

**TẠP CHÍ**

# **KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**

**Journal of Hydro - Meteorology**

**ISSN 2525 - 2208**



**TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**

**Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration**

**Số 753**

**09-2023**



**Q. TÔNG BIÊN TẬP**  
**PGS. TS. Đoàn Quang Trí**

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái    | 14. PGS. TS. Mai Văn Khiêm  |
| 2. GS. TS. Trần Thực         | 15. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận   | 16. TS. Tống Ngọc Thanh     |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân      | 17. TS. Đinh Thái Hưng      |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng   | 18. TS. Võ Văn Hòa          |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn    | 19. TS. Nguyễn Đắc Đồng     |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi    | 20. GS. TS. Kazuo Saito     |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 21. GS. TS. Jun Matsumoto   |
| 9. PGS. TS. Dương Văn Khảm   | 22. GS. TS. Jaecheol Nam    |
| 10. PGS. TS. Dương Hồng Sơn  | 23. TS. Keunyong Song       |
| 11. TS. Hoàng Đức Cường      | 24. TS. Lars Robert Hole    |
| 12. TS. Bạch Quang Dũng      | 25. TS. Sooyoul Kim         |
| 13. PGS. TS. Đoàn Quang Trí  |                             |

**Giấy phép xuất bản**

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

**Tòa soạn**

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội  
Điện thoại: 024.39364963  
Email: Tapchikttv@gmail.com

**Chế bản và In tại:**

**Công ty TNHH Đầu Tư Nông Nghiệp Việt Nam**  
ĐT: 0243.5624399

*Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc*

Giá bán: 40.000 đồng

**TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**  
**SỐ 753 - 09/2023**

**MỤC LỤC**

**Bài báo khoa học**

- 1** **Đoàn Quang Trí, Phạm Văn Hùng, Phạm Trí Thúc:** Nghiên cứu, đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam
- 13** **Lê Tấn Phát, Đinh Phước Hậu, Lý Trung Hiếu, Trần Hoàng Khương, Huỳnh Trần Tố Nga, Trần Hữu Phước, Lê Nguyễn Hải Nam:** Khảo sát ảnh hưởng của muối lên tính chất của dung dịch khoan bentonite ở khu vực bị nhiễm mặn
- 23** **Văn Hữu Huệ:** Giải pháp công trình ứng phó với dòng chủ lưu áp sát bờ sông Cổ Chiên, khu vực TP. Vĩnh Long
- 37** **Huỳnh Phú, Huỳnh Thị Ngọc Hân:** Đánh giá rác thải nhựa, vi nhựa trong nước thải từ cộng đồng dân cư xả thải vào các sông Sài Gòn - Đồng Nai, đề xuất giải pháp xử lý đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững
- 50** **Nguyễn Đình Hải, Nguyễn Gia Trọng, Cao Hoàng Trường, Phạm Ngọc Quang:** Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn
- 60** **Phùng Thị Vui, Trần Văn Hưng, Phan Văn Tuấn:** Nghiên cứu dự báo dựa trên tác động của cơn bão Damrey đến thành phố Nha Trang tỉnh Khánh Hòa
- 74** **Hoàng Thị Thanh Thủy, Từ Thị Cẩm Loan, Trần Đức Đậu, Huỳnh Tiến Đạt, Cấn Thu Văn:** Nghiên cứu tác động của hoạt động nhân sinh đến hàm lượng kim loại nặng trong tầng chứa nước Pleistocene khu vực TP.HCM
- 85** **Đoàn Thanh Vũ, Vũ Thị Hoài Thu, Triệu Ánh Ngọc, Cấn Thu Văn:** Tính toán lại lũ thiết kế hồ chứa Tà Ranh với số liệu cập nhật



Bài báo khoa học

## Nghiên cứu, đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam

Đoàn Quang Trí<sup>1</sup>, Phạm Văn Hùng<sup>2\*</sup>, Phạm Trí Thức<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;  
doanquangtrikttv@gmail.com

<sup>2</sup> Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển - Bộ Tham mưu Hải quân;  
phamvanhung2t@gmail.com

<sup>3</sup> Học viện Hải quân Nhân dân Việt Nam - Bộ Tư lệnh Hải quân;  
pthucacademy@yahoo.com.vn

\*Tác giả liên hệ: phamvanhung2t@gmail.com; Tel.: +84-988579358

Ban Biên tập nhận bài: 12/6/2023; Ngày phản biện xong: 18/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều (NLĐTT) khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam. Với nhu cầu sử dụng điện của quân - dân trên các đảo ngày càng cao và yêu cầu nghiên cứu, đánh giá tiềm năng năng lượng tái tạo (NLTT) trong Chiến lược năng lượng quốc gia, việc nghiên cứu, đánh giá tiềm năng NLĐTT ở khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam là yêu cầu cần thiết hiện nay. Bài báo trình bày phương pháp nghiên cứu, đánh giá tiềm năng NLĐTT của các tua-bin trạm điện thủy triều và năng lượng dòng triều. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Tại tầng mặt, tổng tiềm năng NLĐTT ước tính (AEP) từ 3,3-27,0 GWh/năm; tại tầng nước 20 m, AEP từ 2,3-26,4 GWh/năm; tại tầng nước 50 m, AEP từ 0,7-20,5 GWh/năm. AEP có giá trị lớn nhất tại khu vực bãi ngầm Chim Biển, An Bang, Trường Sa Đông và tương đối ổn định với dao động từ 20,5-27,0 GWh/năm. Kết quả nghiên cứu, đánh giá tiềm năng NLĐTT khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam làm cơ sở phục vụ công tác quy hoạch phát triển, xây dựng, khai thác nguồn NLTT điện thủy triều khu vực ngoài khơi đáp ứng nhu cầu sử dụng điện sinh hoạt, nghiên cứu khoa học biển và các hoạt động chuyên môn khác.

**Từ khóa:** Dòng triều; Năng lượng tái tạo; Tiềm năng năng lượng; Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam.

### 1. Giới thiệu

Năng lượng tái tạo (NLTT) tăng trưởng kỷ lục về công suất điện và có vai trò tích cực ngày càng lớn trong Chiến lược an ninh năng lượng của các quốc gia ven biển, cải thiện an ninh năng lượng với mục tiêu giảm thiểu việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch đã trở thành vấn đề trọng tâm tại các cuộc thảo luận quốc tế [1]. Tiềm năng của nguồn năng lượng từ biển rất lớn, trong những năm đầu của thế kỷ 21, trên thế giới, nhiều quốc gia tiên tiến và phát triển đã đi sâu vào nghiên cứu, triển khai khai thác các nguồn NLTT, trong đó có nguồn năng lượng tái tạo điện thủy triều. Hiện tại, nguồn năng lượng từ biển đại diện cho một phần nhỏ nhất của thị trường năng lượng tái tạo [1-3]. Hoạt động nghiên cứu, ứng dụng khoa học trong khai thác, sử dụng nguồn năng lượng tái tạo từ biển, đặc biệt là nguồn năng lượng thủy triều phát triển tập trung chủ yếu tại Châu Âu (Anh, Pháp, Scotland ...), Châu Á (Hàn Quốc, Trung Quốc ...), khu vực Bắc Mỹ (Canada, Mỹ) và Australia [3-6].

Các nguồn năng lượng tái tạo như: năng lượng Mặt trời, năng lượng sinh khối, sóng, gió, dòng chảy, năng lượng thủy triều ... Hiện nay, việc đánh giá tiềm năng nguồn NLTT trong chiến lược phát triển, đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia đang được các quốc gia trên thế giới quan tâm nghiên cứu, khai thác và sử dụng [3, 6–9].

Dự tính thủy triều, dòng triều bằng phương pháp bình phương tối thiểu theo chuẩn IOS [10–14] đã đạt được độ chính xác cao về thời gian, biên độ, pha, tốc độ và hướng, dòng triều được sử dụng trong tính toán, ước tính tiềm năng năng lượng điện thủy triều (NLĐTT) cho các tua-bin của trạm điện thủy triều; các nghiên cứu đánh giá tiềm năng NLTT, công nghệ khai thác NLTT; đánh giá tác động môi trường, hiệu quả kinh tế được đầu tư và quan tâm ngày càng nhiều [4–5, 15–17].

Việt Nam là quốc gia có lợi thế và thế mạnh về biển với hơn 3260 km đường bờ biển và hơn một triệu km<sup>2</sup> vùng đặc quyền kinh tế. Tiềm năng về NLTT từ biển là rất lớn như: năng lượng sóng biển, năng lượng dòng chảy biển, năng lượng gió biển, năng lượng thủy triều ... [7, 9]. Nghị quyết số 55 của Bộ Chính trị xác định bảo đảm vững chắc an ninh năng lượng quốc gia là nền tảng, tiền đề phát triển kinh tế-xã hội và đa dạng hóa các loại hình năng lượng, ưu tiên khai thác, sử dụng các nguồn NLTT, trong đó có nguồn năng lượng điện thủy triều. Các nghiên cứu [7–9] ở Việt Nam trong thời gian gần đây mới chỉ tập trung vào việc đánh giá tiềm năng NLĐTT ở các vùng biển ven bờ.

Đối với khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam, việc đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều; tính toán, phân tích và lựa chọn các vị trí khả thi để lắp đặt các tua-bin, xây dựng trạm điện thủy triều là vấn đề cần được quan tâm và tiếp cận một cách chủ động. Năng lượng dòng triều với tính ổn định theo chu kỳ và sự dự tính thủy triều, dòng triều đạt độ chính xác cao [10–14, 16–17] đã thúc đẩy các quốc gia ven biển tập trung nghiên cứu các phương thức, tiêu chuẩn kỹ thuật đánh giá tiềm năng NLĐTT, ứng dụng công nghệ khai thác nguồn NLTT điện thủy triều [2, 4–5]. Phân bố không gian đặc tính thủy triều, dòng triều, tiềm năng NLTT khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam cần được nghiên cứu, phân tích và tính toán chi tiết, khoa học cho từng đảo, các đảo liền kề, các bãi cạn, nhà giàn tại thời điểm hiện nay và cho những năm tiếp theo.

Mục đích của nghiên cứu là: Đánh giá, xác định tiềm năng năng lượng điện thủy triều và phân bố không gian nguồn NLTT điện thủy triều tại các đảo, bãi đá khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam làm cơ sở phục vụ cho mục đích quy hoạch, định hướng khai thác và sử dụng nguồn năng lượng tái tạo điện thủy triều ở vùng biển khơi.

## 2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

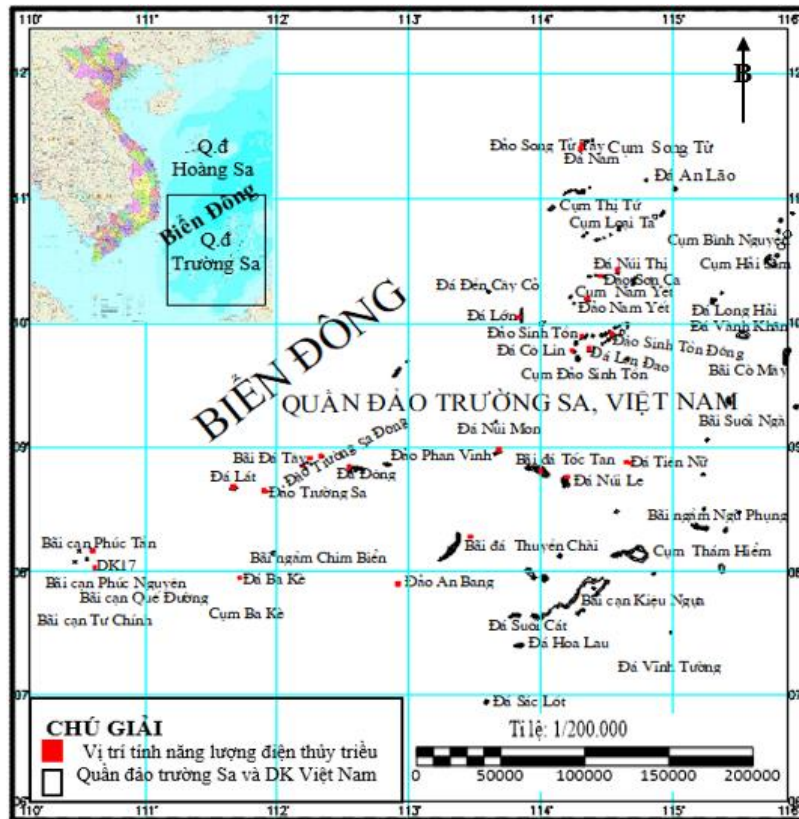
### 2.1. Số liệu sử dụng và khu vực nghiên cứu

Số liệu sử dụng trong khu vực nghiên cứu là số liệu dòng chảy từ Ngân hàng dữ liệu biển Châu Âu (*Copernicus Marine Data Store*) [18] với độ phân giải  $0,25 \times 0,25$  độ kinh-vĩ tuyến trong năm 2021; Phân vùng chế độ thủy triều và dòng triều ở Biển Đông [19]; Atlas điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận [20]; Dữ liệu hằng số điều hòa (HSDH) thủy triều toàn cầu độ phân giải  $0,125$  độ  $\times$   $0,125$  độ kinh-vĩ tuyến trong mô hình MIKE\_21 [21]; Số liệu quan trắc mực nước biển (thực đo) với tần suất 01 giờ/số liệu [14]. Các dữ liệu nêu trên được tổng hợp, phân tích để đánh giá tiềm năng năng lượng thủy triều của các đảo, bãi đá thuộc khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam.

Khu vực nghiên cứu: Khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam được lựa chọn trong nghiên cứu có vĩ độ từ  $06^{\circ}00'00''$ N đến  $12^{\circ}30'00''$ N, kinh độ từ  $110^{\circ}00'00''$ E đến  $116^{\circ}00'00''$ E (Hình 1), có diện tích khoảng 481.558 km<sup>2</sup>. Khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK có vai trò quan trọng trong chiến lược bảo vệ an ninh quốc phòng và phát triển kinh tế - xã hội, khu vực này có trên 100 đảo, bãi đá, bãi cạn, bãi ngầm, gò san hô nằm rải rác trong khu vực [22].

Chế độ thủy triều: Tính chất thủy triều khu vực nghiên cứu là nhật triều không đều [23]. Tuy nhiên, tại một số đảo, bãi đá: tính chất thủy triều không hoàn toàn là nhật triều không đều [14].

Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá tiềm năng NLĐTT khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam trong năm 2021 và trong các tháng có biên độ thủy triều cao (tháng 01, 6, 7 và 12) với đại diện là tháng 7, các tháng có biên độ thủy triều thấp (tháng 3, 4, 9 và 10) với đại diện là tháng 3 và các tháng có biên độ thủy triều trung bình (tháng 02, 5, 8 và 11) với đại diện là tháng 11 [23]; đồng thời, phân tích và đánh giá độ lớn thủy triều tăng dần từ giữa đến hai đầu Bắc và Nam của quần đảo ảnh hưởng tới phân bố không gian của tiềm năng năng lượng điện thủy triều; đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều tại một số đảo, bãi đá có đặc tính thủy triều không phải là nhật triều không đều [14].



Hình 1. Vị trí các đảo, bãi đá thuộc khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp bình phương tối thiểu phân tích dòng triều

Phương pháp bình phương tối thiểu phân tích, dự tính thủy triều, dòng triều theo chuẩn *Institute of Ocean Sciences (IOS)* mô tả tốc độ dòng triều sử dụng hệ tọa độ hình chữ nhật và biến phức với góc thời gian tham chiếu của ngày 01 tháng 01 năm 1976 để tính toán các chu kỳ thiên văn [10–14] và dự tính dòng triều.

Thực tế, khi mô tả dòng triều, hướng đông/tây và hướng bắc/nam được chọn làm các hướng x và y trong hệ tọa độ Descartes (*Cartesian coordinate system*). Hai thành phần của dòng triều gồm: thành phần dòng triều theo chu kỳ và một tập hợp các thành phần dòng triều với các tần số  $\omega_j$  [10–11], biểu thức dòng triều tổng quát được biểu diễn bằng một biến phức  $Z(t)$  như sau:

$$Z(t) = X_0(t) + \sum_{j=1}^M X_j \cos(\omega_j t - \phi_j t) + i \left[ Y_0(t) + \sum_{j=1}^M Y_j \cos(\omega_j t - \phi_j t) \right] \quad (1)$$

Với đóng góp của thành phần chung j vào  $Z(t)$ , ta có  $Z_j(t)$  như sau:

$$Z_j(t) = Z_j^+(t) + Z_j^-(t) = a_j^+ \exp(i\varepsilon_j^+ + i\omega_j t) + a_j^- \exp(i\omega_j^- + i\omega_j t) \quad (2)$$

Trong đó  $a_j^+ = \left[ \left( \frac{CX_j + SY_j}{2} \right)^2 + \left( \frac{CY_j - SX_j}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$ ;  $a_j^- = \left[ \left( \frac{CX_j + SY_j}{2} \right)^2 + \left( \frac{CY_j - SY_j}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$

$$\varepsilon_j^+ = \arctan \left[ \frac{CY_j - SX_j}{CX_j + SY_j} \right]; \varepsilon_j^- = \arctan \left[ \frac{CY_j + SX_j}{CX_j - SY_j} \right]; CX_j = X_j \cos \varphi_j; SX_j = X_j \sin \varphi_j$$

$$CY_j = Y_j \cos \varphi_j; SY_j = Y_j \sin \varphi_j$$

Biểu thức (2) cho thấy với mỗi thành phần j, có hai vector liên kết  $Z_j^+(t)$  và  $Z_j^-(t)$  quay với tốc độ góc là  $\omega_j$  (radians/h).

Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu phân tích dòng triều điều hòa [10–14] cho các chuỗi số liệu, kết hợp bổ sung các sóng triều điều hòa khi dự tính thủy triều để khắc phục tình trạng bỏ sót một số sóng triều ý nghĩa khi phân tích, tính toán dòng triều cho thời điểm hiện tại và dự tính cho các năm tiếp theo đúng chu kỳ thiên văn.

