đổ vào bờ, gây xói mòn và tái định hình mặt cắt ven bờ: xói mòn bãi trên và sự chuyển dịch của cát sỏi từ bãi biển sang đáy biển gần bờ làm cho mặt cắt ngang bờ dịch chuyển lên trên và hướng vào đất liền.

Xói mòn bãi biển phổ biến tại bờ biển nơi nước biển dâng cao do sụt lún đất đang diễn ra, như ở Vịnh và bờ Đại Tây Dương của Hoa Kỳ (Bird, 2008). Sụt lún đất ven biển do khai thác



nước ngầm đã dẫn đến xói mòn bãi biển ở bờ bắc Adriatic của Ý như tại Ravenna (Bird, 2008), hoặc tại bãi biển Đà Nẵng của Việt Nam [4].

Từ thiết bị đo thủy triều, chúng ta có bằng chứng về mực nước biển dâng 1–2mm/năm trong vài thập kỷ qua. Thêm bãi bị hạ thấp đã trở nên phổ biến và có thể đem lại lời giải thích cho ít nhất một phần sự phổ biến của xói mòn bãi biển hiện đại (Bird 1996), mặc dù nó thường được coi là nguyên nhân chính (Douglas và cộng sự, 2000).

## 2.6. Năng lượng sóng tăng

Như đã chỉ ra, xói lở bãi biển xảy ra khi năng lượng sóng tăng lên (sóng lớn hơn và cao hơn đổ vào bờ). Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến hiện tượng này, trong đó phải kể đến: 1/ Vùng nước ven bờ sâu hơn bởi thêm bãi bị hạ thấp (xem nội dung 2.5), mực nước biển dâng hoặc sụt lún đất ven biển; 2/ Vùng nước ven bờ cũng có thể trở nên sâu hơn ở những nơi bãi cạn hoặc đá ngầm bị loại bỏ do dịch chuyển, xói mòn tự nhiên hoặc do nạo vét, hoặc nơi các thảm cỏ biển ven bờ (vốn đã giữ lại trầm tích trong các bãi cạn đáy biển) biến mất, do đó trầm tích vốn được giữ lại trước đây bị phân tán; 3/ Sự gia tăng của các cơn bão, cả về cường độ và tần suất.

Một loạt các cơn bão liên tiếp có sức tàn phá đặc biệt do cơn bão thứ hai và tiếp theo xảy ra trên các bãi biển đã hình thành mặt cắt xói mòn lõm. Ví dụ về điều này đã được ghi nhận từ Estonia, nơi khí hậu trở nên bão tố hơn trong vài thập kỷ qua, với mực nước biển thường xuyên dâng cao hơn do bão, do đó xói mòn bờ biển trở nên nhanh hơn và rộng hơn, đặc biệt là ở bờ biển phía tây đảo Saaremaa (Orviku và cộng sự 2003).

## 2.7. Trầm tích bãi bị tổn thất dọc bờ

Các bãi biển bị cạn kiệt khi cát sỏi bị cuốn đi bởi vận chuyển bùn cát dọc bờ (do sóng đổ tạo góc với bờ), trừ khi những tổn thất này được bù

đắp bởi nhiều trầm tích hơn từ phía trên dòng chảy. Xói mòn bãi biển sẽ xảy ra nếu tổn thất ở phía dưới dòng chảy vượt quá nguồn cung cấp từ phía trên, ví dụ khi nguồn cung trầm tích là một vách đá đã được ổn định, hoặc là con sông mà lượng phù sa bị giảm đi. Một số bãi biển phát triển các thùy cát sỏi di chuyển dọc bờ theo hướng chính của dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ, và tại bất kỳ vị trí cụ thể nào cũng có sự bồi tụ khi mỗi thùy cát đến và xói mòn khi nó di chuyển. Tại Portsea, trên bờ biển mà phía bắc giáp vịnh Port Phillip, Úc, vận chuyển bùn cát dọc bờ có hướng chính từ tây sang đông. Các thùy cát hình thành trên bờ của Vịnh Triconderoga ở phía tây và trôi dạt từng đoạn quanh Police Point vào Vịnh Weeroona. Mỗi khi thùy cát đến, bãi biển ở Vịnh Weeroona mở rộng, nhưng khi nó di chuyển đi thì bãi biển bị cạn kiệt (Cardno, 2011).

