

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TÔN TẠO BÃI BIỂN MỸ KHÊ, ĐÀ NẴNG

Lê Hải Trung¹, Nguyễn Quang Đức Anh², Nguyễn Trường Duy², Nguyễn Trung Việt^{3*}

Tóm tắt: Từ năm 2017 đến nay, dải bờ biển dài 11 km từ Mỹ Khê, Sơn Thủy, Non Nước tới Hà My liên tục biến động bồi – xói mạnh theo mùa, đặc biệt trong các mùa gió mùa Đông Bắc 2017–2018 và 2024 – 2025. Hai bộ số liệu địa hình đáy biển tháng 01/2024 và 01/2025, có phạm vi từ bãi tắm Phạm Văn Đồng đến Mường Thanh Luxury, được phân tích để tính toán chênh lệch địa hình và định lượng ngân sách bùn cát ngắn hạn. Tổng thiếu hụt vật liệu năm 2024 khoảng $1,173 \times 10^6 \text{ m}^3$; bùn cát bãi tắm có xu hướng dịch chuyển ra ngoài biển tới khoảng 400 m tính từ mép bờ, củng cố giả thiết vận chuyển ngang bờ chi phối tại đoạn Mỹ Khê – Mường Thanh. Trên cơ sở phân vùng cơ chế vận chuyển bùn cát, bài báo đề xuất bổ sung vật liệu để tôn tạo, mở rộng bãi biển kết hợp với một trong ba giải pháp gồm (i) dề chắn sóng tách bờ, (ii) mô hàn đuôi cá, và (iii) rạn ngầm lướt sóng. Các công trình chính trị được bố trí theo lý thuyết cung bờ cân bằng tĩnh (PBSE) nhằm tăng hiệu quả giữ cát bãi tắm, giảm tác động cảnh quan và nâng cao giá trị - hiệu quả khai thác du lịch.

Từ khóa: Bãi biển, dề chắn sóng, mô hàn, nuôi bãi, ổn định, rạn ngầm, xói lở, tôn tạo.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các bãi biển Mỹ Khê, Sơn Thủy, Non Nước, Tân Trà, Điện Ngọc tới Hà My nằm trên một cung bờ cong nhẹ với trục chính Tây Tây Bắc – Đông Đông Nam, được bán đảo Sơn Trà che chắn một phần phía Bắc và khu vực Cửa Đại ở phía Nam (Hình 1). Đặc điểm hình thái này chi phối chế độ sóng, trường dòng chảy ven bờ và vận chuyển bùn cát, qua đó quyết định quy luật biến động đường bờ trong khu vực. Mỹ Khê luôn là khu vực du lịch trọng điểm của Đà Nẵng, việc duy trì bề rộng bãi khô, độ dốc bãi phù hợp và chất lượng cảnh quan – môi trường là các điều kiện then chốt nhằm đảm bảo an toàn sử dụng, duy trì chức năng sinh thái và hỗ trợ phát triển kinh tế du lịch. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng cơ chế biến động bờ biển Đà Nẵng chịu chi phối mạnh bởi chế độ sóng gió mùa, trong đó vận chuyển bùn cát ngang bờ thường đóng vai trò quan trọng đối với biến động ngắn hạn theo mùa. Tuy nhiên, một số tài liệu gần đây ghi nhận xu thế mất cân bằng vận chuyển dọc bờ có dấu hiệu gia tăng, liên quan đến suy giảm nguồn cung trầm tích từ phía Nam, dẫn đến thiếu hụt trầm tích tại một số đoạn bờ, làm hạ thấp cao độ mặt bãi, thu hẹp phần bãi khô và gia tăng độ dốc bãi.

Đầu tiên, bài báo tổng hợp các nghiên cứu hiện có để phân vùng cơ chế biến động bờ biển từ Mỹ Khê tới Hà My theo hướng phân biệt vai trò tương

đối của vận chuyển ngang bờ và dọc bờ. Tiếp theo, hai bộ số liệu địa hình đáy biển tháng 01/2024 và 01/2025 được chồng chập để định lượng chênh lệch vật liệu trong chu kỳ một năm. Dựa trên các bằng chứng định lượng, ba nhóm giải pháp được đề xuất nhằm ổn định và tôn tạo 11 km bờ biển phục vụ du lịch từ Mỹ Khê, Non Nước tới Hà My.