### 2.2.2. Phương pháp tính toán tiềm năng điện thủy triều khu vực ven biển và ngoài khơi

Năng lượng dòng triều do dòng nước biển tạo ra được xác định là năng lượng động học có sẵn trong dòng nước chảy tự do [5–6, 16–17], mật độ công suất trung bình (*Average Power Density*, kW/m<sup>2</sup>), được tính bởi công thức sau:

$$ADP = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^{N_B} (U_i^3 \times f(U_i)) = \frac{1}{2} \rho V_{mc}^3 \quad (\text{kW/m}^2) \quad (3)$$

Trong đó  $\rho$  là mật độ riêng của nước biển (kg/m<sup>3</sup>);  $U_i$  là giá trị vận tốc dòng triều trung tâm của bin (tia) thứ i;  $f(U_i)$  là hàm phân phối giá trị vận tốc dòng triều trong khoảng thời gian đo; i là chỉ số bin (tia) của thiết bị đo ADP (*Acoustic Doppler Profiler*: AWAC, SonTek, DWR ...);  $N_B$  là số bin (tia) của thiết bị đo;  $V_{mc}$  là vận tốc trung bình khối mũ ba và được tính bởi công thức:

$$V_{mc} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{N_B} (U_i^3 \times f(U_i))} \quad (\text{m/s}) \quad (4)$$

Tại các vị trí chưa xác định giá trị vận tốc dòng triều theo tầng sâu, qui luật 1/10<sup>th</sup> được sử dụng để tính toán vận tốc dòng triều trung bình cho các tầng sâu tại vị trí khảo sát [6], khi đó, vận tốc dòng triều suy giảm theo chiều sâu được tính như sau:

$$V = V_0 \left( \frac{z}{d} \right)^{1/10} \quad (\text{m/s}) \quad (5)$$

Trong đó  $V_0$  là vận tốc dòng triều bề mặt (m/s); z là khoảng cách từ mặt biển (m); d là độ sâu (m).

Công suất điện trung bình năm ( $P_{mean}$ , kW) được tính bởi công thức sau:

$$P_{mean} = \sum_{i=1}^{N_B} P(U_i) \times f(U_i) \quad (\text{kW}) \quad (6)$$

Trong đó  $P(U_i) = P_{av(i)} \times \eta_R$  (kW) là công suất điện trung bình cho mỗi bin (tia);  $P_{av(i)} = 0,5\rho AU_i^3$  (kW) là mật độ công suất trung bình trên mỗi m<sup>2</sup>;  $f(U_i)$  là % xác suất xuất hiện của giá trị vận tốc 0,10 m/s trong mỗi bin (tia) của thiết bị đo ADP; A (m<sup>2</sup>) là diện tích cắt ngang vuông góc với dòng chảy;  $\eta_R$  là % hiệu suất của rotor trong tua-bin trạm điện thủy triều,  $\eta_R = 38-45\%$  [6];

Vận tốc dòng triều trung bình lớn nhất tại thời điểm nước lớn ( $V_{max}^F$ ), nước ròng ( $V_{max}^E$ ) và mật độ năng lượng trung bình được cho bởi công thức [16–17, 24] sau:

$$\bar{V}_{max} = 0,8 \times \frac{(V_{max}^F + V_{max}^E)}{2} \quad (\text{m/s}) \quad (7)$$

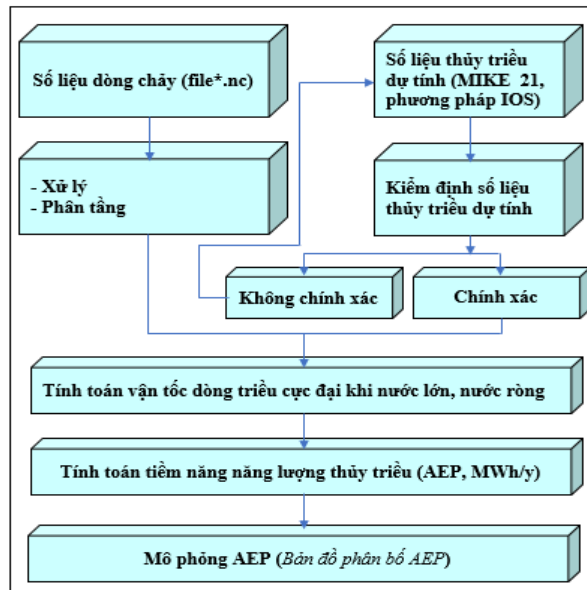
$$P_{\text{mean}} = \overline{\text{ADP}} \times A = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3\pi} \times \frac{(0,9 \times \bar{V}_{\text{max}})^3 + (\bar{V}_{\text{max}})^3}{2} \times \rho \times A \quad (\text{kW}) \quad (8)$$

Khi đó, tổng lượng năng lượng điện (*Annual Energy Production - AEP*, kWh/y) hay tiềm năng năng lượng thủy triều tại một vị trí trong một năm xác định bởi công thức sau:

$$\text{AEP} = 8760 \times A_v \times P_{\text{mean}} \quad (\text{kWh/y}) \quad (9)$$

Trong đó AEP (kWh/y) là tổng lượng năng lượng điện hay tiềm năng năng lượng điện;  $A_v$  (%) là phần trăm khả dụng có thể khai thác nguồn năng lượng điện thủy triều tiềm năng và  $A_v$  thường không vượt quá 50% tổng công suất có thể khai thác (tiềm năng năng lượng ước tính) tại một khu vực tính toán [6, 16–17, 24].

Quy trình tính toán, đánh giá tiềm năng NLĐTT được thực hiện theo sơ đồ sau:



Hình 2. Sơ đồ xác định, đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều.

### 2.2.3. Phương pháp đánh giá sai số

Dự tính thủy triều bằng phương pháp bình phương tối thiểu theo chuẩn IOS [10–14] và chất lượng dự tính, cảnh báo các trị số thủy văn, hải văn [23, 25–26] là “đủ độ tin cậy” được đánh giá thông qua các tiêu chí đánh giá sai số.

Tiêu chí đánh giá sai số thường được sử dụng trong thực tế dự báo như sau:

+ Sai số trung bình (Bias)

$$\text{Bias} = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N (|F_i - O_i|) \right) \quad (10)$$

+ Sai số tuyệt đối trung bình MAE (*Mean Absolute Error*)

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|F_i - O_i|) \quad (11)$$

+ Căn của sai số bình phương trung bình RMSE (*Root Mean Squared Error*)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (12)$$

Xác định sai số cho phép của yếu tố trong trường hợp có thời gian dự kiến [25] được cho bởi công thức:

$$S_{\text{cf}} = 0,674\delta_1 \quad (13)$$

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i - \overline{\Delta Y})^2}{n-1}} \quad (14)$$



Trong đó  $N$  là số số hạng của dữ liệu;  $F_i$  là trị số dự báo;  $O_i$  là trị số thực đo tương ứng thứ  $i$ ;  $\delta_1$  là độ lệch chuẩn của các yếu tố trong thời gian dự kiến;  $\Delta Y_i$  là biên độ của yếu tố trong thời gian dự kiến được tính bằng hiệu số giữa trị số sau thời gian dự kiến ( $t+\Delta t$ ) với trị số tại thời điểm ( $t$ );  $\overline{\Delta Y}$  là chuẩn của chuỗi số liệu  $\Delta Y_i$ ;  $n$  là số số hạng trong dãy số tính toán (với điều kiện  $n \geq 30$ ).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá kết quả dự tính thủy triều

Số liệu thủy triều năm 2021 được dự tính bằng phương pháp bình phương tối thiểu theo chuẩn IOS. Biên độ và pha của 08 sóng triều chính tại một số đảo được thể hiện tại Bảng 1.

**Bảng 1.** Biên độ và pha của 08 sóng triều chính tại Phan Vinh, Tiên Nữ, Trường Sa, Trường Sa Đông và Nam Yết.

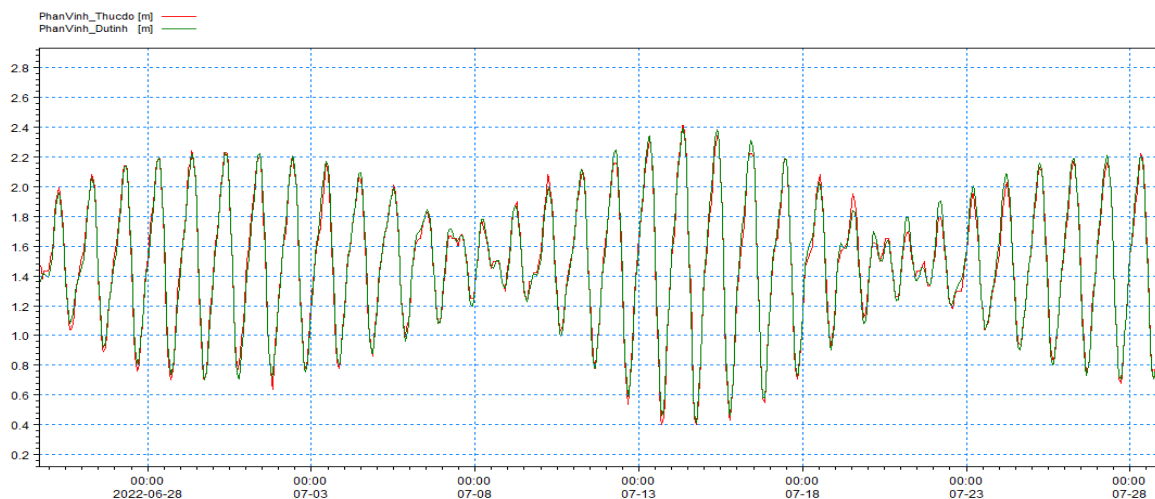
TT	Sóng triều	Phan Vinh		Tiên Nữ		Trường Sa		Trường Sa Đông		Nam Yết	
		$A_0 = 110$ cm		$A_0 = 105$ cm		$A_0 = 108$ cm		$A_0 = 106$ cm		$A_0 = 102$ cm	
		H	Pha	H	Pha	H	Pha	H	Pha	H	Pha
		(cm)	(độ)	(cm)	(độ)	(cm)	(độ)	(cm)	(độ)	(cm)	(độ)
1	M2	17,11	295,44	17,74	291,67	17,66	92,87	17,51	90,16	16,68	288,35
2	S2	4,37	344,24	8,13	341,70	7,24	120,39	7,41	117,42	8,98	316,22
3	N2	3,75	273,32	2,46	276,06	3,29	83,93	3,29	79,81	3,24	272,41
4	K2	1,19	348,19	2,21	345,75	1,90	121,10	1,90	119,26	2,44	318,47
5	K1	42,66	301,52	26,80	317,31	35,04	193,04	34,54	192,59	23,26	287,71
6	O1	28,28	251,44	30,10	255,14	30,30	152,37	30,09	151,89	26,72	242,65
7	P1	14,12	297,76	8,87	312,65	12,13	194,26	11,94	193,95	7,70	284,33
8	Q1	6,21	219,12	4,92	246,54	5,38	132,06	5,33	131,92	5,18	220,30

Đánh giá kết quả dự tính thủy triều tại một số vị trí thuộc khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam trong nghiên cứu sử dụng các chỉ số thống kê Bias, MAE, RMSE và xác định sai số cho phép  $S_{cf}$  của yếu tố trong trường hợp dự tính có thời gian dự kiến.

**Bảng 2.** Thống kê sai số tại một số vị trí khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam.

Chỉ số	Phan Vinh	Tiên Nữ	Trường Sa	Trường Sa Đông	Nam Yết
Bias	0,034	0,042	0,058	0,040	0,054
MAE	0,039	0,042	0,065	0,043	0,005
RMSE	0,043	0,052	0,068	0,046	0,019
Scf	0,037	0,045	0,061	0,042	0,013

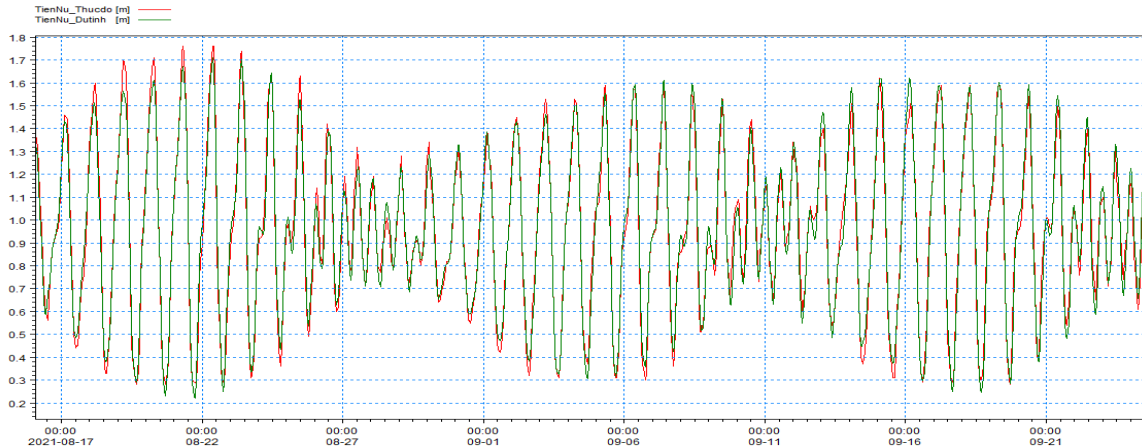
Kết quả dự tính thủy triều bằng cách so sánh mực nước dự tính và thực đo tại đảo Phan Vinh và đảo Tiên Nữ [14, 25–26].



**Hình 3.** Thủy triều Phan Vinh (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 28/06/2021 - 28/07/2021.



Các sai số thống kê cho thấy: Sai số trung bình (*Bias*) có giá trị từ 0,034-0,058 m, sai số tuyệt đối trung bình (MAE) có giá trị từ 0,005-0,065 m; chỉ số RMSE có giá trị từ 0,019-0,068 m; chỉ số  $S_{cf}$  có giá trị từ 0,013-0,061 m. Hình 3-4 là kết quả so sánh thủy triều dự tính và thực đo (biên độ và pha) tại đảo Phan Vinh, Nam Yết. Kết quả phân tích các chỉ số đánh giá sai số cho thấy: Độ chính xác của dự tính thủy triều đảm bảo “đủ độ tin cậy” đặc trưng bởi độ lệch bình phương trung bình giữa mực nước từng giờ dự tính và mực nước quan trắc [25–26].



**Hình 4.** Thủy triều Tiên Nữ (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 17/08/2021 - 26/09/2021.

Các kết quả phân tích, tính toán cho thấy: Số liệu dự tính thủy triều tại các đảo, bãi đá khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam với độ chính xác hơn 90% được dùng để tính toán vận tốc dòng triều cực đại khi nước lớn, nước ròng. Dòng triều cực đại khi nước lớn, nước ròng được tính toán theo khoảng thời gian 10 phút một lần [16–17, 24].

Số lượng các sóng triều điều hòa sử dụng trong phân tích dòng triều được xem xét chi tiết theo chuẩn IOS và phụ thuộc vào độ dài chuỗi số liệu quan trắc (thực đo) tại từng vị trí. Thực tế, khi số lượng các sóng triều điều hòa tăng lên, biên độ và tốc độ, pha và hướng trong dự tính thủy triều, dòng triều có độ chính xác cao hơn, mối tương quan số liệu thực đo-dự tính tốt và số liệu dự tính sát với thực tế.

### 3.2. Phân bố không gian của tiềm năng năng lượng thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam

Số liệu dòng chảy với độ phân giải  $0,25 \times 0,25$  độ kinh-vĩ tuyến trong năm 2021 được xử lý từ định dạng file\*.nc sang file\*.txt và phân tầng dòng chảy. Số liệu dòng triều tại các đảo, bãi đá thuộc khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam được phân tích và tính toán tại 24 vị trí. Tổng lượng năng lượng điện tiềm năng hàng năm trung bình (AEP) được tính toán cho từng vị trí với công thức (7, 8, 9).

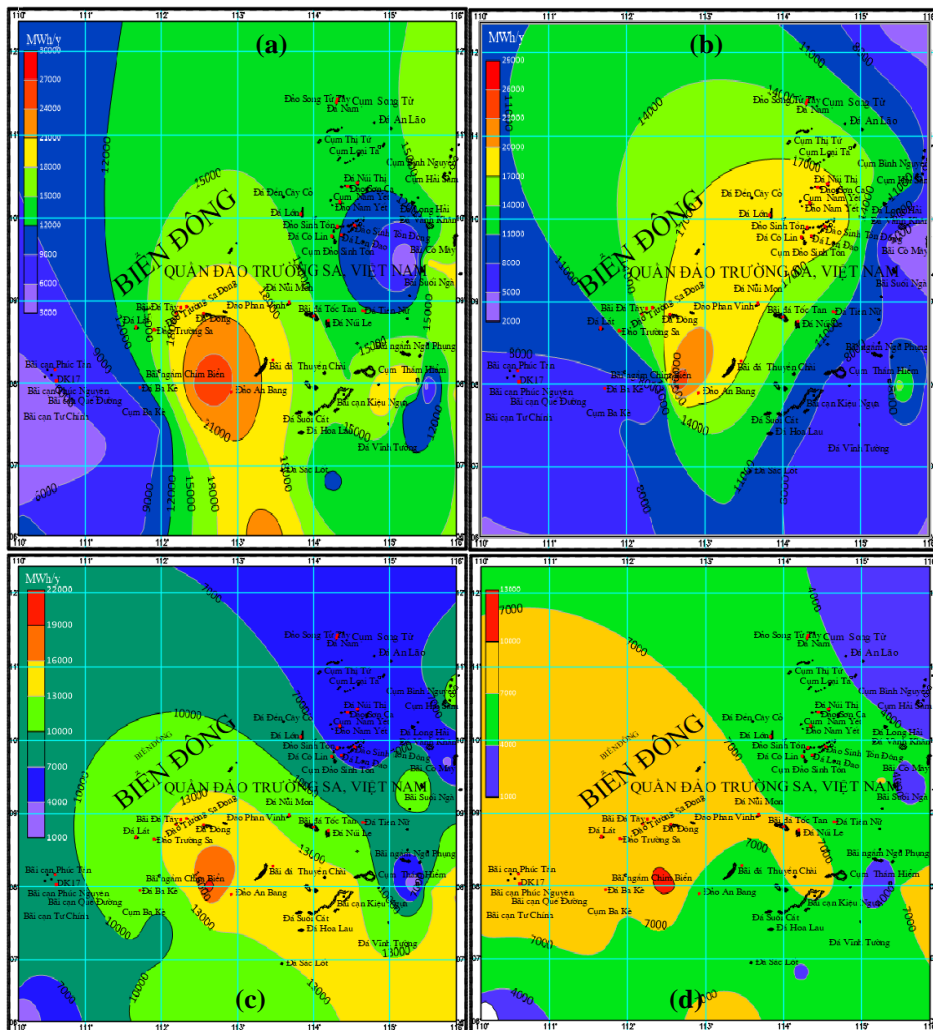
**Bảng 3.** Tiềm năng năng lượng tầng mặt khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam (tháng 7 năm 2021).