## 2.8. Góc tới của sóng thay đổi

Các bãi biển có xu hướng được điều chỉnh theo chế độ sóng chủ đạo, và sau đó phản ứng với những thay đổi ngắn hạn về hướng và góc tới của sóng khi đến bờ. Sự thay đổi liên tục về góc tới của sóng có thể làm thay đổi hoặc tăng cường vận chuyển bùn cát dọc bờ, dẫn đến xói mòn bãi biển. Sự thay đổi này về góc tới của sóng có thể diễn ra bởi các nguyên nhân: 1/ Xây dựng các công trình bảo vệ bờ biển như tường biển, đê chắn sóng; 2/ Sóng xiên được tạo ra bởi tàu đi qua (sóng vỗ do thuyền); 3/ Sóng tới bị khúc xạ khi gặp các bãi cạn; 4/ Mặt cắt bãi biển ở khu vực lân cận bị hạ thấp, cho phép sóng mạnh hơn đến theo phương xiên.

Sự khúc xạ của sóng trên bãi cạn ở lối vào John's Pass, bờ biển phía Tây của Florida gây ra sự đảo ngược cục bộ trong quá trình vận chuyển trầm tích dọc bờ, góp phần gây xói mòn nghiêm trọng trên Bãi biển Sunshine (Wang et al. 2011).

## **2.9. Vận chuyển bùn cát dọc bờ bị gián đoạn bởi đê chắn sóng**

Đê chắn sóng được xây dựng để ổn định cửa sông hoặc lối vào đầm phá nhằm cải thiện giao thông thủy hoặc tạo ra các bến thuyền. Ở những nơi trầm tích bãi vận chuyển dọc theo bờ, đê chắn sóng ngăn chặn ở phía trên của dòng chảy thì sự xói mòn bãi biển xuất hiện ở phía dưới dòng chảy do nguồn cung cấp trầm tích bị cắt. Hiện tượng xói mòn do đê chắn sóng gây ra có thể lan rộng vài chục km và không thể đảo ngược (El-Asmar và White 2002). Ví dụ cho hiện tượng này có thể kể đến sự xói trên bờ biển phía tây của Florida: các cấu trúc ở cửa vào Blind Pass đã làm thâm hụt đáng kể vận chuyển trầm tích dọc bờ về phía nam (Elko và Davis 2006); hoặc sự xói mòn bãi biển cuối bên dưới vách đá Chalk giữa Dover và Deal ở Vương quốc Anh do đê chắn sóng ở cảng Dover đã chặn dòng vận chuyển cuối dọc bờ.

## **2.10. Trầm tích bãi biển thất thoát vào bãi sau gia tăng**

Cát bị cuốn từ bãi trước vào bãi sau bởi gió mạnh trên bờ, hoặc khi các cơn bão cuốn trầm tích bãi biển qua bãi sau, hoặc tràn vào các đầm phá, đầm lầy hoặc cửa sông. Nếu những tổn thất từ bãi biển không được bù đắp bởi sự xuất hiện của nguồn cung trầm tích mới từ các nguồn ngoài khơi, ven bờ hoặc nội địa, mặt cắt bãi biển sẽ bị hạ thấp và đường bờ sẽ bị lùi. Trên bờ Đại Tây Dương của Hoa Kỳ, nước tràn trong các cơn bão liên tiếp đã làm xói mòn bãi trên các đảo cát chắn [5].

## **2.11. Phong hóa bãi biển, bao gồm cả sự bào mòn trầm tích bãi**

Các bãi biển không còn nguồn cung cấp trầm tích sẽ bị giảm thể tích do quá trình phong hóa làm giảm kích thước của các hạt trầm tích và do đó thể tích bãi giảm, hình dạng bãi thay đổi, tạo điều kiện cho các cơn sóng lớn hơn tấn công vào bờ, làm xói mòn bãi biển. Phong hóa

hóa học bao gồm sự phân hủy và loại bỏ các khoáng chất sắt, magie từ trầm tích có nguồn gốc núi lửa và sự hòa tan của các hạt cát có thành phần cacbonat hoặc sỏi vôi trong nước mưa, nước thấm từ suối hoặc nước biển vỡ lên. Quá trình phong hóa vật lý xảy ra do bãi bị khuấy động dưới tác động của sóng và hậu quả là các hạt trầm tích dần tiêu hao.