2. BIẾN ĐỔI ĐỊA HÌNH BỜ BIỂN MỸ KHÊ – HÀ MY

2.1. Bờ biển từ Mỹ Khê tới Hà My

Đối với một bãi biển du lịch, các chỉ tiêu hình thái như bề rộng bãi khô, độ dốc bãi, chất lượng vật liệu cát và điều kiện sóng vỡ có ý nghĩa quyết định tới an toàn và năng lực khai thác. Trên thực tế, dọc cung bờ Mỹ Khê – Non Nước – Hà My đã ghi nhận nhiều đoạn biến động mạnh từ năm 2017 đến nay, thể hiện rõ tính chất biến động theo mùa. Diễn hình là khu vực bãi Sao Biển và Premier Resort trong mùa gió mùa Đông Bắc 2017–2018 và khu vực phía trước Mường Thanh Luxury năm 2021 (Việt & nnk, 2025). Biến động hình thái có tính phân hoá theo không gian và chịu tác động rõ rệt của các điều kiện động lực theo mùa, là cơ sở thực tiễn để xem xét nhu cầu ổn định, tôn tạo các đoạn bờ trọng điểm.

Các nghiên cứu gần đây cho thấy khu vực bờ biển Đà Nẵng chịu chi phối chủ đạo bởi động lực sóng, trong khi vai trò của dòng triều là thứ yếu và chỉ thể hiện rõ trong các thời đoạn sóng yếu (Đức Anh và nnk., 2025). Thống kê sóng thịnh hành từ WaveWatch III (WW3) giai đoạn 2000–2023 cho thấy khu vực ngoài khơi Đà Nẵng có các hướng sóng chủ đạo gồm Đông Bắc (NE), Đông Đông Bắc (ENE) và Đông Nam (SE). Trong đó, hướng ENE

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

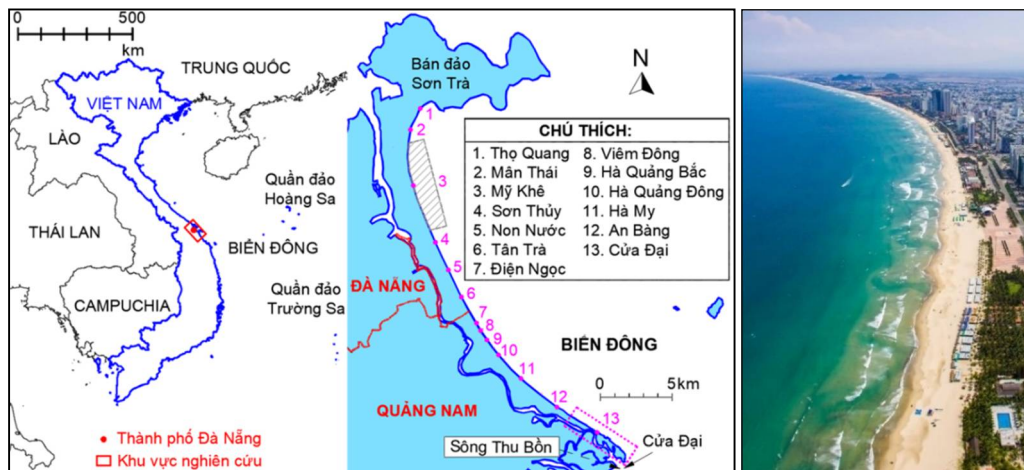
²Viện Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Thủy lợi

³Trường Đại học Thủy lợi

* Tác giả liên hệ

chiếm tỷ lệ xuất hiện lớn, khoảng 37% tổng thời gian. Vì vậy, việc lựa chọn và bố trí giải pháp ổn

định cần xem xét đầy đủ chế độ sóng gió mùa và đặc trưng hướng sóng chi phối.



Hình 1. Vị trí các bãi biển Mỹ Khê, Sơn Thủy, Non Nước, Tân Trà, Điện Ngọc tới Hà My (trái); một phần bãi biển Mỹ Khê (phải)

Xem xét biến đổi bờ biển trong nhiều năm, các kết quả phân tích cho thấy bờ biển phía Đông Đà Nẵng nhìn chung khá ổn định với mức bồi-xói yếu (Quang et al., 2021). Cụ thể, tốc độ trung bình ước tính đạt $\sim +1,01$ m/năm (giai đoạn 1965–1995) và $\sim +0,98$ m/năm (1995–2005) gần như tương đương. Do đó, sai khác giữa hai giai đoạn này được xem như dao động nhỏ quanh trạng thái ổn định, chứ không rõ ràng là sự thay đổi xu thế. Giai đoạn 2005–2022 có giá trị trung bình khoảng $-0,65$ m/năm gợi ý khuynh hướng lùi bờ mức nhẹ.