Tên trạm	$V_{max}^F$ (m/s)	$V_{max}^E$ (m/s)	$\overline{V_{max}}$ (m/s)	A ( $m^2$ )	$P_{mean}$ kW	$A_v$ (%)	AEP (GWh/y)
Song Tử Tây	0,550	0,245	0,318	2500	7456,0	0,4	1,5
Đá Nam	0,530	0,184	0,286	2500	5401,3	0,4	1,6
Nam Yết	0,300	0,096	0,158	2500	921,5	0,4	0,3
Sơn Ca	0,530	0,341	0,348	2500	9805,2	0,4	2,0
Đá Lớn	0,260	0,250	0,204	2500	1968,4	0,4	0,6
Núi Thị	0,470	0,423	0,357	2500	10567,1	0,4	1,5
Sinh Tồn	0,340	0,298	0,255	2500	3853,6	0,4	1,1
Sinh Tồn Đông	0,440	0,390	0,332	2500	8484,7	0,4	1,4
Cô Lin	0,330	0,141	0,188	2500	1550,5	0,4	0,5

Tên trạm	$V_{max}^F$ (m/s)	$V_{max}^E$ (m/s)	$\overline{V_{max}}$ (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$P_{mean}$ kW	$A_v$ (%)	AEP (GWh/y)
Len Đảo	0,530	0,358	0,355	2500	10390,6	0,4	1,4
Trường Sa	0,270	0,263	0,213	2500	2246,9	0,4	0,7
Đá Đông	0,620	0,179	0,320	2500	7569,1	0,4	2,3
Đá Lát	0,260	0,156	0,166	2500	1068,3	0,4	0,3
Núi Le	0,440	0,171	0,244	2500	3384,7	0,4	1,0
Phan Vinh	0,330	0,165	0,198	2500	1799,8	0,4	0,5
Đá Tây	0,550	0,226	0,310	2500	6934,1	0,4	2,1
Tiên Nữ	0,490	0,197	0,275	2500	4811,4	0,4	1,4
Tốc Tan	0,440	0,378	0,327	2500	8122,0	0,4	1,6
Trường Sa Đông	0,560	0,257	0,327	2500	8092,2	0,4	2,4
An Bang	0,550	0,322	0,349	2500	9839,0	0,4	2,1
Thuyền Chài	0,430	0,134	0,226	2500	2662,2	0,4	0,8
Ba Kè	0,430	0,180	0,244	2500	3368,2	0,4	1,0
Phúc Tần	0,310	0,119	0,172	2500	1171,6	0,4	0,3
DK1_7	0,450	0,131	0,232	2500	2910,3	0,4	0,9

Trong đó  $V_{max}^F$ ,  $V_{max}^E$  là vận tốc dòng triều cực đại khi nước lớn, nước ròng; A (m<sup>2</sup>) là diện tích cắt ngang vuông góc với dòng chảy;  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) là mật độ riêng của nước biển;  $A_v$  (%) là phần trăm khả dụng có thể khai thác nguồn năng lượng điện thủy triều tiềm năng, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng  $A_v = 40\%$ ,  $\rho = 1023 \text{ kg/m}^3$  và  $1\text{MW} = 1000 \text{ kW}$ ,  $1\text{GW} = 1000 \text{ MW}$ .

Phân bố không gian tiềm năng năng lượng thủy triều trong năm 2021 tại 24 vị trí thuộc quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam ở các tầng nước 0m, 20m, 50m và 100m được thể hiện trên các hình 5a-5d.

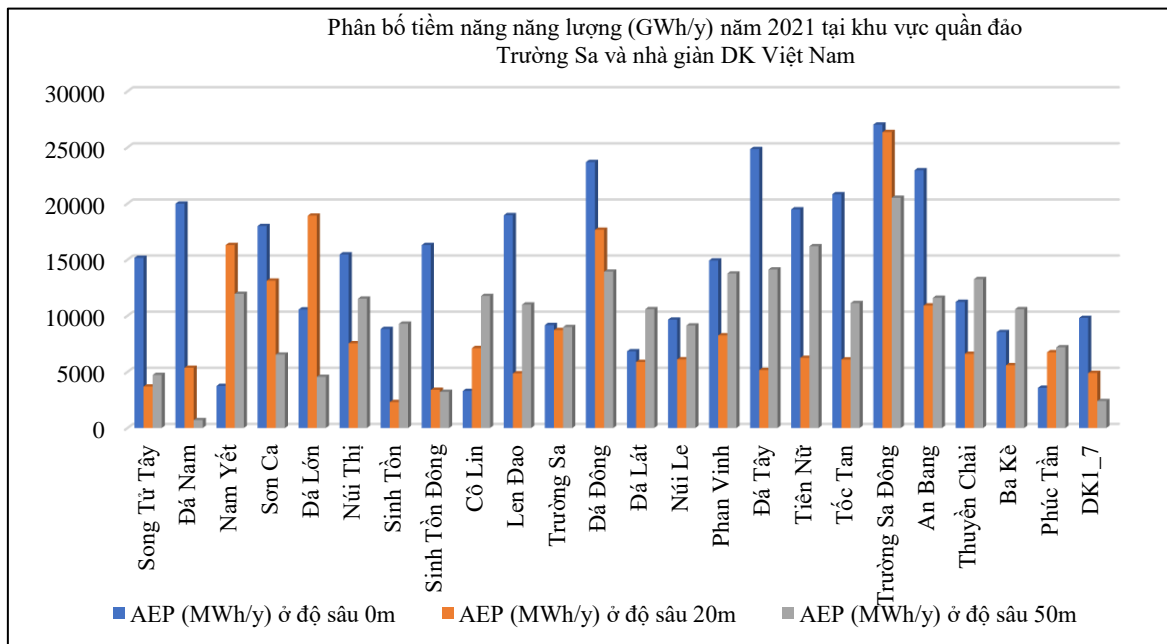


**Hình 5.** Phân bố không gian tiềm năng năng lượng điện thủy triều tầng: (a) 0m, (b) 20m, (c) 50m, (d) 100m năm 2021.

Phân bố không gian tiềm năng năng lượng thủy triều cho thấy: Ở khu vực bãi ngầm Chim Biển, đảo An Bang và đảo Trường Sa Đông, tại tầng mặt (0m), tiềm năng năng lượng thủy triều (AEP) đạt từ 23,0 đến 27,0 GWh/năm; tại tầng 20m, AEP đạt từ 11,0 đến 26,4 GWh/năm; tại tầng 50m, AEP đạt từ 11,6 đến 20,5 GWh/năm; tại tầng 100m, AEP đạt từ 8,3 đến 10,2 GWh/năm. Tuy nhiên, tại khu vực đảo Trường Sa Đông, tiềm năng năng lượng thủy triều khá ổn định tại tầng 0m, 20m và 50m trong cả năm với giá trị AEP dao động từ 20,5 đến 27,0 GWh/năm.

**Bảng 4.** Tiềm năng năng lượng điện thủy triều các tầng nước khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam năm 2021.

Tên trạm	Tọa độ (độ, phút)		AEP (GWh/y) ở độ sâu			
	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	0m	20m	50m	100m
Song Tử Tây	11°25'00"	114°19'00"	15,2	3,7	4,7	2,6
Đá Nam	08°56'00"	114°18'00"	20,0	5,4	0,7	1,4
Nam Yết	08°56'00"	114°21'00"	3,7	16,3	12,0	7,1
Sơn Ca	10°22'00"	114°27'00"	18,0	13,1	6,5	3,1
Đá Lớn	10°02'00"	113°50'52"	10,6	18,9	4,6	5,1
Núi Thị	10°25'00"	114°35'00"	15,5	7,5	11,5	2,1
Sinh Tồn	09°53'00"	114°19'00"	8,8	2,3	9,3	4,6
Sinh Tồn Đông	09°54'00"	114°33'00"	16,3	3,4	3,2	4,8
Cô Lin	09°46'00"	114°15'00"	3,3	7,1	11,8	7,2
Len Đảo	09°47'00"	114°22'00"	19,0	4,9	11,0	1,3
Trường Sa	08°38'00"	111°55'00"	9,2	8,7	9,0	6,1
Đá Đông	08°50'00"	112°33'00"	23,7	17,7	13,9	4,6
Đá Lát	08°39'00"	111°40'00"	6,8	5,9	10,6	8,5
Núi Le	08°45'00"	114°12'00"	9,7	6,1	9,1	4,3
Phan Vinh	08°58'00"	113°41'00"	14,9	8,3	13,8	8,1
Đá Tây	08°54'00"	112°15'00"	24,8	5,2	14,1	10,3
Tiên Nữ	08°52'00"	114°39'00"	19,5	6,2	16,2	8,6
Tốc Tan	08°48'00"	114°00'00"	20,8	6,1	11,1	4,3
Trường Sa Đông	08°55'00"	112°20'00"	27,0	26,4	20,5	10,2
An Bang	07°53'00"	112°55'00"	23,0	10,9	11,6	8,3
Thuyền Chài	08°16'00"	113°28'00"	11,2	6,6	13,3	3,7
Ba Kè	07°56'00"	111°43'00"	23,8	15,6	13,6	9,1
Phúc Tân	08°09'00"	110°36'00"	3,6	6,7	7,2	6,1
Nhà giàn DK1_7	08°01'00"	110°37'00"	9,8	4,9	2,4	0,1



**Hình 7.** Phân bố tiềm năng năng lượng điện thủy triều các tầng nước 0m, 20m và 50m năm 2021.

Theo kết quả trên Bảng 4, tổng tiềm năng năng lượng điện thủy triều phân bố cao nhất ở khu vực gần đảo Trường Sa Đông với AEP tại tầng 0m, tầng 20m và tầng 50m dao động từ 20,5 đến 27,0 GWh/năm; khu vực có AEP thấp nhất là bãi đá Phúc Tần và DK1\_7 với mức năng lượng tiềm năng dao động từ 2,4 đến 9,8 GWh/năm.

Trong các tháng có biên độ thủy triều cao (tháng 7), tháng có biên độ thủy triều thấp (tháng 3) và tháng có biên độ thủy triều trung bình (tháng 11), tiềm năng năng lượng điện thủy triều trung bình tháng tại tầng mặt lần lượt là 1,213 GWh/tháng, 1,114 GWh/tháng và 1,177 GWh/tháng. Tốc độ dòng triều và biên độ thủy triều có ảnh hưởng lớn tới tiềm năng năng lượng điện thủy triều tại từng vị trí.

#### 4. Kết luận

Bài báo nghiên cứu và đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều ở khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam. Các kết quả phân tích và đánh giá cho thấy:

- Mục nước thủy triều dự tính từng giờ trong năm 2021 tại các trạm có độ chính xác hơn 90%, hệ số tương quan  $R^2 \geq 0,90$  và kết hợp số liệu dòng chảy có độ phân giải 0,25 x 0,25 độ kinh-vĩ tuyến làm cơ sở dữ liệu đầu vào để tính toán dòng triều, ước tính và đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều. Độ lớn biên độ thủy triều tại khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam từ 1,63m đến 2,10m.

- Tại khu vực quần đảo Trường Sa và nhà giàn DK Việt Nam, tiềm năng năng lượng điện thủy triều lớn nhất thuộc khu vực bãi ngầm Chim Biển, đảo An Bang và đảo Trường Sa Đông, tại tầng mặt (0m), tiềm năng năng lượng thủy triều (AEP) đạt từ 23,0 GWh/năm đến 27,0 GWh/năm; tại tầng 20m, AEP đạt từ 11,0 đến 26,4 GWh/năm; tại tầng 50m, AEP đạt từ 11,6 đến 20,5 GWh/năm.

- Tại khu vực đảo Trường Sa Đông, tiềm năng năng lượng thủy triều khá ổn định tại tầng 0m, 20m và 50m, giá trị AEP dao động từ 20,5 GWh/năm đến 27,0 GWh/năm với vận tốc dòng triều cực đại lúc nước lớn và nước ròng lần lượt là 0,560 m/s và 0,257 m/s. Tốc độ dòng triều và biên độ thủy triều có ảnh hưởng lớn tới tiềm năng năng lượng điện thủy triều tại từng vị trí.

- Cần có những nghiên cứu chi tiết hơn về phân bố không gian tiềm năng năng lượng điện thủy triều từ các chuỗi số liệu thực đo (dòng chảy, dòng triều, thủy triều, địa hình đáy biển ...) và ứng dụng các mô hình số trị mô phỏng, đánh giá tiềm năng năng lượng điện thủy triều tại các tầng nước làm cơ sở khoa học cho việc qui hoạch, định hướng phát triển, khai thác và sử dụng nguồn năng lượng thủy triều ở các vùng biển xa đất liền (các đảo, bãi đá, nhà giàn) trong thời gian tới.

- Tốc độ dòng triều cực đại lúc nước lớn, nước ròng cần được quan trắc cùng thời điểm quan trắc mực nước biển (nghiệm triều) trong các tháng thủy triều có biên độ cao, thấp, trung bình và xem xét, đánh giá ảnh hưởng, tác động của bão, gió, sóng, khí quyển, đặc tính địa hình đáy biển tới tốc độ dòng triều.

- Việc khai thác và sử dụng năng lượng tái tạo có ý nghĩa lớn trong việc ổn định cung cấp điện cho các vùng khơi xa và làm giảm lượng khí carbon gây hiệu ứng nhà kính. Bên cạnh đó, cần có những báo cáo, nghiên cứu khoa học đánh giá tác động môi trường, tính kinh tế khi triển khai thực hiện các trạm điện thủy triều.

- Xây dựng cơ sở dữ liệu hằng số điều hòa dòng triều và thủy triều phục vụ hoạt động nghiên cứu khoa học, nhiệm vụ cụ thể, đồng thời làm cơ sở dữ liệu đầu vào cho các mô hình số trị mô phỏng và đánh giá tiềm năng năng lượng tái tạo.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.V.H.; Đ.Q.T.; P.T.T.; Xử lý số liệu: P.V.H.; P.T.T.; Viết bản thảo bài báo: P.V.H.; Đ.Q.T.; Chỉnh sửa bài báo: P.V.H.; Đ.Q.T.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của: Hội nghị Khoa học Quốc tế Biển Đông 2021 “Thế kỷ Khoa học Công nghệ biển vì tương lai của đại dương”.



**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. REN21. Renewables 2022 global status report: Renewable energy policy network for the 21<sup>st</sup> century. 2022, pp. 309. ISBN 978-3-948393-04-5.
2. IRENA. Offshore renewables: An action agenda for deployment. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2021. ISBN 978-92-9260-349-6.
3. Ocean Energy Europe. Key trends and statistics 2019-2022.
4. SI OCEAN. Wave and tidal energy market deployment strategy for Europe. 1<sup>st</sup> Edition. 2014.
5. European Technology & Innovation Platform for Ocean Energy (ETIPOCEAN). Strategic research and innovation agenda for ocean energy. 2020.
6. EMEC. Assessment of tidal energy resource. Marine Renewable Energy Guides, European Marine Energy Center Ltd. 2009. ISBN 970-0-580-65642-2.
7. Toán, D.V.; Trinh, N.Q. Đánh giá tiềm năng điện thủy triều tại vùng cửa sông ven biển Đông Nam Bộ Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 609, 47-51.
8. Huy, Đ.N.; Trinh, N.Q. Đánh giá sơ bộ tiềm năng năng lượng thủy triều tại khu vực biển Cần Giờ-TP. HCM. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **2021**, 721, 54-65.
9. Hùng, N.M. và cs. Điều tra đánh giá tiềm năng các dạng Năng lượng biển chủ yếu và đề xuất các giải pháp khai thác. Đề tài KC.09/2006–2010, 2010.
10. Danish Hydraulic Institute. Tidal analysis and prediction module. MIKE\_21 Scientific Documentation. User's and Reference Manual, 2011, 2017.
11. International Hydrographic Organization (IHO). Coastal tides. **2013**, pp. 411. ISBN: 978-2-903581-83-1.
12. Foreman, M.G.G. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-6. Institute of Ocean Sciences: Patricia Bay, Sidney, BC, Canada, 2004.
13. National Oceanic and Atmospheric Administration. Assessment of the National Ocean Services's Tidal current program. NOAA Technical report NOS CO-OPS 022, 1999.
14. Trí, Đ.Q.; Hùng, P.V. Phân bố không gian của các sóng triều chính khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2023**, 750, 79–92.
15. European Commission. H2020 Programme for Research & Innovation: Advanced monitoring, simulation and control of tidal devices in unsteady, highly turbulent realistic tide environment. RealTide Project - Grant Agreement No. 727689, 2019.
16. Byun, D.S.; Cho, C.W. Tidal current energy resources off the South and West coast of Korea: Preliminary observation - Derived estimates. *Energies* **2013**, 6, 566–578.
17. Hwang, S.J.; Jo, C.H. Tidal current energy resource distribution in Korea. *Energy* **2019**, 12, 4380.
18. Online available: [http://www.data.marine.copernicus.eu/viewer/expert?View=dataset&dataset=MULTIOBS\\_GLO\\_REP\\_015\\_004](http://www.data.marine.copernicus.eu/viewer/expert?View=dataset&dataset=MULTIOBS_GLO_REP_015_004).
19. Biển Đông. Tập II - Khí tượng thủy văn động lực biển. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2003. ISBN 45/241/XB-QLXB.
20. Atlas điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội, 2009. ISBN: 978-604-913-008-3.
21. Online available: <http://www.dhigroup.com/download/mike-by-dhi-tools/coastalandseatools/global-tide-model>.
22. Hiệp, N.; Giao, N.; Quân, H.Q. Đặc điểm địa chất và tiềm năng DK vùng quần đảo Trường Sa. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Nhà nước, 1993.