Bãi biển Four Mile, ở Bắc Queensland, Australia là một minh chứng cho hiện tượng này. Do sự phát triển của rạn san hô, nguồn cung cấp cát từ sông Mowbray đến bãi đã bị cắt đứt. Không có cát tự nhiên bổ sung, cát trên bãi bị suy giảm thành rất mịn bởi sự tiêu hao, bãi biển trở nên thấp và phẳng. Khi lượng trầm tích giảm, bãi bị hạ thấp đã bị xói mòn thêm bởi lớp trầm tích mịn ngày càng tăng bị loại bỏ do sàng lọc, hoặc di chuyển về phía bờ tới các cồn cát ở bãi sau hoặc hướng ra biển đến các gò cát và trầm tích đáy biển (Alluvium, 2021).

## **2.12. Mực nước ngầm dâng**

Bãi biển ướt bị xói mòn nhanh hơn bởi tác động của sóng so với bãi biển khô vì cát ướt gắn kết hơn và xói mòn giống như sa thạch mềm, trong khi cát khô bị xáo trộn nhưng không bị sóng cuốn. Các nghiên cứu thực địa do Grant (1984) thực hiện đã chứng minh tác động đáng kể của mực nước ngầm tại bãi đối với việc vận chuyển trầm tích. Sự thâm thấu của nước biển dưới mực nước ngầm thấp giúp tăng cường vận chuyển trầm tích vào bờ, trong khi dòng ngầm dưới mực nước ngầm cao đã thúc đẩy vận chuyển trầm tích xa bờ. Ví dụ cho hiện tượng này là bãi biển Stanwell Park, gần Sydney, Úc. Xói mòn tại đây đã gia tăng khi mực nước ngầm tại bãi dâng lên trong thời tiết ẩm ướt do việc tạo thành ao hồ cũng như sự chuyển hướng của các dòng chảy hoặc cửa ra của đầm phá, hoặc do gia tăng dòng ngầm hoặc sông chảy ra do thay đổi sử dụng đất trong nội địa (Bryant 1985).



### **2.13. Trầm tích bãi di chuyển bởi dòng chảy tràn**

Trong thời gian có mưa lớn, xói mòn bãi biển có thể do dòng chảy, đặc biệt khi dòng nước chảy xuống từ các vách đá hoặc dốc đứng và trầm tích bãi bị cuốn ra biển. Ví dụ về điều này được nhìn thấy trong mùa hè nhiều mưa ở tây bắc Australia, đặc biệt là gần Cape Leveque, nơi dòng chảy tràn cắt các rãnh nước đi qua bãi biển và tạo ra các quạt trầm tích hướng ra biển. Trầm tích bãi biển bị loại bỏ bằng dòng chảy tràn sau mưa xảy ra ở nơi miệng dòng nước mưa đổ xuống bãi biển. Trên bãi biển Đà Nẵng của Việt Nam trầm tích bãi biển đã bị cuốn trôi khi dòng nước mưa chảy tràn đổ ra biển mùa mưa năm 2018 [6]. Các ảnh hưởng của dòng chảy tràn mạnh hơn trên các bãi cát, đặc biệt khi chúng ướt, hơn là trên sỏi nơi dòng chảy tràn biến mất nhanh hơn do bị thấm xuống. Dòng chảy tràn gia tăng thường là do quá trình đô thị hóa, việc xây dựng đường xá và các bề mặt che kín khác, từ đó nước thoát ra nhanh chóng thay vì thấm vào lòng đất như trước đây, khi các công trình này chưa được xây dựng.