Theo các thời kỳ gió mùa trong năm, bờ biển Mỹ Khê thường chịu tác động mạnh của gió mùa Đông Bắc, dẫn tới xói theo mùa, với cường độ và vị trí xói có thể biến thiên theo năm (Việt & nnk., 2025). Nhìn chung, biến động đường bờ khu vực thể hiện nhiều thang thời gian khác nhau: tương đối ổn định/biến động yếu trong dài hạn; dao động mùa vụ có thể rõ rệt trong các thời đoạn sóng mùa. Vì vậy, đánh giá và lựa chọn giải pháp bảo vệ-tôn tạo cần dựa trên chuỗi dữ liệu đủ dài kết hợp phân tích cơ chế chi phối (đặc biệt là trường sóng mùa và đáp ứng hình thái của bãi), thay vì chỉ suy luận từ hiện trạng tại một thời điểm.

2.2. Cơ chế biến đổi bờ biển trong nhiều năm

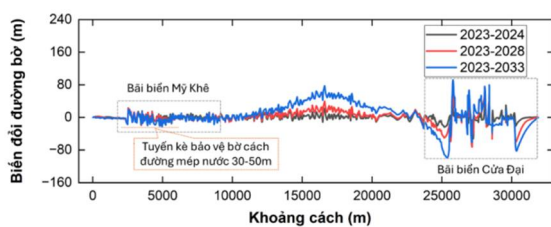
Các bằng chứng tổng hợp cho thấy nguồn cung trầm tích theo phương dọc bờ từ khu vực Cửa Đại lên phía Bắc đã suy giảm đáng kể theo thời gian, qua đó làm gia tăng tính phân hóa không gian của biến đổi đường bờ dọc tuyến. Giai đoạn 1973–1992, lượng trầm tích từ Cửa Đại dịch chuyển lên phía Bắc được ước tính đạt trên nửa triệu m^3 /năm; giai đoạn 1992–2017 suy giảm còn vài chục nghìn đến hơn hai trăm nghìn m^3 /năm (JICA, 2018). Hệ quả trực tiếp là xói lở

có xu hướng tập trung mạnh tại dải bờ lân cận cửa, đặc biệt trong phạm vi khoảng 3–8 km về phía Bắc. Trong khi đó, khả năng “bù đắp” vật liệu cho các đoạn bờ xa hơn (như Mỹ Khê) suy giảm rõ rệt. Kết quả giải đoán ảnh vệ tinh giai đoạn 1990–2021 cho thấy đoạn bờ Mỹ Khê – Non Nước có xu thế bồi nhẹ hoặc tương đối ổn định, trong khi bờ biển Cửa Đại xói mạnh và cường độ xói giảm dần về phía Bắc (Quang et al., 2021). Sự khác biệt này cho thấy một cơ chế phản ứng không đồng nhất dọc tuyến: khu vực gần cửa phụ thuộc chặt chẽ vào nguồn cấp vật liệu từ Cửa Đại nhưng Mỹ Khê không chịu chi phối trực tiếp bởi dòng vận chuyển bùn cát từ nguồn này. Thay vào đó, biến động tại chỗ ở Mỹ Khê chủ yếu do động lực sóng gió mùa và trường dòng chảy trong vùng sóng vỡ điều tiết. Cũng cần lưu ý rằng sự suy giảm nguồn trầm tích từ phía Nam vẫn đóng vai trò là một “tác động hệ thống” dài hạn, làm thay đổi điều kiện nền hoặc biên trầm tích, dù không gây ra những biến đổi tức thời tại Mỹ Khê.

Một số các nghiên cứu gần đây đã cùng chỉ ra ba nhóm cơ chế xói lở chính tại Mỹ Khê gồm (i) xói mãn tính, (ii) xói dạng chòm răng cưa, và (iii) xói cục bộ (Tuân và nnk., 2024). Trong đó, xói mãn tính thường gắn với mất cân bằng vận chuyển dọc bờ ở quy mô dài hạn, liên quan đến thiếu hụt nguồn cung trầm tích từ phía Nam kết hợp với tác động lặp lại của sóng gió mùa Đông Bắc. Biến thiên liên niên của trường sóng (gắn với ENSO) có thể làm thay đổi đặc trưng hướng sóng tới và qua đó điều chỉnh cường độ cũng như hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ. Tuy nhiên, mức độ đóng góp định lượng của cơ chế này hiện chưa được xác định chắc chắn và cần được kiểm chứng bằng các

chuỗi số liệu quan trắc dài hạn hơn. Bên cạnh đó, xói dạng chỏm răng cưa có thể hình thành do tương tác giữa trường sóng, dòng chảy ven bờ và hình thái đáy, đặc biệt khi tồn tại các bar/ rãnh ngoài khơi. Trong điều kiện sóng mạnh, các dòng rút có thể hình thành tại các vị trí gián đoạn về hình thái, qua đó tăng vận chuyển vật liệu từ bãi ra phía ngoài. Khi xảy ra sóng mạnh, sóng phản xạ và nhiễu động cục bộ do kè, tường đứng... có thể làm gia tăng xói cục bộ tại chân công trình và vùng bãi phía trước. Các mô phỏng thủy động lực cho thấy trường sóng đóng vai trò chi phối chủ đạo đối với cấu trúc và cường độ dòng chảy ven bờ tại khu vực Mỹ Khê. Trong khi đó, ảnh hưởng của dòng triều là thứ yếu và chỉ thể hiện rõ trong các khoảng thời gian sóng yếu hơn vào thời kỳ mùa hè (Đức Anh và nnk., 2025).