23. Vinh, T.Đ.; Hùng, P.V.; Tuấn, P.V.; Hưng, N.N. Bảng thủy triều năm 2021 (Quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa và DK). Tập III. Bộ Tư lệnh Hải quân, 2021.
24. Triton Consultant Ltd. Green Energy Study for British Columbia Phase 2: Mainland tidal current energy. Report prepared for BC Hydro, Vancouver, Canada, 2002.
25. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 42/2017/TT-BTNMT. Thông tư Quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo thủy văn, 2017.
26. Huân, P.V. Động lực học biển: Phần 3 - Thủy triều. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002.

## **Researching and evaluating the tidal energy potential in the Truong Sa archipelago and the DK flatform, Viet Nam**

**Doan Quang Tri<sup>1</sup>, Pham Van Hung<sup>2\*</sup>, Pham Tri Thuc<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Journal of Hydro-Meteorological, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtriktvt@gmail.com

<sup>2</sup> Vietnam's Naval Hydrographic and Oceanographic Department, Naval Staff Department; phamvanhung2t@gmail.com

<sup>3</sup> Vietnam People's Navy Academy - Navy Command Headquarters; pthucacademy@yahoo.com.vn

**Abstract:** The article presents the results of a study and evaluation of the tidal energy potential in the Truong Sa archipelago and the DK platform, Viet Nam. With the increasing electricity demand for both the military and civilian populations on the islands, along with the requirement to research and assess the potential of renewable energy sources in the National Energy Strategy, studying and evaluating the tidal energy potential in the Spratly archipelago and the DK platform Viet Nam is a necessary task at present. The article outlines the research method and evaluation of the tidal energy potential of tidal power stations and tidal current energy. The research results indicate the following: At the surface level, the estimated tidal energy potential (AEP) ranges from 3.3 to 27.0 GWh/year; at a water depth of 20m, AEP ranges from 2.3 to 26.4 GWh/year; at a water depth of 50m, AEP ranges from 0.7 to 20.5 GWh/year. The highest AEP is found in the areas of Chim Bien, An Bang, and Truong Sa Dong, with a relatively stable range from 20.5 to 27.0 GWh/year. The research outcomes and assessment of the tidal energy potential in the Truong Sa archipelago and the DK platform Viet Nam serve as a foundation for development planning, construction, and exploitation of offshore renewable tidal energy sources to meet electricity needs for daily use, scientific marine research, and other specialized activities.

**Keywords:** Tidal currents; Renewable energy; Energy potential; Truong Sa archipelago and DK platform, Viet Nam.

Bài báo khoa học

## Khảo sát ảnh hưởng của muối lên tính chất của dung dịch khoan bentonite ở khu vực bị nhiễm mặn

Lê Tấn Phát<sup>1</sup>, Đinh Phước Hậu<sup>1</sup>, Lý Trung Hiếu<sup>1</sup>, Trần Hoàng Khương<sup>1</sup>, Huỳnh Trần Tố Nga<sup>1</sup>, Trần Hữu Phước<sup>1</sup>, Lê Nguyễn Hải Nam<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa KT Địa chất & Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa - Đại học quốc gia TP. HCM; phat.ledaukhi@hcmut.edu.vn; hau.dinhchau1220@hcmut.edu.vn; hieu.ly0986@hcmut.edu.vn; khuong.tran021002@hcmut.edu.vn; nga.huynh1009@hcmut.edu.vn; phuoc.tranthp2304@hcmut.edu.vn; lnhnam@hcmut.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: lnhnam@hcmut.edu.vn; Tel.: +84-909479185

Ban Biên tập nhận bài: 8/7/2023; Ngày phản biện xong: 18/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Dung dịch khoan đóng một vai trò quan trọng trong công tác khoan phục vụ khảo sát địa chất, xây dựng và khai thác nước. Tính chất của dung dịch khoan bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau. Một trong số đó là ảnh hưởng của muối khi khoan ở các khu vực bị nhiễm mặn. Trong bài báo này, ảnh hưởng của hàm lượng bentonite, thời gian ủ và hàm lượng muối lên tính chất của dung dịch khoan được đánh giá thông qua các thí nghiệm theo tiêu chuẩn của Viện dầu khí Hoa kỳ (API). Kết quả từ thí nghiệm chỉ ra rằng, hàm lượng bentonite và thời gian ủ có ảnh hưởng lớn đến độ nhớt, khả năng thất thoát nước của dung dịch khoan. Khi tăng lượng bentonite từ 1% lên 5% khối lượng, độ nhớt dẻo tăng từ 0,5 cP lên 5,5 cP trong khi lượng nước thải ra giảm từ 43,2 ml xuống 18,3 ml. Ngược lại, sự nhiễm mặn do muối NaCl làm giảm chất lượng của dung dịch khoan. Các thông số độ nhớt giảm đáng kể khi tăng nồng độ NaCl. Kết quả ghi nhận được từ thí nghiệm độ thất thoát nước cho thấy lượng nước thất thoát tăng xấp xỉ gấp 2 lần khi tăng lượng NaCl từ 0,5% lên 2% tỉ lệ theo khối lượng. Các kết quả từ thí nghiệm là cơ sở để tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khác lên dung dịch khoan, góp phần nâng cao hiệu quả của công tác khoan ở các khu vực nhiễm mặn, ven biển.

**Từ khóa:** Dung dịch khoan; Ảnh hưởng của muối; Bentonite; Ngập mặn.

### 1. Giới thiệu

Khoan là quá trình phá hủy đất đá trong lòng đất tạo ra giếng hoặc đường dẫn nhằm phục vụ: Khai thác dầu khí, khai thác nước, hầm ngầm, khoan cọc nhồi và khảo sát địa chất, ... Đặc biệt, trong ngành công nghiệp dầu khí thì công tác khoan được xem như là một hoạt động tiên quyết bắt buộc cần phải có đối với bất kỳ một dự án lớn nhỏ nào. Về mặt tài chính, chi phí khoan cho một dự án dầu khí bình quân sẽ chiếm từ 50-80% trên tổng chi phí ở giai đoạn tìm kiếm thăm dò và 30 đến 80% trên tổng chi phí phát triển mỏ [1].

Trong khi khoan, chất lượng dung dịch ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả của một giếng khoan vì chi phí cho dung dịch khoan được ước tính chiếm khoảng 25-40% của toàn bộ chi phí công tác khoan [2]. Để đảm bảo quá trình khoan đạt hiệu quả tốt nhất, hỗn hợp dung dịch khoan sẽ đảm bảo một số chức năng chính như: (i) Giảm nhiệt độ và ma sát do quá trình phá hủy đất đá gây ra [3]. Chức năng thứ hai của dung dịch khoan là đưa các đất đá bị phá hủy trong quá trình khoan tạo ra đi lên bề mặt [3]; (ii) Làm sạch đáy giếng, dung dịch khoan sẽ

được bơm thông qua chuỗi cần khoan và tạo ra áp lực để đẩy các vụn đất đá phá hủy trong quá trình khoan lên bề mặt; (iii) Duy trì áp suất đáy giếng, giảm nguy cơ xâm nhập của nước hoặc khí tự nhiên từ thành hệ vào giếng [3]; (iv) Ổn định thành giếng khoan, ngăn không cho mất mát dung dịch khoan nhờ vào lớp sét xung quanh thành giếng [4]; (v) Hỗ trợ thu thập và minh giải các dữ liệu từ mẫu lõi, địa vật lý [5].

Các loại dung dịch khoan khác nhau được xác định dựa trên chất nền bao gồm gốc nước, gốc dầu và dung dịch dạng khí [5]. Dung dịch khoan dạng khí được hiểu mùn khoan được vận chuyển bởi áp lực từ việc thổi khí tốc độ cao. Với các tính chất thành hệ và điều kiện kỹ thuật, các nhà thầu khoan tại Việt Nam thường ưu tiên sử dụng các loại dung dịch gốc nước và gốc dầu [6]. Dung dịch khoan gốc dầu được sử dụng khi khoan qua các địa tầng phức tạp để bị sự cố do sét trương nở, nhiệt độ phức tạp. Nhược điểm của dung dịch khoan gốc dầu là nguy cơ ô nhiễm môi trường và chi phí cao. Vì vậy, dung dịch khoan gốc nước được ưu tiên sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như khoan dầu khí, khoan khảo sát địa chất, xây dựng và khai thác nước. Dung dịch khoan gốc nước được pha chế đơn giản với thành phần chính là sét bentonite, chi phí hợp lý và giảm thiểu tác động môi trường.

Gần đây, tại Việt Nam, nhiều dự án được phát triển dọc theo các vùng ven biển [7], cũng như nước biển dâng làm tình trạng nhiễm mặn tăng cao [8] kéo theo đó công tác khoan và thi công các công trình ở những vùng này diễn ra thường xuyên hơn [9]. Tuy nhiên, một trong những thách thức khi khoan ở những vùng ven biển này là sự tác động của muối (chủ yếu là NaCl) lên tính chất của dung dịch khoan [10]. Một số nghiên cứu về ảnh hưởng của muối lên tính chất của dung dịch khoan đã được công bố bởi các tác giả trên thế giới. Tác giả [11] đã tiến hành các thí nghiệm trên dung dịch khoan gốc nước có chứa muối KCl. Sự có mặt của muối KCl làm giảm độ nhớt của dung dịch khoan gốc nước. Nghiên cứu chưa đưa ra kết quả về độ thải nước của dung dịch. Nghiên cứu của [12] chỉ ra rằng sự nhiễm bẩn của muối NaCl làm cho dung dịch bị giảm độ nhớt và điện trở suất khoảng từ 10-18%. Nghiên cứu của [13] đã đánh giá ảnh hưởng của muối  $MgCl_2$  lên chất lượng của dung dịch khoan. Tác giả kết luận rằng muối  $MgCl_2$  làm suy giảm các tính chất độ nhớt của dung dịch và làm tăng lượng nước thất thoát vào thành hệ. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về dung dịch khoan sử dụng trong khảo sát địa chất, xây dựng và khai thác nước vẫn còn ít. Nghiên cứu nhóm tác giả [6] trình bày bài báo về đánh giá tính chất dung dịch khoan áp dụng cho khu vực có hàm lượng  $CO_2$  cao. Nhóm tác giả khảo sát ảnh hưởng của khí  $CO_2$  lên tính chất của dung dịch trong quá trình thi công tại thực địa. Do đó, việc nghiên cứu tính chất của dung dịch khoan bentonite dưới tác động của muối là rất cấp thiết.

Ở nghiên cứu này, ảnh hưởng của hàm lượng bentonite, thời gian ủ dung dịch và hàm lượng muối NaCl lên các tính chất của dung dịch khoan sẽ được đánh giá. Các mẫu dung dịch được pha trộn và đánh giá các tính chất lưu biến và thải nước ở điều kiện phòng thí nghiệm. Thực nghiệm cho thấy, sự xuất hiện của muối NaCl làm giảm chất lượng của dung dịch khoan bentonite. Hàm lượng muối càng cao có thể gây ra sụt giảm về độ nhớt của dung dịch và gia tăng lượng nước thải ra trong suốt thời gian thí nghiệm. Từ đó giúp đưa ra các giải pháp khắc phục và nâng cao chất lượng của dung dịch khoan bentonite trong các nghiên cứu kế tiếp.

## 2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

### 2.1. Vật liệu

Nước sử dụng trong thí nghiệm được lấy từ hệ thống nước ở khuôn viên trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh. Bentonite dạng bột được cung cấp bởi Phòng thí nghiệm hiện trường, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí

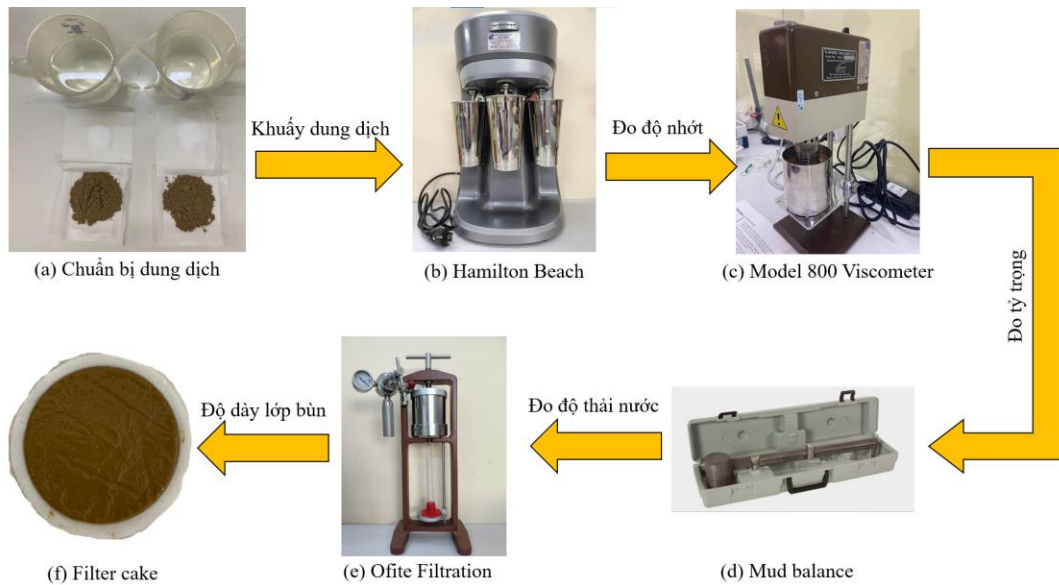


**Hình 1.** Bột bentonite.



(Hình 1). Muối Sodium Chloride (NaCl) có khối lượng phân tử ( $M = 58,44$ ) với độ tinh khiết > 99,5% được sản xuất bởi công ty Guangdong Guanghua, Trung Quốc.

2.2. Quy trình thí nghiệm



**Hình 2.** Quy trình thực hiện thí nghiệm.

Cân điện tử Explorer Balances (Ohaus Corporation, Hoa Kỳ) được dùng để xác định khối lượng các hóa chất sử dụng. Sau đó, hỗn hợp của nước, bentonite và muối được khuấy với tốc độ quay 6000 vòng/ phút trong 30 phút bằng máy khuấy tốc độ cao (Hamilton Beach, Hoa Kỳ), được trình bày ở Hình 2b. Tỷ lệ % khối lượng các thành phần của dung dịch được trình bày ở Bảng 1. Dung dịch được ủ trong thời gian 24 giờ và 48 giờ sau khi khuấy nhằm đánh giá ảnh hưởng của thời gian ủ lên tính chất dung dịch khoan. Thiết bị đo độ nhớt Model 800 Viscometer (*OFI Testing Equipment, Inc.*, Hoa Kỳ) (Hình 2c) được dùng để xác định tính chất lưu biến của dung dịch. Cân tỉ trọng được dùng để đo tỷ trọng của dung (Hình 2d). Cuối cùng, độ thải nước và độ dày lớp bùn được xác định bằng cách tiến hành thí nghiệm độ thải nước với thiết bị OFITE Filtration (*OFI Testing Equipment, Inc.*, Hoa Kỳ) (Hình 2f). Mỗi phép đo được lặp lại hai lần. Các thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn của Viện Dầu khí Hoa Kỳ (*American Petroleum Institute - API*).

**Bảng 1.** Công thức pha trộn dung dịch theo tỷ lệ % khối lượng.

Mẫu	Nước (%)	Bentonite (%)	NaCl (%)	Thời gian ủ (giờ)
F1	99,0	1,0	0,0	0
F2	97,0	3,0	0,0	0
F3	95,0	5,0	0,0	0
F4	95,0	5,0	0,0	24
F5	95,0	5,0	0,0	48
F6	94,5	5,0	0,5	0
F7	94,0	5,0	1,0	0
F8	93,5	5,0	1,5	0
F9	93,0	5,0	2,0	0

### 2.3. Xác định tính chất lưu biến của dung dịch

Độ nhớt của dung dịch sau khi khuấy trộn sẽ được đo bằng máy đo độ nhớt Model 800 Viscometer (OFI Testing Equipment, Inc., Hoa Kỳ) (Hình 2c). Số đọc ở 600 và 300 vòng/phút được sử dụng để tính độ nhớt biểu kiến (*apparent viscosity - AV*), độ nhớt dẻo (*plastic viscosity - PV*) và giới hạn chảy (*yield point - YP*) theo các công thức (1), (2), và (3) [14]. Ngoài ra còn có thông số lưu biến là độ bền gel (*gel strength - GS*) được đo tại số đọc GEL sau 10 giây và 10 phút (Gel 10 giây và Gel 10 phút). Các thông số lưu biến đã kể trên được thực hiện theo tiêu chuẩn API.

$$AV = \frac{\theta_{600}}{2} \text{ (cP) (1); } PV = \theta_{600} - \theta_{300} \text{ (cP) (2); } YP = \frac{(2\theta_{300} - \theta_{600})}{2} \text{ (Pa) (3)}$$

Trong đó  $\theta_{600}$  là số đọc tại 600 vòng/phút;  $\theta_{300}$  là số đọc tại 300 vòng/phút.

### 2.4. Xác định độ thải nước của dung dịch

Dung dịch khoan sau khi khuấy trộn được giữ trong thiết bị với áp suất 6,89 bar trong thời gian 30 phút. Độ thải nước là lượng nước tách ra từ hỗn hợp dung dịch khoan và thoát qua thành giếng. Độ thải nước của dung dịch được đo bằng thiết bị OFITE Filtration (OFI Testing Equipment, Inc., Hoa Kỳ) được cho ở Hình 2f. Lượng nước thoát ra được đo bằng ống đong có chia độ. Trong thí nghiệm này, giấy lọc được sử dụng để đo độ dày lớp bùn của dung dịch khoan bentonite.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Bảng 2 trình bày các thông số đo được của 9 mẫu dung dịch. Mẫu F1, F2, F3 với cách phân tích giữ nguyên thời gian ủ là 0 giờ và tăng hàm lượng bentonite từ 1% đến 5%. Mẫu F4, F5 với hướng thí nghiệm trong việc không đổi hàm lượng bentonite là 5% nhưng thay đổi thời gian ủ dung dịch từ 0 giờ, 24h giờ, và 48 giờ. Mẫu F6, F7, F8, F9 thay đổi hàm lượng NaCl từ 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, và đến 2% trong khi hàm lượng bentonite giữ nguyên ở con số 5%.