### **2.14. Hoạt động rửa trôi gia tăng do sóng dội từ các cấu trúc nhân tạo**

Sóng vỗ vào các cấu trúc vững chắc trên bờ như tường biển được xây bằng bê tông, các khối đá, thành lũy bằng đá tảng, tấm thép hoặc gỗ, được dội lại và tạo ra các dòng hướng về phía biển, cuốn trầm tích ra xa khỏi chân tường. Hiện tượng phản xạ này sẽ bị ngăn chặn nếu bãi biển đủ cao và rộng để ngăn sóng tiếp cận và phản xạ từ cấu trúc vững chắc, nhưng xói mòn bãi biển xảy ra nhanh chóng khi sóng chạm đến phía sau bức tường. Bãi biển ở Surfers Paradise, Queensland minh họa rõ cho hiện tượng này. Trong một cơn bão nhiệt đới, bãi biển này đã bị hạ thấp bởi những con sóng lớn phản xạ từ một bức tường đá gia cố bờ (Castelle và cộng sự, 2007).

### **2.15. Khai thác cát và sỏi từ bãi biển**

Cát hoặc sỏi của nhiều bãi biển đã được khai thác để sử dụng cho mục đích xây dựng đường sá và nhà cửa, và kết quả của việc hạ thấp mặt cát bờ là nó cho phép các con sóng lớn tấn công mạnh hơn vào bãi biển khi có bão khiến cho bãi lùi dần. Các bãi biển ở Jersey và Guernsey đã bị thu hẹp nhiều do lực lượng chiếm đóng của Đức khai thác cát từ các bãi biển trong Chiến tranh thế giới thứ hai để sử dụng để xây dựng boongke, ụ súng, và những bức tường biển khổng lồ (Bird và Lewis, 2015). Sự hạ thấp nhân tạo của mặt cát bờ đã dẫn đến những đợt sóng lớn hơn đổ vào bờ, làm gia tăng xói mòn bãi biển.

### **3. Vai trò của con người trong xói mòn bãi biển Việt Nam những năm gần đây**

Về cơ bản, các nguyên nhân gây xói mòn bãi biển trên có thể được xếp vào ba nhóm: 1/ Do vận động tự nhiên, 2/ Do những biến động bất thường về khí hậu, thủy văn và 3/ Do tác động nhân sinh ở cả lưu vực thượng nguồn và dải ven bờ. Ở mỗi vị trí bãi bị xói mòn, nói chung thường do sự kết hợp của hai đến ba nguyên nhân trong đó có một nguyên nhân chiếm ưu thế.

Khoảng 50 năm trước, xói mòn bờ biển Việt Nam chủ yếu liên quan đến các hiện tượng thuộc về thiên nhiên. Tuy nhiên trong những năm sau này, với sự phát triển của hệ thống thủy điện thượng nguồn, hoạt động xây dựng gia tăng đồng hành cùng với sự gia tăng các hoạt động kinh tế biển dưới nhiều hình thức thì ngày càng nhiều vị trí xói mòn có liên quan đến hoạt động của con người ở các mức trực tiếp, gián tiếp khác nhau. Ở Hội An, xói lở nghiêm trọng kéo dài 7km từ bãi biển An Bàng đến Cửa Đại trong những năm gần đây là hậu quả tất yếu của việc xây dựng ồ ạt các công trình thủy điện đầu nguồn đã chặn đứng nguồn cung trầm tích; tình trạng khai thác cát tràn lan trên sông Thu Bồn làm mất trầm tích sông; và việc xây

dựng các cây cầu ngang sông Thu Bồn gây cản trở, phần nào làm thay đổi dòng chảy [1, 2].

Tuy cách vị trí xói lở của Hội An không xa, nhưng xói mòn tại các bãi biển du lịch Đà Nẵng trong khoảng thời gian từ 2016-2021 lại có nguyên nhân khác: Tầng nước ngầm bị cạn kiệt (do khai thác quá mức và tỷ lệ bê tông hóa quá cao khiến nước ngầm khó phục hồi) đã dẫn đến hiện tượng sụt lún ven bờ, gia tăng hoạt động của sóng. Yếu tố này cộng hưởng với những biến động thời tiết gia tăng trong những năm gần đây đã thúc đẩy quá trình xói mòn, làm bãi biển lùi dần, có những thời điểm đã gần chạm tới con đường huyết mạch ven biển của thành phố xinh đẹp này [4, 6].