Để làm rõ xu thế và mức độ phân hóa biến động đường bờ theo tuyến, bài báo sử dụng mô hình GENCADE để mô phỏng biến động đường bờ đoạn Mỹ Khê – Cửa Đại cho các thời hạn 1 năm, 5 năm và 10 năm (Hình 2). Biên sóng đầu vào được trích xuất từ bộ dữ liệu từ mô hình toàn cầu WAVE WATCH III trong giai đoạn 2000–2023 tại điểm ngoài khơi (16,5°N; 109,0°E); và đường bờ ban đầu là hiện trạng năm 2023. Kết quả mô phỏng cho thấy diễn biến xói lở – bồi tụ tại khu vực Mỹ Khê và Cửa Đại có sự khác biệt rõ rệt. Khu vực Mỹ Khê, đường bờ thể hiện tính ổn định cao với biên độ dịch chuyển rất nhỏ (dao động quanh giá trị 0); tuyến kè cứng (cách mép nước 30–50m) đóng vai trò như một biên cứng ngăn chặn sự thoái lui của đường bờ. Khu vực Cửa Đại, đường bờ biến động mạnh với biên độ dịch chuyển tích lũy tăng theo thời gian, cho thấy khu vực này dễ bị tác động bởi sự mất cân bằng trầm tích dọc bờ.



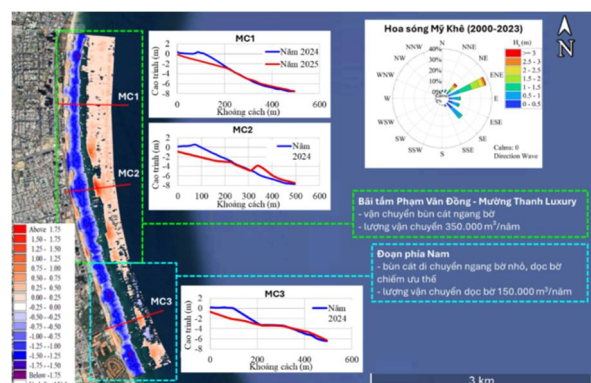
Hình 2. Biến đổi đường bờ từ Mỹ Khê tới khu vực Cửa Đại với các thời gian mô phỏng 1 năm, 5 năm và 10 năm

Kết quả mô phỏng bằng GENCADE, khi đối chiếu với kết quả phân tích ảnh viễn thám của Quang et al. (2021), cho thấy đoạn bờ Mỹ Khê – Non Nước nhìn chung thuộc nhóm ổn định hoặc chỉ biến động yếu. Trong khi đó, khu vực Cửa Đại đặc trưng bởi xu thế xói lở rõ rệt hơn, với mức độ tác động giảm dần theo hướng từ Nam lên Bắc. Nhận

định này là cơ sở để bài báo tập trung vào phân tích biến động ngắn hạn và cơ chế bồi – xói theo mùa trong quá trình xem xét các giải pháp tôn tạo cho bãi biển Mỹ Khê.

2.3. Biến đổi địa hình bãi biển trong năm 2024

Trong tháng 01/2024 và 01/2025, Sonar đa tia (MBES) được sử dụng cho khảo sát địa hình đáy biển Mỹ Khê phục vụ đánh giá biến động bãi tắm trong thời đoạn 1 năm. Phạm vi khảo sát kéo dài 5 km dọc bờ từ bãi tắm Phạm Văn Đồng đến trước Mương Thanh Luxury với chiều rộng từ bờ ra khoảng 1,1 km (Việt & nnk., 2025). Các mô hình số địa hình đáy biển (DEM), được xây dựng từ số liệu khảo sát do nhóm tác giả thực hiện vào tháng 01/2024 và 01/2025, đã được chuẩn hoá trên cùng hệ quy chiếu và nội suy lên cùng hệ lưới nhằm bảo đảm khả năng so sánh trực tiếp. Hai mô hình DEM được chồng chập để tính chênh lệch cao độ $\Delta z = z_{\{01/2025\}} - z_{\{01/2024\}}$, từ đó xác định chênh lệch thể tích bồi – xói ΔV trong giai đoạn 01/2024 tới 01/2025. Kết quả cho thấy tháng 01 năm 2025 bị thiếu hụt khoảng $1,173 \times 10^6 \text{ m}^3$ vật liệu so với tháng 01 năm 2024. Trích xuất và chồng chập các mặt cắt ngang bãi biển cũng cho thấy bùn cát có xu hướng dịch chuyển từ trong ra xa bờ tới khoảng 400 m. So sánh các mặt cắt ngang MC1, MC3 và MC3 cho thấy rất rõ xu hướng bùn cát di chuyển ngang bờ. Địa hình 2025 hạ thấp rõ trong dải gần bờ 200 tới 250 m, phản ánh xói bãi trước dưới tác động sóng mùa. Trong phạm vi khoảng cách 300 – 450 m, địa hình 2025 tiệm cận hoặc cao hơn 2024 (rõ hơn với MC2) cho thấy bồi tương đối/tái tích tụ vật liệu tại vùng cồn cát ngầm ngoài khơi. Từ khoảng 450–500 m trở ra, chênh lệch cao độ 2024 – 2025 giảm đáng kể, cho thấy biến động chủ yếu giới hạn trong phạm vi 500 m ven bờ.