**Bảng 2.** Kết quả thí nghiệm của 9 mẫu dung dịch.

Mẫu	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	AV (cP)	PV (cP)	YP (Pa)	Gel 10 giây (lb/100ft <sup>2</sup> )	Gel 10 phút (lb/100ft <sup>2</sup> )	Độ thải nước sau 30 phút (ml)	Độ dày lớp bùn (mm)
F1	1,010	1,50	0,50	1,00	1,50	1,00	43,20	2,20
F2	1,020	6,50	4,00	2,50	4,00	5,50	22,80	2,40
F3	1,030	22,75	5,50	14,00	36,00	39,00	18,30	2,40
F4	1,030	26,50	7,50	19,00	38,00	39,50	17,50	1,75
F5	1,030	26,25	6,50	19,75	36,50	38,50	17,40	2,00
F6	1,030	15,00	5,50	9,50	15,00	15,00	18,30	2,50
F7	1,037	9,25	5,00	4,25	9,00	8,00	36,45	2,45
F8	1,043	5,75	2,75	3,00	4,75	4,50	44,50	2,50
F9	1,050	4,50	2,50	2,00	2,50	4,00	54,10	2,81

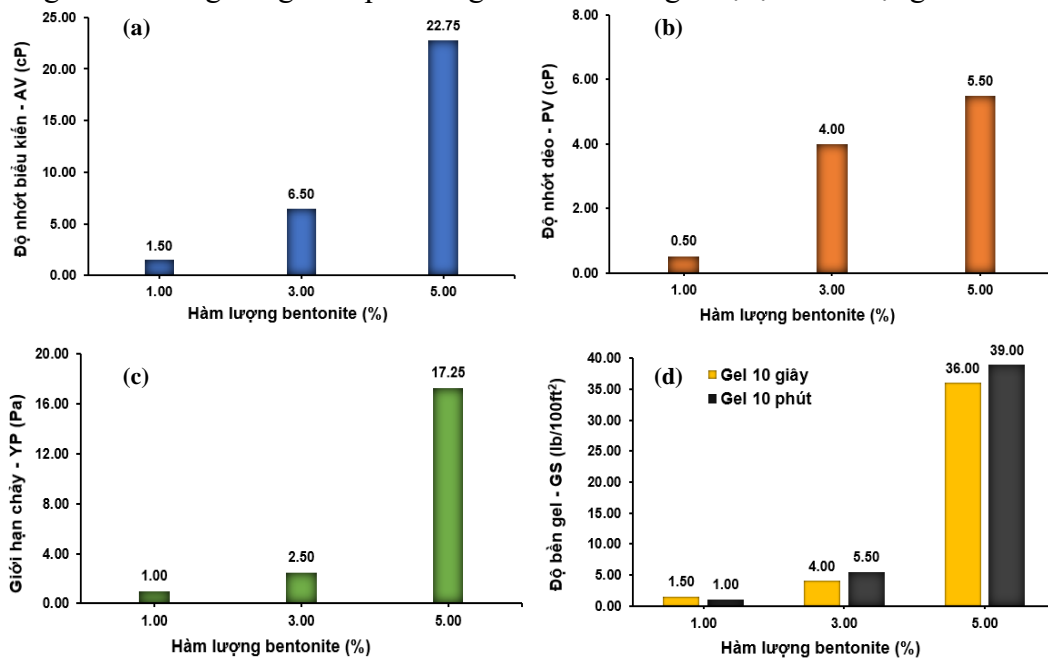
### 3.1. Ảnh hưởng của Bentonite lên tính chất dung dịch

Hình 3 thể hiện ảnh hưởng của hàm lượng bentonite lên các thông số độ nhớt của dung dịch khoan. Độ nhớt biểu kiến (*Apparent viscosity - AV*) phản ánh khả năng chảy của dung dịch khoan và có liên quan đến tốc độ khoan cơ học. AV tăng giúp tăng khả năng vận chuyển mùn khoan từ đáy giếng lên bề mặt của dung dịch [15]. Hình 3a thể hiện rằng AV tại 5% bentonite tăng khoảng 15 lần so với giá trị AV tại 1% bentonite (tăng từ 1,50 cP đến 22,75 cP). Độ nhớt dẻo (*Plastic viscosity - PV*) phản ánh cường độ ma sát bên trong giữa các hạt rắn

với nhau, các hạt rắn và pha lỏng trong dung dịch khoan [16]. Hình 3b cho kết quả rằng khi hàm lượng bentonite được gia tăng từ 1% đến 5% thu được PV với việc tăng 11 lần giá trị so với giá trị tại hàm lượng bentonite 1% (từ 0,50 cP tới 5,50 cP).

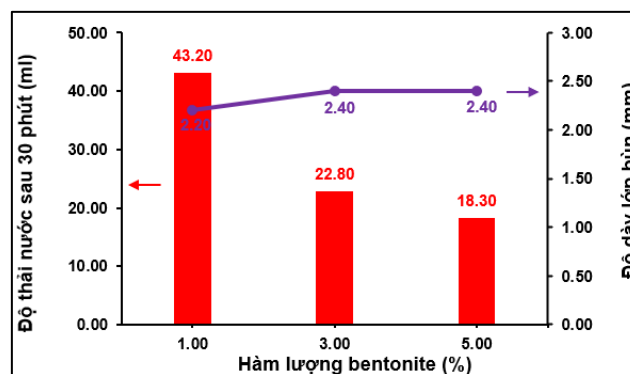
Giới hạn chảy (YP) là sức cản dòng chảy ban đầu của chất lưu hoặc ứng suất cần thiết để di chuyển chất lưu. Nói cách khác, YP là lực hút giữa các hạt keo trong dung dịch khoan [17]. Hình 3c chỉ ra rằng khi hàm lượng bentonite tăng từ 1% đến 5% thu được kết quả YP tăng đáng kể từ 1,00 cP tới 17,25 cP (tăng đến 17,25 lần so với giá trị tại hàm lượng bentonite 1%).

Độ bền gel (*Gel strength - GS*) thể hiện cường độ của lực hút giữa các hạt rắn trong dung dịch khoan khi ở trạng thái nghỉ [18], dung dịch khoan có GS cao có khả năng giữ mùn khoan trong trường hợp dung dịch khoan ngưng tuần hoàn tốt [2]. Như được trình bày ở Hình 3d, khi tăng hàm lượng bentonite cho kết quả GS sau 10 giây và 10 phút tăng đáng kể; từ 1,50 và 1,00 lb/100ft<sup>2</sup> tại 1% bentonite tăng đến 36,00 và 39,00 lb/100ft<sup>2</sup> tại 5% bentonite (gel 10 giây tăng 24 lần trong khi gel 10 phút tăng 39 lần so với giá trị tại hàm lượng bentonite 1%).



**Hình 3.** Tác động của hàm lượng bentonite lên tính chất lưu biến của dung dịch khoan bentonite: (a) Độ nhớt biểu kiến - AV; (b) Độ nhớt dẻo - PV; (c) Giới hạn chảy - YP; (d) Độ bền gel -GS.

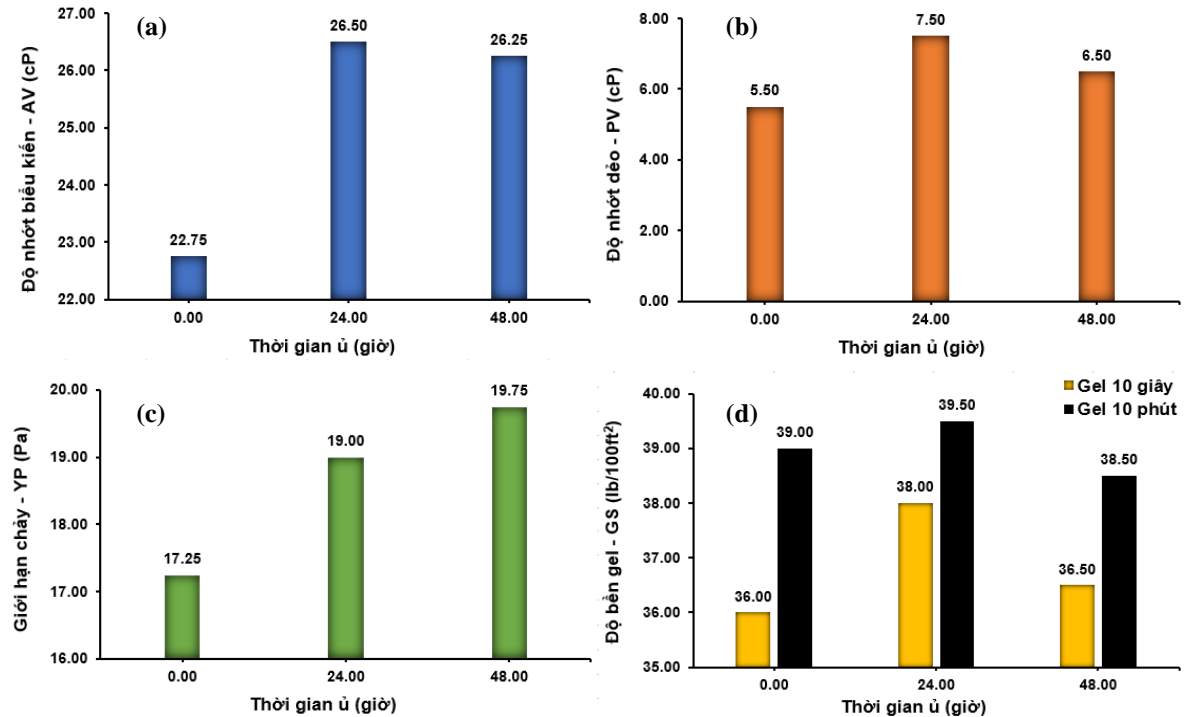
Hình 4 chỉ ra rằng hàm lượng bentonite tăng giúp tăng bề dày lớp bùn. Điều này dẫn đến độ thấm nước của dung dịch giảm. Khi tỷ lệ bentonite tăng từ 1% lên 5%, độ dày lớp bùn tăng thêm 10% (từ 2,2 mm lên 2,4 mm). Trong khi đó, độ thấm nước sau 30 phút giảm lên đến hơn hai lần (từ 43,2 mL xuống còn 18,3 mL). Điều này có thể giải thích thông qua khả năng ngăn cản nước thất thoát của lớp bùn [19].



**Hình 4.** Độ thấm nước sau 30 phút (màu đỏ) và độ dày lớp bùn (màu tím) khi tăng hàm lượng bentonite.

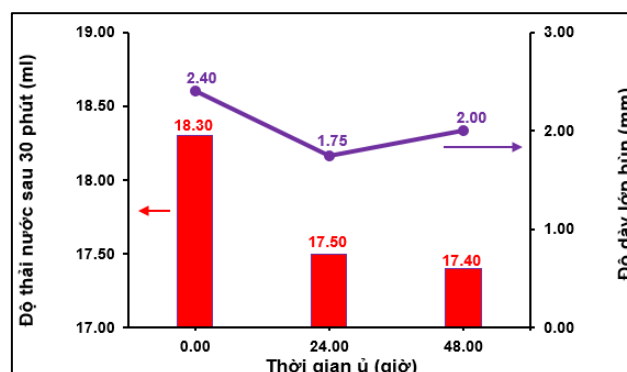
### 3.2. Ảnh hưởng của thời gian ủ lên tính chất dung dịch

Nhằm khảo sát tác động của thời gian ủ, dung dịch được pha trộn và ủ trong thời gian 24 giờ và 48 giờ. Hình 5 chỉ ra rằng khi thời gian ủ có ảnh hưởng đáng kể lên tính chất của dung dịch khoan. Việc tăng thời gian ủ dẫn đến kết quả AV, PV, YP, GS 10 giây và GS phút tăng nhưng có thể thấy tại thời gian ủ 24 giờ cho kết quả cao hơn so với trường hợp không ủ và trường hợp để ủ 48 giờ, kết quả tương tự cũng được trình bày bởi tác giả [20].



**Hình 5.** Ảnh hưởng của thời gian ủ lên các thông số của dung dịch khoan bentonite sau 0h, 24h, 48h: (a) Độ nhớt biểu kiến - AV; (b) Độ nhớt dẻo - PV; (c) Giới hạn chảy - YP; (d) Độ bền gel - GS.

Độ thải thể hiện độ ổn định của dung dịch khoan thông qua lượng nước bị thất thoát và độ dày của lớp bùn giúp ngăn sự thất thoát của nước qua thành giếng khoan [21]. Như được thể hiện ở Hình 8, Độ thải nước giảm từ 18,30 ml xuống 17,40 ml khi tăng thời gian ủ từ 0 giờ đến 48 giờ. Trong khi đó, độ dày lớp bùn giảm khi tăng thời gian ủ lên 24 giờ nhưng lại tăng khi thực hiện ủ trong 48 giờ.



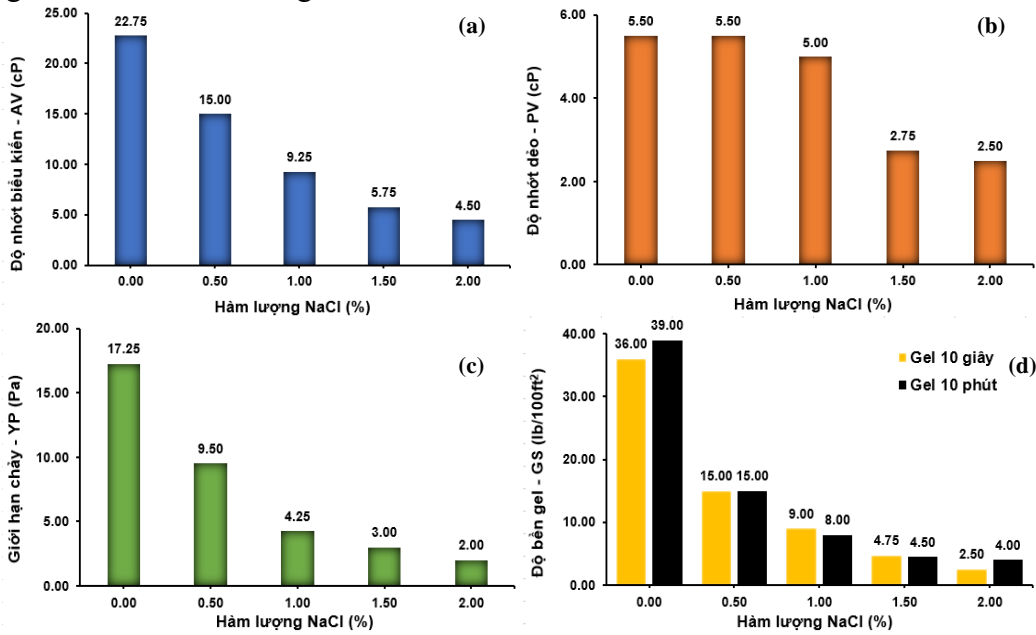
**Hình 6.** Độ thải nước sau 30 phút (màu đỏ) và độ dày lớp bùn (màu tím) của dung dịch khoan bentonite tại các thời gian ủ khác nhau.

### 3.3. Ảnh hưởng của muối lên tính chất dung dịch

Hình 7 cho thấy độ nhớt biểu kiến (a), độ nhớt dẻo (b), độ nhớt chảy (c), độ bền gel (d) của bentonite trong dung dịch khoan giảm khi tăng lượng NaCl thêm vào. Kết quả có thể

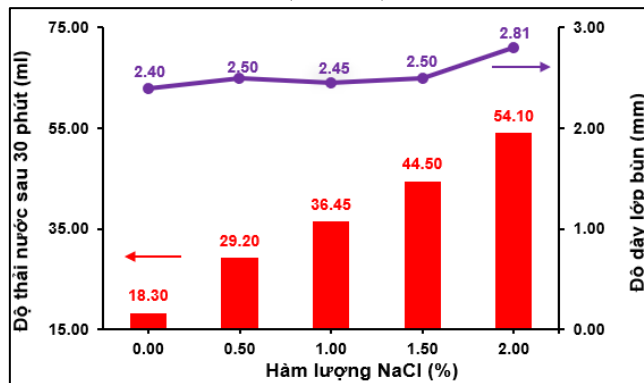


được giải thích như sau, khi lượng của NaCl trong dung dịch tăng, các ion  $\text{Na}^+$  tương tác với khoáng vật trong các hạt bentonite và giảm liên kết của phân tử nước với các hạt sét. Kết quả làm giảm khả năng hấp thụ nước của bentonite và dẫn đến làm giảm các tính chất về độ nhớt của dung dịch khoan. Độ nhớt biểu kiến giảm bốn lần từ 22,75 cP xuống 4,50 cP, giới hạn chảy giảm từ 17,25 Pa xuống còn 2 Pa.



**Hình 7.** Sự thay đổi các thông số lưu biến tại các hàm lượng NaCl khác nhau: (a) Độ nhớt biểu kiến - AV; (b) Độ nhớt dẻo - PV; (c) Giới hạn chảy - YP; (d) Độ bền gel - GS.

Hình 8 thể hiện khi tăng tỷ lệ NaCl lên từ 0% đến 2% làm cho độ thải nước của dung dịch tăng lên xấp xỉ gấp 3 lần so với việc không thêm NaCl. Nguyên nhân là do khi thêm NaCl vào dung dịch khoan, các ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$  sẽ gây cản trở các phân tử nước liên kết với hạt sét bentonite. Điều này làm cho bentonite khó trương nở và giảm khả năng hấp thụ nước [22]. Mặt khác, việc tăng độ thải nước cũng sẽ làm cho độ dày lớp bùn tăng lên, từ 2,40 tại hàm lượng 0% NaCl lên đến 2,81 tại 2% NaCl (Hình 9).



**Hình 8.** Độ thải nước sau 30 phút (màu đỏ) và độ dày lớp bùn (màu tím) tại các hàm lượng NaCl khác nhau.



**Hình 9.** Hình ảnh lớp bùn tại các hàm lượng NaCl khác nhau.

#### 4. Kết luận

Các thí nghiệm đã được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng bentonite, thời gian ủ và tác động của muối NaCl lên tính chất của dung dịch Dừa trên các kết quả ghi nhận, một số kết luận được rút ra:

Khi tăng hàm lượng bentonite từ 1% lên 5%, tính chất lưu biến của dung dịch khoan được gia tăng đáng kể. Đối với độ thải nước thì ngược lại, việc tăng hàm lượng bentonite giảm đến 2 lần trong khi độ dày của lớp bùn chỉ tăng lên không đáng kể. Việc điều chỉnh hàm lượng bentonite có thể giúp giảm thiểu mất mát dung dịch khoan.