#### 4. Kết luận và khuyến nghị

Bài báo đã tóm tắt hiện trạng xói mòn bãi biển trên thế giới và ở Việt Nam cũng như thảo luận về 15 nguyên nhân gây nên hiện tượng này. Xói mòn bãi biển có thể khởi nguồn từ các thay đổi tự nhiên hoặc do con người tác động một cách trực tiếp hay gián tiếp lên quỹ trầm tích. Các tác động này bao gồm cả tác động vào nguồn trầm tích, sự hạ thấp của trầm tích bãi biển hoặc các quá trình tác động lên chúng. Xói mòn trên một bãi biển cụ thể nói chung là do nhiều hơn 1 nguyên nhân gây nên, nhưng thường có một nguyên nhân chiếm ưu thế.

Xói mòn bãi biển là vấn đề rất phức tạp và thường xuyên thay đổi theo thời gian và không gian. Hậu quả của hiện tượng này đối với môi trường, sinh thái và đối với nền kinh tế là khôn lường nên việc thực hiện các giải pháp chống lại xói mòn bãi biển, bảo vệ bờ là vô cùng cần thiết. Tuy nhiên, trước khi lựa chọn thực hiện các giải pháp này thì điều đầu tiên chúng ta cần phải làm đó là tìm hiểu nguyên nhân tại sao bãi biển bị xói mòn và trầm tích bãi đã trôi đi đâu: vào đất liền, ra biển hay dọc theo bờ biển? Chỉ khi trả lời được các câu hỏi này thì chúng ta mới có thể đưa ra được những giải pháp phù

hợp và hiệu quả, tránh lãng phí nguồn lực của xã hội.

Và vấn đề này giải pháp này sẽ được tiếp tục bàn luận trong phần tiếp theo của loạt bài tổng quan này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Alluvium, (2021), *Draft foreshore plan: Four Mile Beach*, report prepared by Alluvium Consulting Australia and Wild Environmental for the Douglas Shire Council.
- [2] Anthony E.J., (2019), *Beach Erosion*. In: Finkl C.W., Makowski C. (eds) *Encyclopedia of Coastal Science*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6_33)
- [3] Bird E., (2008), *Coastal geomorphology: An introduction*. John Wiley&Sons Ltd., Chichester, UK, 411 pp (Second Edition).
- [4] Bird E., Lewis N., (2015), *Beach renourishment*. Springer: 143 p.
- [5] Bird E., (1996), *Beach management*. Wiley, Chichester.
- [6] Bouhmadouche M. and Yacine H., (2016), *Erosion of a sandy coast: continuous follow-up of the coastal groynes of protection in Boumerdes (Algeria)*. Environmental Earth Sciences. 75(10).
- [7] Bryan K.R., Kench P.S. and Hart D. E., (2008), *Multi-decadal coastal change in New Zealand: Evidence, mechanisms and applications*. New Zealand Geographer 64: 117-128.
- [8] Bryant E.A., (1985), *Rainfall and beach erosion relationships, Stanwell Park, Australia, 1895–1980: worldwide implications for coastal erosion*. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 57:51–65.
- [9] Cardno E., (2011), *The great sands and adjacent coast and beaches*. Report No. RM2289\_LJ5518. Port of Melbourne Corporation
- [10] Castelle B., Turner I.L., Ruessink B.G. and Tomlinsom R.B., (2007), *Impact of storms on beach erosion: Broadbeach (Gold Coast, Australia)*. Journal of Coastal Research, SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), 534 – 539. Gold Coast, Australia, ISSN 0749.020.
- [11] CERC, (1984), *Shore Protection Manual*. Coastal Engr. Res. Center, U.S. Army .
- [12] Dean R. G., (2002), *Coastal processes: with engineering applications*. Cambridge, UK Cambridge
- [13] Douglas B.C., Kearney M.S., Leatherman S.P., (2000), *Sea level rise: history and consequences*. International geophysics series, vol 75. Academic Press, London.