Hình 3. Vị trí và kết quả chồng chập số liệu khảo sát tháng 1/ 2024 và tháng 1/ 2025, phục vụ xác định phạm vi biến đổi địa hình bãi biển Mỹ Khê

Dựa trên đặc trưng động lực và kết quả chồng chập địa hình, hai khu vực được phân chia sơ bộ với cơ chế khác nhau. Đoạn Phạm Văn Đồng – Mương Thanh

Luxury (gồm MC1 và MC2) có vận chuyển ngang bờ chiếm ưu thế, thể hiện qua thiếu hụt thể tích và xu thế dịch chuyển vật liệu ra phía ngoài. Đoạn Furama Resort – Hà My (chứa MC3) có vận chuyển dọc bờ nổi trội hơn. Phân vùng này là cơ sở đề xuất giải pháp ổn định cho cả cung bờ dài 11 km (Hình 3).

3. ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP ỔN ĐỊNH, TÔN TẠO

Các phân tích địa hình, diễn biến đường bờ, cân bằng bùn cát và kết quả mô phỏng ở trên cho thấy khu vực Mỹ Khê nhìn chung vẫn thuộc nhóm bãi biển tương đối ổn định, song tồn tại các dạng mất ổn định cục bộ theo mùa và theo không gian, đặc biệt dưới tác động của sóng gió mùa Đông Bắc và các cấu trúc bar-rip gần bờ. Trong bối cảnh đây là bãi biển du lịch mở,

đồng thời có yêu cầu cao về cảnh quan, an toàn tắm biển và tính bền vững trong khai thác, việc lựa chọn giải pháp ổn định – tôn tạo không nên chỉ dựa trên hiệu quả chống xói đơn thuần mà cần được xem xét theo cách tiếp cận đa tiêu chí. Trên cơ sở đó, Bảng 2 trình bày ma trận sàng lọc sơ bộ dựa trên 10 tiêu chí, với thang điểm từ 0 tới 2; 0 là không phù hợp/không ưu tiên còn 2 là phù hợp/ưu tiên (Trung và nnk, 2019). Để đơn giản, các tiêu chí được xem xét với cùng trọng số nhằm nhận diện các nhóm giải pháp có khả năng thích nghi cao nhất với đặc điểm động lực và yêu cầu cảnh quan tại Mỹ Khê. Tổng điểm $T_i = \sum_{j=1}^n s_{ij}$, với s_{ij} là điểm của phương án i theo tiêu chí kỹ thuật j , định hướng cho việc lựa chọn phương án.

Bảng 2. Ma trận sàng lọc hỗ trợ lựa chọn giải pháp ổn định bãi biển Mỹ Khê

TT	Tiêu chí	Kề biển	Mũi đất	Mỏ hàn	Đê chắn sóng	Nuôi bãi	Rạn ngầm
1	Mất ổn định cấp tính	2	2	0	2	0	0
2	Mất ổn định mãn tính	0	2	2	2	2	0
3	Xói chồm răng cưa (cell rip – bar)*	0	0	0	0	2	2
4	Bãi dốc/đụn cát	2	0	2	2	0	2
5	Xa cửa sông	2	0	2	2	0	2
6	Trọng điểm du lịch – đô thị	2	0	0	2	0	2
7	Cảnh quan tự nhiên	2	0	2	2	0	2
8	Hệ sinh thái san hô/bãi cá	1	0	0	0	0	0
9	Độ sâu lớn/ triều lớn	0	0	2	2	0	2
10	Sẵn nguồn cát nuôi bãi	0	0	0	0	2	0
	Tổng (min = 0; max = 20)	11	4	12	14	6	14

* cell rip–bar: dạng xói cục bộ liên quan hệ bar – rip.