Thời gian ủ giúp làm tăng chất lượng của dung dịch khoan.

Sự xuất hiện của muối NaCl làm giảm các độ nhớt, độ bền gel của dung dịch khoan và làm tăng lượng nước thất thoát đáng kể. Việc thêm các hóa chất nhằm giúp tăng chất lượng của dung dịch và giảm độ thải nước như: Xanthan gum, CMC, PAC ... được đề xuất khi khoan các giếng ở khu vực bị thành hệ bị nhiễm mặn, các khu vực ven biển.

Nghiên cứu vẫn còn tồn tại một số hạn chế và có thể được tiếp tục phát triển:

Ảnh hưởng của các loại muối khác như  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,... lên tính chất dung dịch chưa được khảo sát.

Trong quá trình khoan, một số hóa phẩm khác được thêm vào dung dịch khoan như: Xanthan gum, CMC, PAC. Ảnh hưởng của muối lên dung dịch bentonite khi có các phụ gia này cũng chưa được đánh giá.

Ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ cũng chưa được đề cập.

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

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Bách khoa - Đại học quốc gia TP. HCM với sự giúp đỡ về thiết bị và thời gian nghiên cứu.

**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. Mitchell, R.F.; Miska, S.Z. Fundamentals of drilling engineering. Society of Petroleum Engineers 2011. ISBN: 978-1-55563-207-6. <https://doi.org/10.2118/9781555632076>.
2. Gamal, H.; Elkatatny, S.; Basfar, S.; Al-Majed, A. Effect of PH on rheological and filtration properties of water-based drilling fluid based on bentonite. *Sustainability* **2019**, *11*(23), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su11236714>.
3. Parate, N.B. A review article on drilling fluids, types, properties and criterion for selection. *J. Emerging Technol. Innovative Res.* **2021**, *8*(9), 463–484.
4. Falahati, N. Nikzad falahati department of chemical engineering and university of cambridge. 2020.
5. Caenn, R.; Darley, H.C.H.; Gray, G.R. Chapter 1 - Introduction to drilling fluids. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (Sixth Eds.), **2011**, pp 1–37. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-383858-2.00001-9>.
6. Hải, N.H.; Tài, N.T.; Vinh, N.T.; Từ, T.V. Lựa chọn dung dịch khoan cho các giếng khoan có hàm lượng khí  $\text{CO}_2$  cao tại bể sông Hồng. *Tạp chí Dầu khí* **2022**, 16–20.
7. Tùng, N.S. Kiểm soát chặt chẽ những vấn đề môi trường của các dự án lấn biển. *Tạp chí Nghiên cứu Địa lý Nhân văn* **2021**, *33*(2), 11–19.

8. Đào, N.V.; Bình, P.T.T. Đánh giá thực trạng và tác động của biến đổi khí hậu đến xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 700, 12–22.
9. Đánh giá thực trạng lấn biển tại Việt Nam. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020.
10. Scheid, C.M.; de Carvalho, R.V.; de Oliveira, B.R.; de Oliveira Borges, R.F.; Calçada, L.A. Evaluation of the dissolution kinetics of nacl particles in aqueous drilling fluids viscosified with Bentonite. *J. Pet. Sci. Eng.* **2019**, 174, 563–571. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.11.017>.
11. Amani, M.; Al-Jubouri, M. The Effect of high pressures and high temperatures on the properties of water based drilling fluids. *Energy Sci. Technol.* **2012**, 4(1), 27–33. <https://doi.org/10.5539/esr.v2n1p175>.
12. Raheem, A.M.; Vipulanandan, C. Salt contamination and temperature impacts on the rheological and electrical resistivity behaviors of water based drilling mud. *Energy Sources Part A* **2020**, 42(3), 344–364. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1587080>.
13. Sami, N.A. Effect of magnesium salt contamination on the behavior of drilling fluids. *Egypt. J. Pet.* **2016**, 25(4), 453–458. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.10.011>.
14. Zhang, L.; Wu, X.; Sun, Y.; Cai, J.; Lyu, S. Experimental study of the pomelo peel powder as novel shale inhibitor in water-based drilling fluids. *Energy Explor. Exploit.* **2020**, 38(2), 569–588. <https://doi.org/10.1177/0144598719882147>.
15. Meng, X.; Zhang, Y.; Zhou, F.; Chu, P.K. Effects of carbon ash on rheological properties of water-based drilling fluids. *J. Pet. Sci. Eng.* **2012**, 100, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.11.011>.
16. Zhao, Z.; Chen, S.; Zhou, F.; Wei, Z. Gel stability of calcium bentonite suspension in brine and its application in water-based drilling fluids. *Gels* **2022**, 8(10). <https://doi.org/10.3390/gels8100643>.
17. Bakhshi, M.; Mozdianfard, M.R.; Hayati-Ashtiani, M. Investigating mineralogical and physio-chemical properties of bentonite for water-based fluids. *Kufa J. Eng.* **2021**, 11(1), 79–89. <https://doi.org/10.30572/2018/kje/110106>.
18. Falode, O.A.; Ehinola, O.A.; Nebeife, P.C. Evaluation of local bentonitic clay as oil well drilling fluids in Nigeria. *Appl. Clay Sci.* **2008**, 39(1–2), 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.04.011>.
19. Rajesh K.A.; Majid A.S.S.; Ahmed Khan, M.; Abdul R.K.M. Determination of effect bentonite and additives on drilling fluids. *Int. Refereed J. Eng. Sci.* **2017**, 6(3), 22–28.
20. Abu-Jdayil, B. Rheology of sodium and calcium bentonite-water dispersions: effect of electrolytes and aging time. *Int. J. Miner. Process* **2011**, 98(3–4), 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2011.01.001>.
21. Blinov, P.A.; Dvoynikov, M.V. Rheological and filtration parameters of the polymer salt drilling fluids based on Xanthan Gum. *J. Eng. Appl. Sci.* **2018**, 13(14), 5661–5664. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.5661.5664>.
22. Anderson, R.L.; Ratcliffe, I.; Greenwell, H.C.; Williams, P.A.; Cliffe, S.; Coveney, P.V. Clay swelling - A challenge in the oilfield. *Earth Sci. Rev.* **2010**, 98(3–4), 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.11.003>.

## Evaluating the effects of salinity on the properties of bentonite drilling fluid in salt-affected areas

Le Tan Phat<sup>1</sup>, Dinh Phuoc Hau<sup>1</sup>, Ly Trung Hieu<sup>1</sup>, Tran Hoang Khuong<sup>1</sup>, Huynh Tran To Nga<sup>1</sup>, Tran Huu Phuoc<sup>1</sup>, Le Nguyen Hai Nam<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology - Vietnam National University HCM; phat.ledaukhi@hcmut.edu.vn; hau.dinhau1220@hcmut.edu.vn; hieu.ly0986@hcmut.edu.vn; khuong.tranm021002@hcmut.edu.vn; nga.huynh1009@hcmut.edu.vn; phuoc.tranthp2304@hcmut.edu.vn; lnhnam@hcmut.edu.vn

**Abstract:** In geological surveys, construction projects, and water extraction, drilling fluid plays a crucial function. Several factors affect the properties of drilling fluid, one of which is the impact of salt when drilling in saline-affected areas. In this study, the impact of bentonite content, curing time, and salt concentration on the properties of drilling fluid were evaluated according to American Petroleum Institute (API). The results of the experiment state that the bentonite concentration and curing time have a significant impact on the rheological properties and water loss capability of the drilling fluid. The plastic viscosity increased from 0,5 cP to 5,5 cP as the bentonite content rose from 1% to 5% by weight, while the water loss volume decreased from 43,2 ml to 18,3 ml. In contrast, saline contamination due to NaCl salt negatively impacted the drilling fluid's properties. The viscosity parameters decreased significantly as the NaCl concentration increased. The quantity of water lost approximately doubled when the concentration of NaCl increased from 0,5% to 2% by weight, as demonstrated by the experimental results. These experimental findings provide a starting point for further studies on the influence of other factors on drilling fluid, improving the success of drilling operations in coastal areas impacted by salinity.

**Keywords:** Drilling fluid; Salinity effect; Bentonite; Salt-affected areas.

*Bài báo khoa học*

## **Giải pháp công trình ứng phó với dòng chủ lưu áp sát bờ sông Cổ Chiên, khu vực TP. Vĩnh Long**

**Văn Hữu Huệ<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, Vĩnh Long; huuhuevan@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: huuhuevan@gmail.com; Tel.: +84-919235799

Ban Biên tập nhận bài: 15/7/2023; Ngày phản biện xong: 20/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), việc mất ổn định bờ sông dẫn đến sạt lở xảy ra nhiều nơi với nhiều nguyên nhân khác nhau, riêng ở bờ kè sông Cổ Chiên, đoạn qua phường 1 TP. Vĩnh Long mất ổn định do hình thái sông cong, dòng chủ lưu áp sát bờ. Nghiên cứu đã khảo sát, đánh giá địa chất, lưu tốc dòng chảy, hình thái lòng sông, bình đồ lòng sông từ đó xác định các nguyên nhân gây mất ổn định bờ sông và đề xuất giải pháp công trình bảo vệ. Nghiên cứu đã kết hợp sử dụng các phương pháp điều tra khảo sát, phương pháp thống kê và mô hình toán. Kết quả nghiên cứu cho thấy những nguyên nhân chủ yếu gây mất ổn định bờ sông là do dòng chủ lưu áp sát bờ, tỷ lệ phân lưu dòng chảy và suy giảm bùn cát từ thượng nguồn gây nên xói chân kè. Từ đó nghiên cứu đưa ra giải pháp công trình khắc phục kịp thời tình trạng sạt lở khẩn cấp để bảo vệ khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Dòng chủ lưu áp sát bờ sông; Ổn định bờ sông Cổ Chiên; Phân lưu dòng chảy; Sạt lở bờ kè.

### **1. Giới thiệu**

Trên thế giới, chỉnh trị sông, xây dựng các công trình ổn định dòng sông, bờ sông được quan tâm từ rất sớm, đặc biệt là các nền văn minh ở các sông lớn như sông Hoàng Hà, sông Dương Tử, sông Rhine, sông Mississippi, sông Volga. Nhằm bảo vệ bờ sông không bị sạt lở, thường ứng dụng giải pháp bảo vệ trực tiếp như: kè gia cố bờ và bảo vệ gián tiếp ( hướng dòng chảy không tác động trực tiếp vào bờ) như: kè mỏ hàn, đập khóa, đập dọc...



**Hình 1.** Kè mỏ hàn trên sông Waar, Hà Lan [1].

Gần đây, các giải pháp trồng cây, mỏ hàn ngầm giảm sóng dòng chảy, tạo bãi, nuôi bãi, mỏ hàn mềm. Các giải pháp bảo vệ bờ mang tính bị động, bằng cách gia cố bờ sông, bờ biển bằng đá đổ, thảm đá, tấm bê tông, tấm bê tông...



Bên cạnh các giải pháp chủ động tác dụng trực tiếp vào dòng chảy nhằm giảm thiểu các tác động hoặc cải thiện điều kiện tương tác của sóng, dòng chảy như kè mỏ hàn hướng dòng hoặc đê ngầm. Các dạng kết cấu vật liệu thường được sử dụng cho các loại công trình này là đá hộc, cọc gỗ, cọc bê tông liên kết lại với nhau... Giải pháp trồng cây hai bên mái bờ sông đang được ứng dụng khá phổ biến ở các nước trên thế giới những năm gần đây như trồng cỏ Vetiver bảo vệ mái ở Zimbabwe và Indonesia... Với các đoạn sông bị xói lở chân thì giải pháp gia cố chân bằng cọc gỗ hoặc cọc bê tông. Qua nhiều năm quản lý, vận hành, giới chuyên môn đã thấy rõ những mặt hạn chế của việc can thiệp thô bạo vào dòng sông, trong việc chỉnh trị sông, xây dựng các công trình bảo vệ bờ sông. Để khắc phục tình trạng này hầu hết các nước đã, đang và sẽ tiến hành làm sống lại các dòng sông. Trong đó Hà Lan đang thực hiện các dự án “tạo không gian cho dòng sông” (*room for river*), trong đó các hoạt động chính như: dời đê, tạo các kênh dọc song song, hạ thấp các bãi ngập lũ, tạo các dòng sông xanh, giảm chiều cao của các kè mỏ hàn, gỡ bỏ các điểm nút thắt, gia cường các hệ thống đê [1].

Ở Việt Nam cũng có hai giải pháp bảo vệ bờ sông là phi công trình (trồng bản, lụt bình, cây chắn sóng...) và công trình (kè mỏ hàn, kè rọ đá, tường cọc bản với đan, tường chắn, “cọc Tác” lát mái...), cụ thể như tường cọc bản với đan được xây dựng ở bờ kè Phường 1, TP. Vĩnh Long (Hình 2).



**Hình 2.** Bờ kè Phường 1, TP. Vĩnh Long, 2023.

TP. Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long nằm bên hữu ngạn sông Cổ Chiên, cách cầu Mỹ Thuận 8 km về phía hạ lưu, là trung tâm hành chính, kinh tế, văn hoá, du lịch của tỉnh. Với nhiều lợi thế về vị trí địa lý, thổ nhưỡng, sông nước... từ thời kỳ đổi mới đến nay Vĩnh Long đã phát triển ngày một lớn mạnh; tuy vậy Vĩnh Long cũng đang đối mặt với nhiều trở ngại, trong đó hiện tượng xói bồi biến hình lòng dẫn hệ thống sông, kênh, rạch trên địa bàn tỉnh có ảnh hưởng không nhỏ. Nghiên cứu mới ở đây là sự kết hợp nhiều yếu tố bất lợi như đất yếu, hạ thấp lòng dẫn, tỷ lệ phân lưu mất cân đối (khai thác cát mở rộng diện tích mặt cắt utor nhánh Cổ Chiên, nổi cồn thu hẹp diện tích mặt cắt utor nhánh sông Tiền), thế sông cong, dòng chủ lưu áp sát bờ... tiềm ẩn nguy cơ gây mất ổn định, xói lở bờ sông, gây thiệt hại rất lớn về cơ sở hạ tầng, mất ổn định cuộc sống dân cư ven sông, mất mỹ quan và gây ô nhiễm môi trường.

Trước tình hình biến đổi khí hậu ngày càng ảnh hưởng mạnh mẽ, áp lực của tốc độ gia tăng dân số, đô thị hóa, dòng sông ngày càng bị khai thác nhiều hơn và vì thế chế độ dòng chảy đã có nhiều thay đổi, xói bồi biến hình lòng sông trong nhiều năm qua đã diễn ra nhanh hơn, phức tạp hơn. Chính vì thế, từ 10/8/2023 đến 13/8/2023, Thủ tướng Phạm Minh Chính cùng các bộ ngành đã đi khảo sát và cho đầu tư một số công trình phòng chống sạt lở trọng điểm tại ĐBSCL; Thủ tướng đã đến khảo sát và thống nhất đầu tư bờ kè tiếp giáp với khu vực nghiên cứu này về phía hạ lưu (Hình 3). Tại TP. Vĩnh Long dòng chủ lưu nhánh

Cổ Chiên ngày càng ép sát vào phía bờ phải gây xói lở gần như toàn bộ đoạn bờ sông thuộc địa phận TP. Vĩnh Long. Hiện địa hình mái bờ sông rất dốc với  $m = 1,5$ ; Cao trình đáy sông rất sâu từ  $-27,0 \div -36,0$ . Vị trí xảy ra lún lụt, xói chân kè kéo dài từ  $K0+000 \div K0+130$  [2].



**Hình 3.** Thủ tướng Phạm Minh Chính cùng đoàn công tác Chính phủ đi khảo sát sạt lở ngày 12/8/2023 tại Kè Phường 1, TP. Vĩnh Long, Đài PTTH. Vĩnh Long, 2023.

Mục đích nghiên cứu: (1) Xác định nguyên nhân xói lở, sụt lún từ hình thái dòng chảy, dòng chủ lưu áp sát bờ, phân lưu lưu lượng dòng chảy mất cân đối; (2) Đề xuất giải pháp kè sau khi sửa chữa sạt lở, sụt lún.

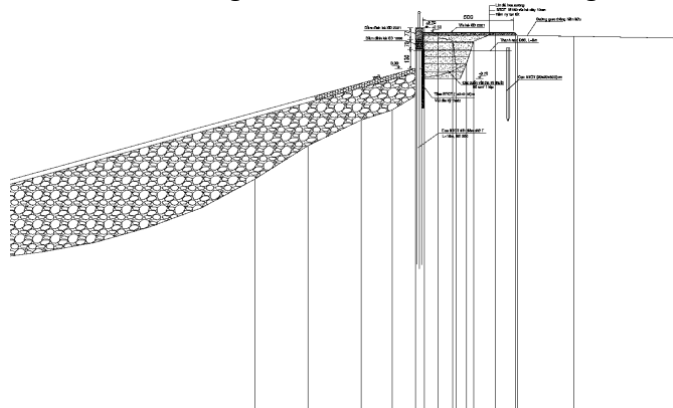
## 2. Tài liệu thu thập và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Dữ liệu sử dụng

#### 2.1.1. Khái quát công trình

Ở khu vực nghiên cứu có lớp đất yếu sâu, cao trình  $-42,5$ . Các lớp đất là trầm tích Holocen (ambQ23) có sức chịu tải rất kém, tính nén lún rất cao, dễ bị phá hủy kết cấu khi chịu tác dụng của dòng chảy, từ cao trình  $-42,5$  là lớp đất thuộc trầm tích Pleistocen trên - Holocen dưới ÷ giữa (amQ13 ÷ amQ21-2), có khả năng chịu lực tốt hơn.