- [14] El-Asmar H.M., White K., (2002), *Changes in coastal sediment transport processes due to construction of new Damietta Harbour, Nile Delta, Egypt*. Coast Eng 46:127–138.
- [15] Elko N.A., Davis R.A., (2006), *Morphologic evolution of similar barrier islands with different coastal management*. J Coast Res (Special Issue 39):127–131.
- [16] European Commission, (2004), *Living with Coastal Erosion in Europe – Sediment and Space for Sustainability Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities*. ISBN 92-894-7496-3.
- [17] Harff J., Hay W.W. and Tetzlaff D. M., (2007), *Coastline Changes: Interrelation of Climate and Geological Processes*. The Geological Society of America 426.
- [18] Heger P.H. and Vashold L., (2021), *Disappearing coasts in the Maghreb: Coastal erosion and its cost*. Maghreb Technical Notes Series. World Bank Groups 04. 25p.
- [19] Kaki C., Laibi R.A., Oyede L.M., (2011), *Evolution of Beninese coastline from 1963 to 2005: Causes and consequences*. Environment and Climate Change 1, 216–231.
- [20] *Processes and biological communities offshore New Jersey, U.S.A*. Journal of Coastal Research 21: 25-43.
- [21] Orviku K., Jaagus J., Kont A., Ratas U., Ravis R., (2003), *Increasing activity of coastal processes associated with climate change in Estonia*. Journal of Coastal Research 19:364–375.
- [22] Pilkey O. H. and Thieler E. R., (1992), *Erosion of the United State shoreline. Quaternary coast of the United State: Marine and Lacustrine Systems*, SEPM Special Publication N.48.
- [23] Scardino G. , Sabatier F. , Scicchitano G. and Piscitelli A., (2020), *Sea level rise and shoreline changes along an open sandy coast: Case study of Gulf of Taranto, Italy*. Water, 12, 1414.
- [24] Seashore Engineering, (2019), *Assessment of coastal erosion hotspots in Western Australia. Prepared for the Departments of Planning and Transport*. Report SE052-01-Rev1.
- [25] Silvester R., (1997), *Coastal stabilization. Singapore*, World Scientific
- [26] Temme B., Klein A.H.F., Carvalho J.L.B., Diehl F.L., (1997), *Morphological behavior of beach of Balneario Camboriu: preliminary results*. Notas Técnicas da FACIMAR 1:49–65
- [27] Trần Thanh Tùng, Van De Graaff J., (2006), *Giáo trình Hình thái bờ biển*. Trường ĐH. Thủy Lợi Hà Nội.
- [28] Vũ V.P., Nguyễn H., Đào M.T., (2008), *Xói lở bờ biển Việt Nam và ảnh hưởng của mực nước biển dâng*. Trong “Địa chất biển và phát triển bền vững – Tuyển tập Báo cáo Khoa học”. Hạ Long:658-666.
- [29] Wang P, Roberts T.M., Dabees M., Horwitz M.H., (2011), *Beach changes associated with active 2009–2010 El-Nino winter along the west-central Florida barrier islands*. In Wang P, Rosati.
- [30] Wong, H., (2016), *Coastal erosion and its remediation in six Southeast Asian countries*. Second China-ASEAN Academy on Ocean Law and Governance 6-17 Nov 2016, Haikou, Hainan.

#### Links

<https://baotintuc.vn/bien-dao-viet-nam/phong-chong-xoi-lo-bo-bien-nam-mien-trung-bai-1-hien-trang-va-nguyen-nhan-20180717114944524.htm>

<https://vov.vn/xa-hoi/bien-cua-dai-sat-lo-do-suy-giam-luong-bun-cat-tu-thuong-luu-628497.vov>

<https://tuoitre.vn/thuy-dien-thuong-nguon-mekong-lam-gia-tang-sat-lo-o-dbscl-20180328131812756.htm>

<http://soha.vn/tai-sao-bai-bien-da-nang-lien-tuc-bi-sat-lo-20170312235335172.htm>

<https://www.nytimes.com/2017/07/13/nyregion/rockaways-beaches-hurricane-sandy.html>

<https://baotainguyenmoitruong.vn/da-nang-sat-lo-rac-tiep-tuc-tan-cong-bo-bien-da-nang-239685.html>