Các giải pháp đê chắn sóng tách bờ, mỏ hàn và rạn ngầm ASR có tổng điểm của 10 tiêu chí cao hơn; và có khả năng tác động đến trường sóng – dòng chảy và tái phân bố trầm tích. Về nguyên lý, PA1 làm suy giảm năng lượng sóng truyền vào vùng bờ và tạo điều kiện giữ cát phía sau các đê; PA2 điều tiết vận chuyển dọc bờ và tăng khả năng giữ cát theo từng ô giữa các mỏ hàn; PA3 với dạng ngầm có thể làm biến đổi quá trình shoaling–breaking, qua đó giảm năng lượng sóng và hỗ trợ định vị trường dòng chảy phía sau rạn (Jackson et al., 2003; Trung, 2006).

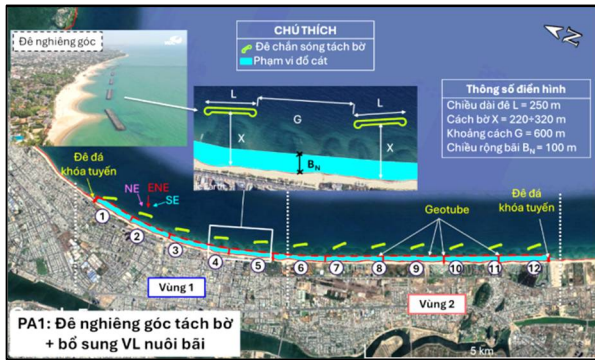
4. BỐ TRÍ KHÔNG GIAN 3 GIẢI PHÁP ỔN ĐỊNH, TÔN TẠO

Sau bước sàng lọc sơ bộ các nhóm giải pháp có mức độ phù hợp cao đối với khu vực nghiên cứu, ba phương án gồm đê chắn sóng tách bờ, mỏ hàn và rạn ngầm ASR được lựa chọn để xem xét bố trí không gian. Trong nghiên cứu này, lý thuyết cung bờ cân bằng tĩnh được sử dụng như một công cụ định hướng ban đầu cho việc xác lập hình dạng đường bờ tương đối ổn định sau can thiệp, thông qua phương trình vịnh dạng parabol dưới điều kiện sóng điển hình của khu vực (Hsu & Evans, 1989).

Từ đó, bài báo đề xuất sơ bộ các tham số cơ bản của từng phương án, bao gồm số lượng, chiều dài, khoảng cách công trình và phạm vi nuôi bãi, nhằm hạn chế thoái lui đường bờ so với hiện trạng và giảm nguy cơ xói cục bộ tại các đoạn chuyển tiếp.

4.1. Đê chắn sóng nghiêng góc - PA1

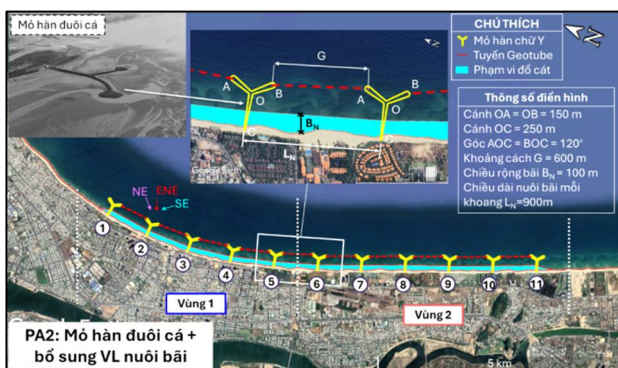
Phương án PA1 gồm 12 đê, mỗi đê dài khoảng 250 m (Hình 4). Khoảng cách giữa các đê và khoảng cách từ đê tới đường bờ được lựa chọn sao cho hình dạng cung bờ cân bằng theo các hướng sóng điển hình không tạo xu thế thoái lui đáng kể so với đường bờ hiện trạng. Đồng thời, vùng nước lặng tương đối được hình thành phía sau công trình. Chiều rộng phạm vi bổ sung vật liệu tạo bãi dự kiến $B_N \approx 100$ m nhằm bảo đảm không gian phục vụ dịch vụ du lịch; tổng chiều dài khoảng 9 km từ bãi tắm Mân Thái đến bãi biển Non Nước. Bên cạnh đó, 10 mỏ hàn (vuông góc với bờ) xếp bằng đá học được bố trí để phân chia thành các ô nuôi bãi. Một tuyến geotube ngầm được bố trí cách bờ 100 m nhằm giảm thất thoát vật liệu nuôi bãi và tăng hiệu quả giữ cát trong giai đoạn thi công – vận hành.