Để bảo vệ hữu ngạn sông Cổ Chiên (TP. Vĩnh Long), công trình kè bảo vệ bờ khu vực này đã được Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thiết kế và được khởi công xây dựng ngày 27/12/1994 với những chỉ tiêu thiết kế sau: Cao trình đỉnh bờ  $+2,0$ ; Tải trọng đỉnh kè:  $1 \text{ kg/cm}^2$ ; Chiều dài bờ kè là 643 m được chia làm 6 PĐ. IV, tại khu vực Nhà máy nước được thi công và hoàn thành năm 1999. Kết cấu kè như mô tả trong Hình 4. PĐ. IV có kết cấu kè gồm Cọc chữ T dài 15 m, đóng 2 m/cọc. Được neo với cọc bê tông cốt thép (BTCT.)  $20 \times 20 \times 500$ . Thép neo  $d = 30 \text{ mm}$  dài 5 m. Giữa 02 cọc chữ T có gắn tấm đan. Dầm mũ kích thước  $35 \times 70$ . Tại cao trình  $+0,00$  được thả lãng thể đá hộc rộng 0,5 m, mái  $m = 2$ . Bên trong tấm đan được xếp đá hộc và tầng lọc ngược mái  $m = 1,0$ , cao trình đỉnh kè  $+2,0$ , sau thời gian sử dụng cao trình được nâng lên  $+2,7$ . Vía hè được nâng lên  $+2,5$ .



**Hình 4.** Mặt cắt (MC) ngang điển hình kè [2].

Năm 2006-2007 PĐ. VI cũng bị sạt lở chân kè, gây mất ổn định và Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam cũng đã tư vấn sửa chữa kè, chủ yếu là trải thảm đá chống xói chân kè với mái dốc  $m = 2,5$ . Năm 2022, PĐ. IV tiếp tục xảy ra hiện tượng lún sụt kè.

Do ảnh hưởng của dòng chủ lưu áp sát bờ, xói chân kè, xói mòn lắng thể đá và lòng dẫn làm tằm đan bị tụt xuống, làm hư hỏng tầng lọc ngược dẫn đến đất cát dịch chuyển ra ngoài làm cho kè bị lún sụt. Đặc biệt là cuối tháng 9/2022 tại vị trí cầu dẫn Nhà máy nước đến bến phà An Bình đã xảy ra sạt lở chân và mái kè chiều dài khoảng 80 m.



**Hình 5.** Hình ảnh tằm đan và sụt lún thân kè PĐ. IV, 2022.

### 2.1.2. Địa hình

Địa hình trên cạn tương đối bằng phẳng. Địa hình dưới nước rất sâu đầu tuyến cao trình  $-27,0$  đến cuối tuyến  $-36,0$  (cao độ Quốc Gia - Hòn Dấu và hệ tọa độ Quốc Gia VN2000). Bờ sông thấp cao trình từ  $+1,8 \div +2,2$ . Địa hình lòng sông có tuyến lạch sâu áp sát về phía bờ, tại vị trí cuối tuyến có phần sâu hơn, xuất hiện hố xói có cao độ  $-36,0$ . Mái bờ sông phía cuối tuyến dốc hơn phía đầu, hệ số mái dốc  $m = 1,5 \div 2,0$ . Từ phà An Bình đến nhà hàng Phương Thủy có cơ kè rộng  $20$  m ở cao trình  $-12,5$ .

### 2.1.3. Địa chất

Tài liệu khảo sát địa chất kế thừa hồ sơ dự án Kè bờ sông Cổ Chiên - TP. Vĩnh Long thuộc Phường 1, Phường 2, TP. Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long

Lớp 1 (Đất đắp): Sét, màu nâu vàng, xám xanh, xám nâu, trạng thái dẻo mềm, lớp này xuất hiện trong tất cả các hố khoan khảo sát và phân bố từ mặt đất tự nhiên đến độ sâu  $0,5$  m.

Lớp 2: Bùn sét, màu xám xanh, xám đen, đôi chỗ lẫn hữu cơ, lớp này xuất hiện ở hầu hết trong các hố khoan khảo sát và phân bố, dưới lớp 1 đến độ sâu  $11,0$  m.

Lớp 3: Bùn sét lẫn cát, màu xám xanh, xám đen, lớp này xuất hiện ở hầu hết trong các hố khoan khảo sát và phân bố, dưới lớp 2 đến độ sâu  $16,4$  m.

Lớp 3a: Cát lẫn bùn sét, màu xám nâu, xám xanh, trạng thái xốp, lớp này xuất hiện xen kẽ trong lớp 3 và chỉ xuất hiện trong hố khoan HK-K02 ở độ sâu  $22,0$  m

Lớp 4: Sét lẫn cát, màu xám nâu, xám xanh, xám vàng, trạng thái nhão đến dẻo mềm, khoan hết độ sâu  $45,0$  m vẫn chưa phát hiện đáy lớp này.

### 2.2.4. Số liệu khí tượng thủy văn

Nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, quanh năm nóng ẩm, có chế độ nhiệt tương đối cao và bức xạ dồi dào. Nhiệt độ trung bình cả năm từ  $7,0 \div 28,0^{\circ}\text{C}$ . Thời hạn có mưa trong năm kéo dài 9 tháng từ tháng 3 đến tháng 12, với lượng mưa trung bình là  $173$  mm.

Hàng tháng, triều xuất hiện hai lần nước cao (triều cường) và hai lần nước thấp (triều kém) theo chu kỳ trăng. Dạng triều lúc cường và lúc kém cũng khác nhau, và trị số trung bình của các chu kỳ ngày cũng tạo thành một sóng có chu kỳ  $14,5$  ngày với biên độ  $0,30 \div 0,40$  m [3].

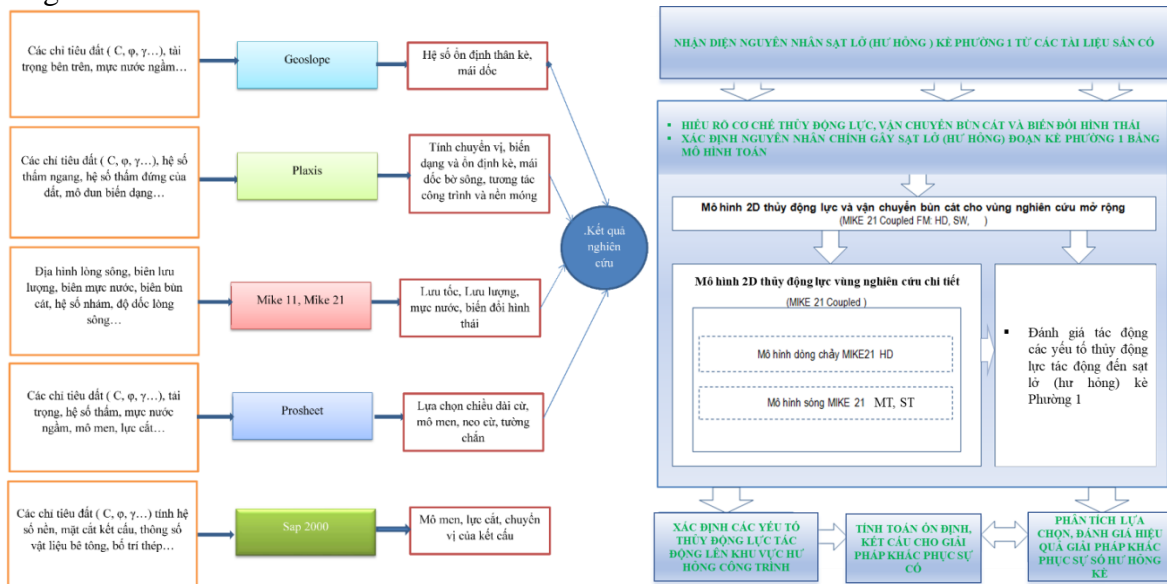
2.2. Phạm vi nghiên cứu và quy mô

Kè Phường 1, TP. Vĩnh Long, phía trên (thân kè): Từ K0+50 ÷ K0+130 (80 m) cao trình đỉnh kè: +2,7, vỉa hè: +2,5 (cao độ Hòn Dấu); phía dưới (mái kè, chân kè): Từ K0+000 ÷ K0+130 (130 m) (thuộc phân đoạn (PĐ.) III, IV và V cũ).

Loại và cấp công trình: Công trình thủy lợi - thuộc CT NN&PTNT, Cấp IV.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Hình 6 trình bày cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu chung sử dụng cho nghiên cứu này. Đầu tiên, trên cơ sở kế thừa kết quả các nghiên cứu trước về lĩnh vực xói lở bờ sông đã được thực hiện ở các vùng biển khác trên thế giới, trong nước, cũng như trong khu vực nghiên cứu này, kết hợp phân tích các số liệu sẵn có (quan trắc (thủy văn, địa hình, địa chất) và mô hình toán) về các yếu tố khí hậu, thủy văn ở vùng nghiên cứu, từ đó nhận diện ra các yếu tố chính tác động đến quá trình xói lở gây hư hỏng công trình kè phường 1, bao gồm các yếu tố tự nhiên cũng như các tác động của con người. Ngoài ra việc điều tra khảo sát hiện trường cũng được thực hiện để hiểu rõ hơn thực trạng diễn biến xói lở hư hỏng công trình.



Hình 6. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu (phải) và chi tiết dữ liệu đầu vào và kết quả đầu ra (trái).

Tiếp theo, công cụ mô hình toán được sử dụng để nghiên cứu phân tích chi tiết chế độ thủy động lực, vận chuyển bùn cát, diễn biến hình thái. Qua đó, xác định cụ thể các yếu tố tự nhiên chính gây ra xói lở bờ hay nói cách khác là nguyên nhân chính gây ra hư hỏng công trình kè phường 1, TP. Vĩnh Long. Ngoài việc sử dụng công cụ mô hình thủy lực để đánh giá tác động dòng chảy thì nghiên cứu còn sử dụng các công cụ tính toán ổn định [4], kết cấu [5] (*Geoslope, Plaxis, Sap*) từ đó xác định rõ nguyên nhân gây ra hư hỏng cũng như tính toán giải pháp ổn định lâu dài cho công trình kè phường 1.

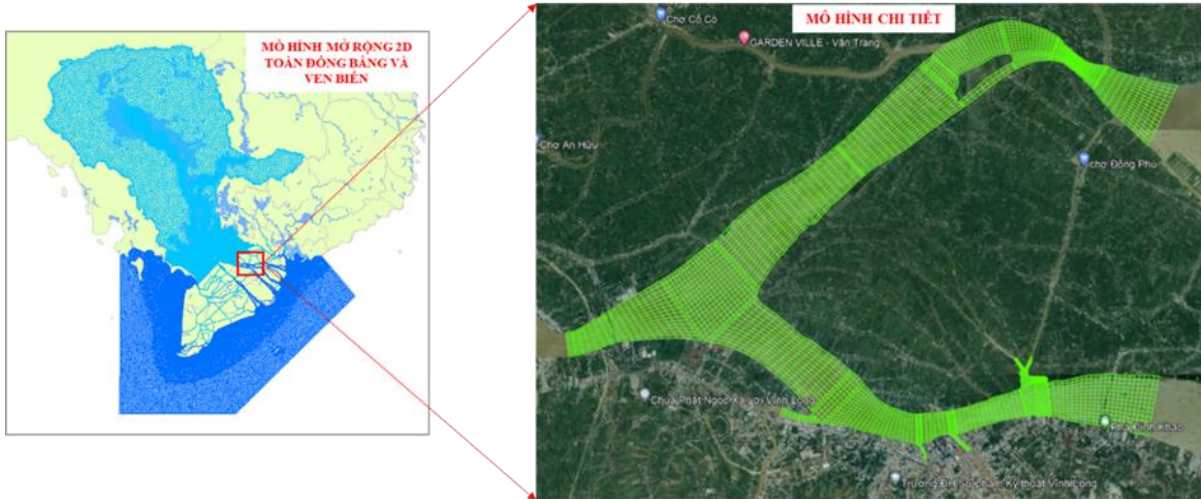
Các mô hình thủy động lực được sử dụng bao gồm mô hình MIKE 21 FM Coupled (bao gồm các module thủy động lực HD, module tính vận chuyển bùn MT, module tính vận chuyển cát ST) để mô phỏng trường dòng chảy, vận chuyển bùn cát và diễn biến hình thái.

Như trình bày trên hình 7, cách tiếp cận mô hình đa tỷ lệ được sử dụng cho nội dung nghiên cứu bằng mô hình toán. Nhóm mô hình 1 (mô hình mở rộng) bao gồm các mô hình: (i) 1D cho hệ thống sông kênh Mekong và Sài Gòn - Đồng Nai, và (ii) 2D cho vùng nghiên cứu mở rộng phía biển từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Campuchia. Kết quả của mô hình này được dùng để trích xuất biên cho mô hình nghiên cứu chi tiết (nhóm mô hình 3). Đối với các mô hình 1D độc lập, các module được sử dụng sẽ là MIKE 11 HD, AD. Đối với mô



hình 2D độc lập, các module sử dụng sẽ là MIKE 21 FM HD, SW và MT. Đối với mô hình mở rộng được kế thừa từ kết quả nghiên cứu [2] và cập nhật điều kiện biên đến năm 2022.

Mô hình 2 (mô hình chi tiết) bao gồm các mô hình 2D chi tiết được xây dựng để nghiên cứu chế độ thủy động lực, vận chuyển bùn cát và biến đổi hình thái khu vực bờ khu vực Phường 1, tỉnh Vĩnh Long và vùng phụ cận. Các module của bộ mô hình MIKE được sử dụng cho các mô hình chi tiết tương tự các module được sử dụng cho mô hình 2D mở rộng ở trên. Đối với mô hình 2 được kế thừa từ nghiên cứu [2]. Tuy nhiên, việc phân tích kết quả sẽ tập trung cho khu vực kè Phường 1, thành phố Vĩnh Long.



Hình 7. Sơ đồ các mô hình toán được sử dụng trong nghiên cứu.

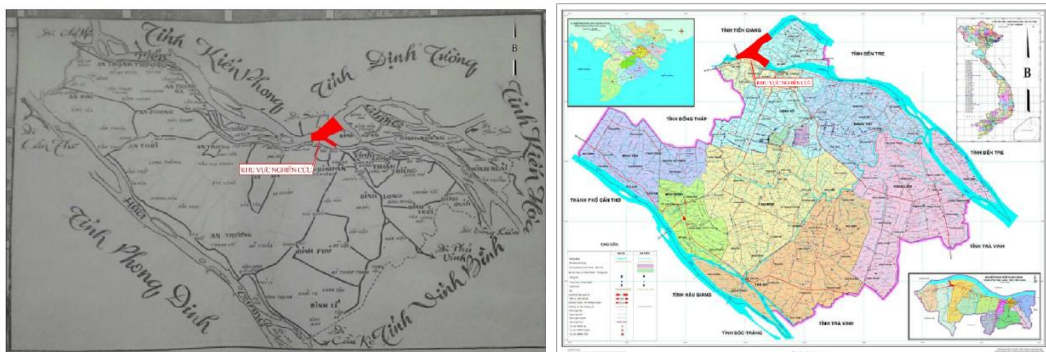
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Phân tích đặc điểm khí tượng thủy văn

Vùng nghiên cứu nằm trong vùng chịu ảnh hưởng bán nhật triều không đều Biển Đông [6]. Mực nước biển dao động liên tục theo thủy triều, dao động theo chu kỳ ngày, đêm, tháng, năm; đóng vai trò quyết định đến chế độ chảy trên biển vùng cửa sông và trong sông. Triều biển Đông có biên độ rộng từ 3,5 ÷ 4,0 m, lên xuống ngày hai lần, thời gian giữa hai chân và hai đỉnh vào khoảng 12,0 ÷ 12,5 giờ và thời gian một chu kỳ triều ngày là 24,83 giờ. Đất yếu ven sông hai lần nước thâm vào trong và hai lần nước rút ra sông, làm giảm lực dính của đất, khi sóng tác động vào sẽ dễ tan rã và bị cuốn ra sông gây sạt lở bề mặt.

#### 3.2. Phân tích phân lưu dòng chảy

Vào thập niên 60, sau khi dòng Tiền Giang qua phà Mỹ Thuận (Cầu Mỹ Thuận ngày nay) phân lưu thành hai nhánh, nhánh Cổ Chiên (đi qua Vĩnh Long) và nhánh sông Tiền đi qua tỉnh Định Tường (Tiền Giang ngày nay) và Cù lao Bình Hưng, Đồng Phú và Bình Hòa Phước (Hình 8).



Hình 8. Vị trí nghiên cứu thập niên 60 (trái) và hiện nay (phải); Bảo tàng Vĩnh Long, 2023.

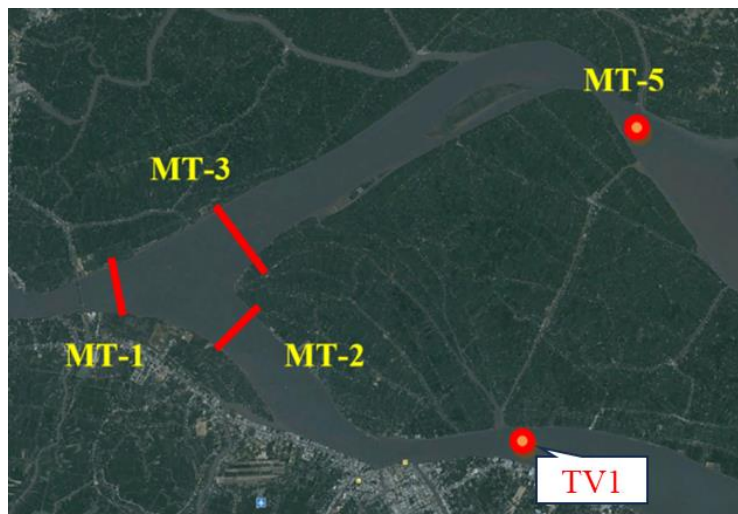


Thập niên 60, nhánh Cỏ Chiên nhỏ hơn, khoảng một phần năm nhánh sông Tiền. Thập niên 80, nhánh Cỏ Chiên khai thác cát làm mở rộng diện tích mặt cắt ứốt, nhánh sông Tiền hình thành bãi bồi giữa sông và phát triển thành cồn [7] làm thu hẹp diện tích mặt cắt ứốt, lưu lượng tập trung về nhánh Cỏ Chiên nên nhánh Cỏ Chiên được mở rộng như ngày nay - bề rộng hai nhánh gần bằng nhau (Hình 7), Mùa lũ (từ tháng 7÷11), tỷ lệ phân lưu 61,5 ÷ 62,2% tại Cỏ Chiên và 37,8 ÷ 38,5% tại sông Tiền. Tỷ lệ này vào mùa kiệt ở nhánh sông Cỏ Chiên 60,8 ÷ 61,5% trong khi tại nhánh sông Tiền 38,5 ÷ 39,2%. Cả hai mùa, lưu lượng về nhánh sông Cỏ Chiên lớn hơn [1].