Hình 4. PA1 Giải pháp đê chắn sóng nghiêng góc nhằm ổn định bờ biển Mỹ Khê

4.2. Mỏ hàn đuôi cá - PA2

Phương án PA2 bố trí 11 mỏ hàn dạng “đuôi cá” kết hợp bổ sung vật liệu nhằm mở rộng bãi biển Mỹ Khê (Hình 5). Chiều dài mỏ hàn được tham chiếu theo bề rộng dải sóng vỡ xấp xỉ 400 tới 500 m, kế thừa từ (Tuần và nnk, 2024). Theo đó, chiều dài trung bình mỏ hàn khoảng 350 m nhằm giữ lại một phần vận chuyển dọc bờ và định hình khoảng không gian để tạo bãi, đồng thời hạn chế gây xói lở ở các khu vực lân cận. Góc nghiêng và chiều dài các cánh mỏ hàn được đề xuất sơ bộ để tiệm cận hình dạng cung bờ cân bằng tính trong điều kiện sóng điển hình.



Hình 5. PA2 Giải pháp mỏ hàn “đuôi cá” kết hợp bãi treo nhằm ổn định bãi biển Mỹ Khê

Giữa hai thân mỏ hàn liên tiếp, tuyến geotube ngầm được bố trí nhằm hạn chế thất thoát vật liệu nuôi bãi và duy trì quỹ bùn cát tại khu vực. Phạm vi bổ sung vật liệu mở rộng bãi tương tự như PA1.

4.3. Rạn ngầm lướt sóng và bãi treo - PA3

Rạn ngầm lướt sóng là dạng công trình chìm có chức năng đồng thời bảo vệ bờ biển và tạo điều kiện sóng phù hợp cho hoạt động lướt sóng. Cấu tạo điển hình gồm một cặp rạn (cánh) với kênh ở giữa nhằm định hướng và tập trung dòng chảy (Jackson et al., 2003). Phương án PA3 đề xuất “bãi treo” giữa hai cặp rạn liên tiếp nhằm phục vụ dịch vụ du lịch (Hình 6).

Bãi treo có cấu tạo gồm hai mỏ hàn đá đổ ở hai đầu và tuyến geotube ngầm phía ngoài để giữ vật liệu nuôi bãi.



Hình 6. PA3 Giải pháp rạn ngầm lướt sóng kết hợp bãi treo nhằm ổn định bãi biển Mỹ Khê

Ba nhóm giải pháp trên đây được tiếp cận theo hướng kết hợp “mềm” – “cứng”. Trong đó, việc nuôi bãi (beach nourishment) và tạo bãi treo (perched beach) bù đắp trực tiếp thiếu hụt trầm tích. Các kết cấu cứng (mỏ hàn, đê tách bờ, rạn ngầm) đóng vai trò hỗ trợ, giúp kéo dài tuổi thọ vật liệu nuôi bãi và giảm năng lượng sóng trong mùa gió mùa Đông Bắc.

Tuy nhiên, nguy cơ gây xói lở cục bộ hoặc mất cân bằng trầm tích tại các vùng tiếp giáp phía Nam bãi biển Mỹ Khê do sự hiện diện của các công trình cứng này là không thể tránh khỏi. Vì vậy, các Hình 4, 5 và 6 thể hiện các tham số ở mức độ định hướng sơ bộ dựa trên lý thuyết cung bờ cân bằng. Các giai đoạn nghiên cứu hay thiết kế tiếp theo cần triển khai đánh giá định lượng về hiệu quả giảm sóng, biến đổi trường dòng chảy cũng như các nguy cơ xói lở sử dụng mô hình số (2 chiều, 3 chiều). Trong đó, các kịch bản cực đoan như bão mạnh và nước dâng cũng cần được xem xét để đảm bảo an toàn đối với hoạt động tắm biển và dịch vụ du lịch. Cuối cùng nhưng rất quan trọng, một chiến lược quản lý thích ứng (adaptive management) kết hợp quan trắc đường bờ định kỳ cần được thiết lập để điều chỉnh kế hoạch nuôi bãi và duy trì công trình theo thời gian thực.

5. KẾT LUẬN

Kết quả chồng chập mô hình số địa hình trong tháng 01/2024 và 01/2025 cho thấy quá trình biến đổi địa hình tại bãi biển Mỹ Khê chịu chi phối mạnh bởi động lực sóng gió mùa và phản ánh trạng thái mất cân bằng bùn cát. Trong phạm vi khảo sát dài 5 km từ Phạm Văn Đồng tới Mường Thanh Luxury, tổng thiếu hụt vật liệu trong năm 2024 được ước tính khoảng $1,173 \times 10^6$ m³. Trầm tích được tái phân bố theo phương ngang bờ và xu thế dịch chuyển vật liệu ra phía ngoài cách bờ tới khoảng ~400 m. Đây chính

là minh chứng định lượng cho cơ chế xói bãi trước – bồi tương đối vùng ngoài; tiếp tục củng cố nhận định về vận chuyển ngang bờ chiếm ưu thế tại đoạn Mỹ Khê – Mường Thanh. Đối với các đoạn phía Nam (Furama – Hà My), vai trò vận chuyển dọc bờ được tổng hợp từ các nghiên cứu trước và cần được kiểm chứng bổ sung bằng khảo sát/mô hình trong giai đoạn tiếp theo trước khi xem như cơ chế điều khiển chính trong bố trí giải pháp.

Trên cơ sở phân vùng cơ chế, chúng tôi đã đề xuất ba nhóm công trình kết hợp nuôi bãi gồm: đề

chấn sóng tách bờ (PA1), mỏ hàn đuôi cá (PA2) và rạn ngầm lướt sóng kết hợp bãi treo (PA3). Phương án rạn ngầm được kỳ vọng tạo hiệu quả giảm năng lượng sóng và hỗ trợ ổn định bãi với mức độ can thiệp về thị giác/ thẩm mỹ thấp hơn so với các kết cấu nổi. Rạn ngầm đồng thời tạo khả năng cải thiện/ nâng cấp các đặc trưng sóng phục vụ cho lướt sóng và các hoạt động thể thao – giải trí khác. Kết quả của bài báo đóng vai trò định hướng, tạo cơ sở khoa học cho giai đoạn nghiên cứu, quy hoạch, thiết kế không gian biển Mỹ Khê nói riêng và Đà Nẵng nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anh N. Q. Đ., Lục N. V., & Việt N. T. (2025). *Mô phỏng chế độ thủy động lực khu vực ven biển Mỹ Khê, thành phố Đà Nẵng*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 93(19), 133–140.
- Nguyễn Trung Việt và nnk. (2025). *Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ phục vụ đánh giá, dự báo biến động hình thái và giải pháp ổn định bãi biển vùng Trung Trung Bộ*.
- Trung, L. H. và nnk. (2019). *Đề tài: Nghiên cứu đánh giá các giải pháp công nghệ chống xói lở bờ biển đã được áp dụng và đề xuất các giải pháp công nghệ phù hợp cho một số vùng trọng điểm miền Trung* [Báo cáo tổng kết]. Đại học Thủy lợi.
- Tuấn, T. Q. và nnk. (2024). *Đề tài: Nghiên cứu xác định nguyên nhân gây xói lở bờ biển và đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ biển thành phố Đà Nẵng* [Báo cáo tổng hợp kết quả nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ cấp thành phố]. Đại học Thủy lợi.
- Hsu, J. R. C., & Evans, C. (1989). *Parabolic bay shapes and applications*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 87(4), 557–570. <https://doi.org/10.1680/icep.1989.3778>
- Jackson, L. A., Tomlinson, R., McGrath, J., & Turner, I. (2003). *Monitoring of a multi functional submerged geotextile reef breakwater*. Coastal Engineering 2002, 1923–1935. https://doi.org/10.1142/9789812791306_0162
- JICA. (2018). *Data Collection Survey on Basin-based Comprehensive Sediment Management in River Systems of the Central Region in Vietnam [Final report: Executive Summary]*. Japan International Cooperation Agency (JICA).
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., Tinh, N. X., & Tanaka, H. (2021). *Long-Term Shoreline Evolution Using DSAS Technique: A Case Study of Quang Nam Province, Vietnam*. Journal of Marine Science and Engineering, 9(10), 1124. <https://doi.org/10.3390/jmse9101124>
- Trung, L. H. (2006). *Interacting Artificial Surf Reefs [Master's thesis]*. Delft University of Technology.

Abstract:

OVERVIEW OF SOLUTIONS TO STABILIZE MY KHE BEACH, DA NANG

Since 2017, the My Khe–Son Thuy–Non Nuoc–Ha My coastline has experienced pronounced seasonal erosion–accretion. The Northeast monsoon seasons of 2017–2018 and 2024–2025 caused the most severe impacts. Two multibeam echo-sounder surveys were conducted in January 2024 and January 2025 to determine short-term sediment budget over a 5-km-long sector from Pham Van Dong beach to Muong Thanh Luxury. A net sediment deficit is approximately $1.173 \times 10^6 \text{ m}^3$ in 2024, with cross-shore export reaching ~400 m seaward. Based on multi-criteria screening, three alternatives are proposed to stabilize My Khe beach: (i) detached breakwaters, (ii) fish-tail groynes, and (iii) artificial surf reefs. Spatial layouts are theoretically configured with the Parabolic Bay Shape Equation to improve stability while preserving coastal landscape and recreational functions.

Keywords: Beach erosion, stabilization, nourishment, detached breakwater, groyne, artificial surf reef.

Ngày nhận bài: 14/01/2026

Ngày chấp nhận đăng: 13/3/2026