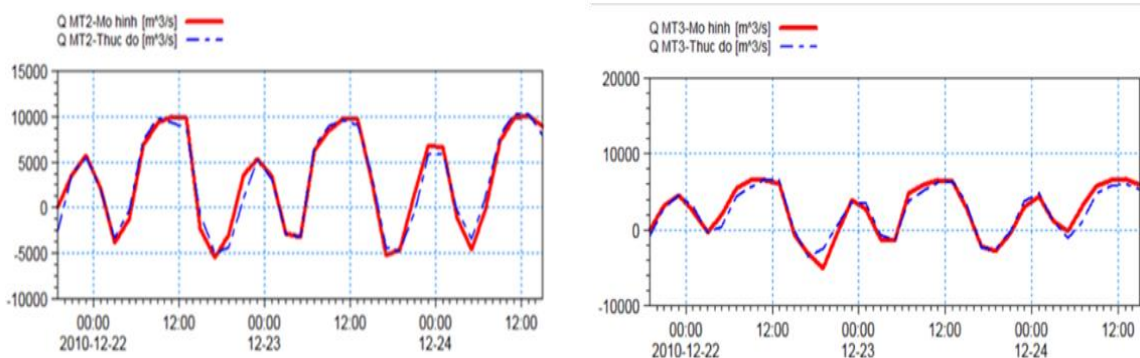
Đòng Cỏ Chiên sau khi phân lưu và gặp thế sông cong, lồi về phía Vĩnh Long nên dòng chủ lưu áp sát bờ sông phía Vĩnh Long, va đập vào khu vực Nhà máy nước Vĩnh Long, thập niên 90, khu vực này được xây dựng bờ kè, đồng thời xây dựng 03 mỏ hàn để ứng phó dòng chủ lưu nhưng vẫn không hiệu quả, vẫn gây xói lở bên dưới, gây sạt lở khu vực này. Đồng thời, khu vực này thuyền lưu thông rất nhiều gây ra sóng vỗ vào bờ sông với địa chất lớp đất yếu cũng là nguyên nhân góp phần gây nên sạt lở, lún sụt.

### 3.3. Dòng chủ lưu áp sát bờ với vận tốc lớn

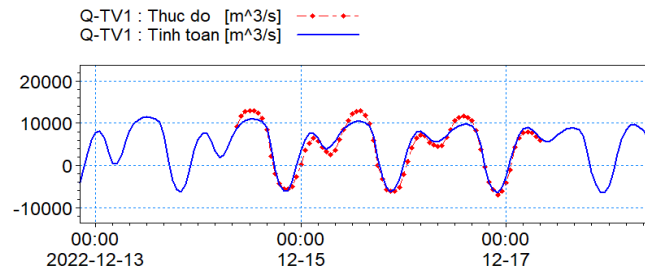
Để xem xét lưu tốc trong khu vực nghiên cứu, sử dụng mô hình toán 2D của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam đã mô phỏng chế độ thủy động lực cho một năm điển hình trung bình là năm 2014 (lũ trung bình, điều kiện khí hậu trung bình) [8]. Vị trí các trạm quan trắc ngăn ngày phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chi tiết được thể hiện trên hình 9. Mô hình nghiên cứu chi tiết (Mô hình 2) đã được hiệu chỉnh và kiểm định với các kết quả thực đo cho độ tin cậy cao. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định xem (Hình 10, Hình 11) [2].



Hình 9. Vị trí các trạm quan trắc ngăn ngày phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chi tiết [2].

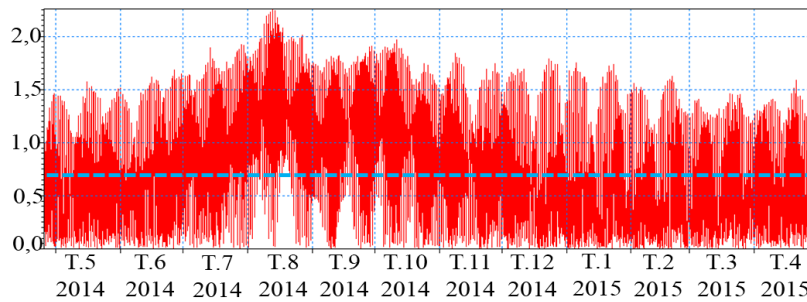


Hình 10. Kết quả hiệu chỉnh lưu lượng tại vị trí MT2, MT3.

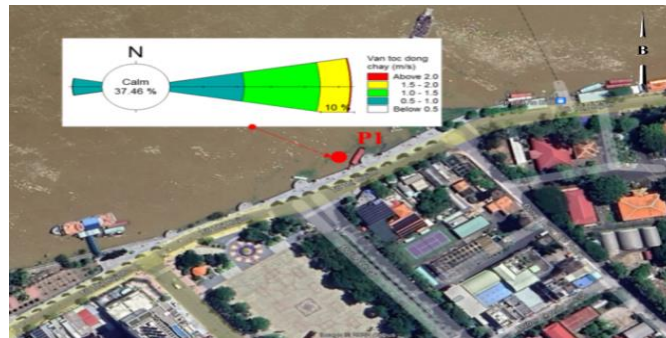


**Hình 11.** Kết quả kiểm định lưu lượng tại vị trí TV1.

Kết quả cho thấy thời gian có vận tốc vượt ngưỡng vận tốc không xói cho phép của lòng dẫn (0,7 m/s) diễn ra với thời gian xuất hiện khá lớn (Hình 12). Hoa dòng chảy tại một vị trí nghiên cứu được thể hiện trên hình 13.

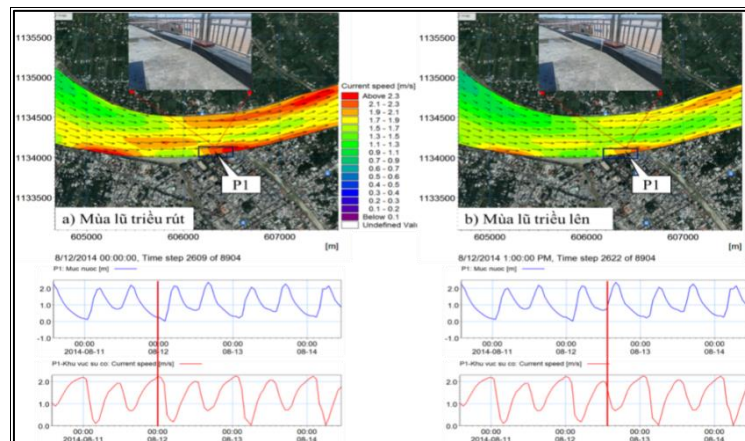


**Hình 12.** Quá trình lưu tốc vị trí sát công trình trong năm thủy văn điển hình 2014 tính từ mô hình và giá trị vận tốc không xói cho phép khu vực nghiên cứu (đường thẳng nét đứt) [2].



**Hình 13.** Hoa dòng chảy tại một vị trí nghiên cứu.

Khu vực bị sạt lở (sụt lún) - khu vực nghiên cứu, lưu tốc được diễn tả trong Hình 14. Kết quả thể hiện diễn biến lưu tốc khi triều rút và triều lên đều vượt giá trị không xói cho phép (0,7 m/s) trong phần lớn thời gian mùa lũ - mùa có tác động bào xói lòng dẫn mạnh nhất.



**Hình 14.** Diễn biến lưu tốc sát bờ kè khu vực nghiên cứu trong mùa lũ.

### 3.4. Tính ổn định tổng thể

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn [9] và phương pháp chiết giảm  $\phi$ -c ( $\phi$ -c reduction technique), sử dụng phần mềm Plaxis (số liệu tính toán theo tài liệu khảo sát địa chất được tham khảo tại hồ sơ dự án Kè bờ sông Cổ Chiên thuộc Phường 1, Phường 2, TP. Vĩnh Long. Tính toán hệ số an toàn chung của công trình và hạng mục công trình cần thỏa mãn điều kiện sau [10].

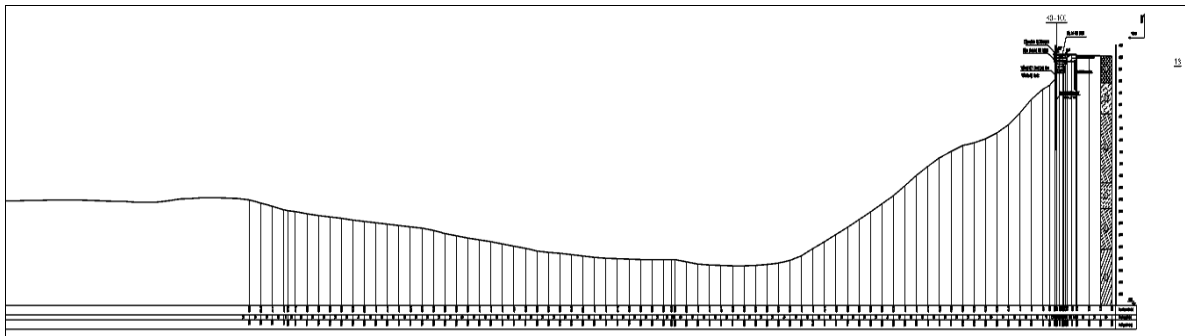
$$K = \frac{R}{N_{tt}} \geq \frac{n_c}{m} K_n \quad (1)$$

Trong đó  $n_c$  là hệ số tổng hợp tải trọng, phụ thuộc vào tổ hợp tải trọng tính toán bất lợi nhất trong các giai đoạn làm việc của công trình (Tổ hợp tải trọng cơ bản:  $n_c = 1,00$ ; Tổ hợp tải trọng trong thời kỳ thi công:  $n_c = 0,95$ ; Tổ hợp tải trọng đặc biệt:  $n_c = 0,9$ );  $N_{tt}$  là tải trọng tính toán tổng quát;  $R$  là sức chịu tải tổng quát;  $m$  là hệ số điều kiện làm việc, chọn  $m = 1,0$ ;  $K$  là hệ số an toàn chung của công trình;  $K_n$  là hệ số đảm bảo phụ thuộc cấp công trình, công trình lựa chọn là cấp IV nên  $K_n = 1,15$ .

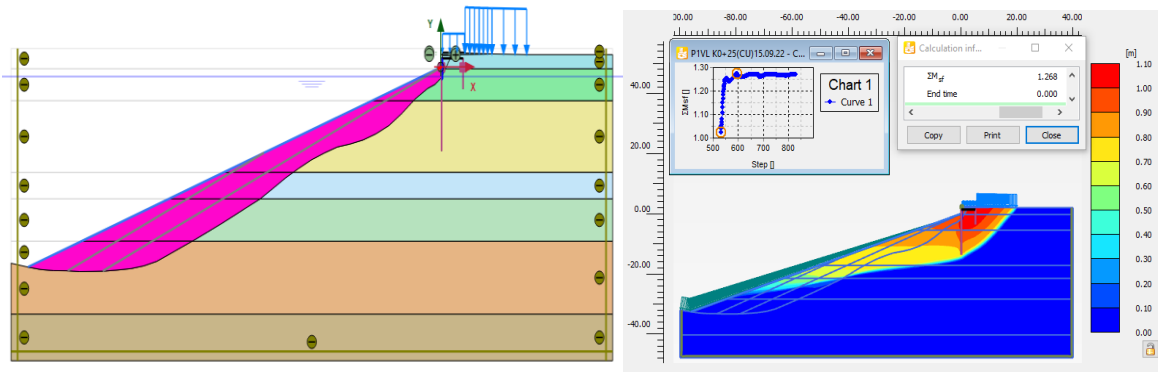
Thay các giá trị vào công thức trên ta được hệ số an toàn của công trình theo các tổ hợp tính toán như sau: (1) Tổ hợp 1: Công trình trong giai đoạn thi công:  $[K] = 1,09$ ; (2) Tổ hợp 2: Công trình trong giai đoạn vận hành bình thường:  $[K] = 1,15$ .

Hệ số an toàn của công trình cấp IV  $[FStc] = 1,20$  [11]

Trường hợp (TH) tính toán với mực nước tính toán:  $H_{90\%} = -1,57$  m; MC nguy hiểm nhất tại K0+100 (Hình 15); mực nước ngoài sông là mực nước kiệt nhỏ nhất cho cả 03 TH tính toán (với tải trọng hàng lang  $3,0 \text{ KN/m}^2$ , đường  $7,5 \text{ KN/m}^2$ , thi công  $10,0 \text{ KN/m}^2$ ): (1) TH 1: Mái công trình tự nhiên (hiện trạng); (2) TH 2: Gia cố mái công trình từ cao trình 0 với hệ số mái  $m = 2,5$ ; (3) TH 3: Gia cố mái công trình từ cao trình 0 với hệ số mái  $m = 3,0$ ; MC tính toán như Hình 16.



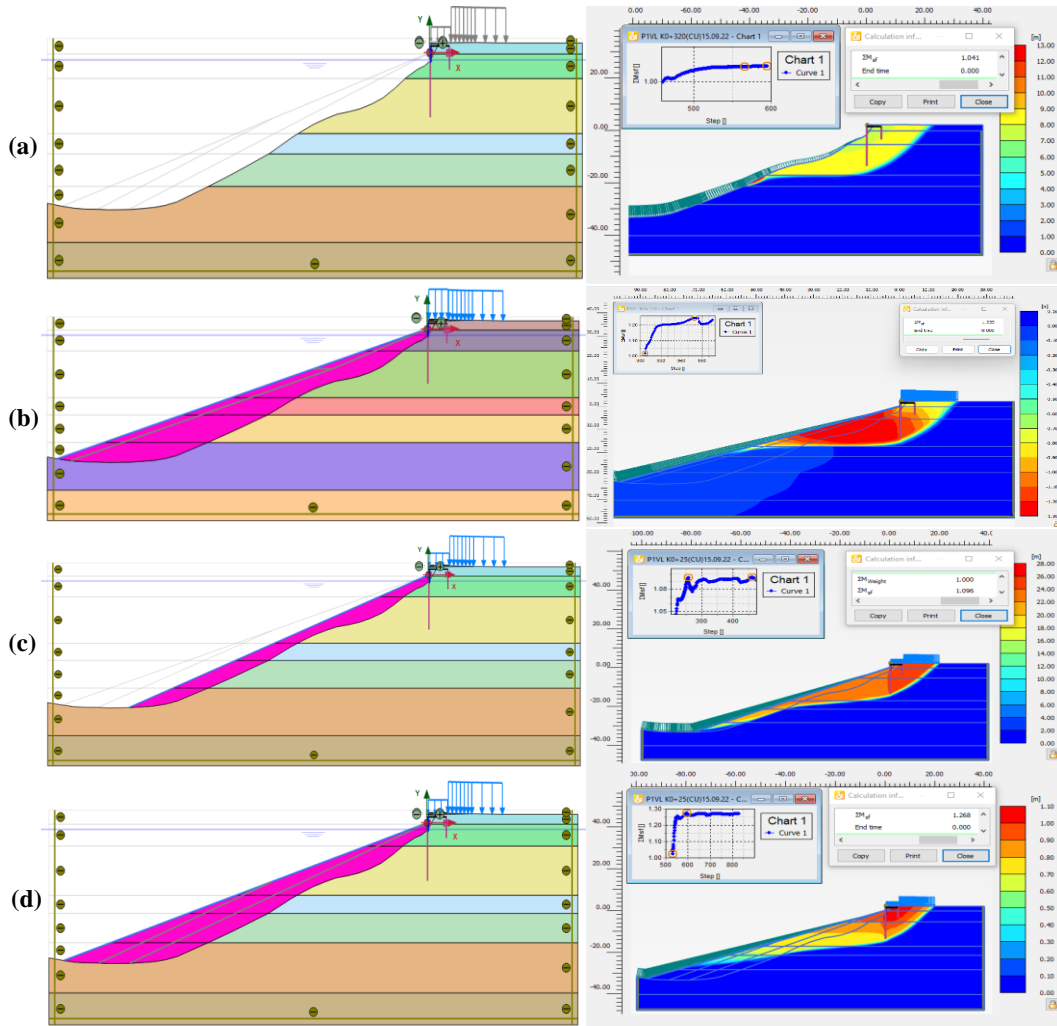
Hình 15. MC ngang tính toán K0+100.



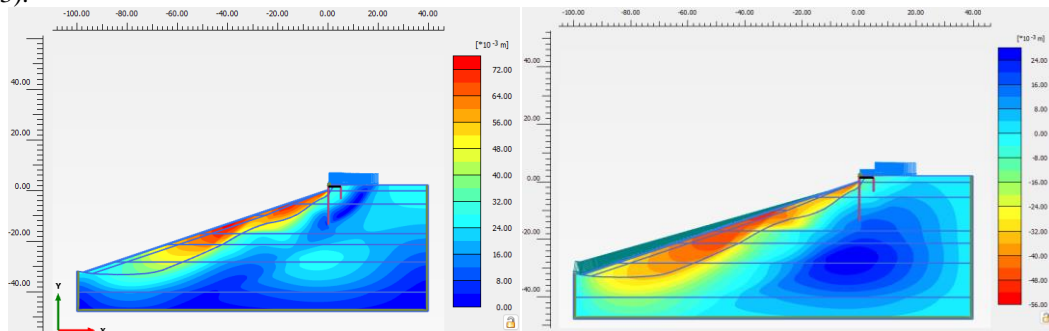
Hình 16. Mô hình và kết quả tính toán ổn định mái  $m = 3$ .

Kết luận: Phương án xử lý là phù hợp. TH tính toán: Mực nước tính toán:  $H_{90\%} = -1,57$  m; MC tính toán: MC nguy hiểm nhất (K0+100) để kiểm tra ổn định tổng thể [12]; Sử dụng mực nước ngoài sông là mực nước kiệt nhỏ nhất cho cả bốn TH tính toán [13].

Tải trọng tính toán gồm: Tải trọng hành lang:  $3,0 \text{ KN/m}^2$ ; Tải trọng người đi; Tải trọng đường:  $7,5 \text{ KN/m}^2$ ; Tải trọng xe trong quá trình vận hành; Tải trọng thi công:  $10,0 \text{ KN/m}^2$ ; các TH tính toán như sau: (a) TH 1: Mái công trình hiện trạng (tổ hợp vận hành); (b) TH 2: Gia cố mái công trình từ cao trình 0 với mái  $m = 2,5$  (tổ hợp vận hành); (c) TH 3: Gia cố mái công trình từ cao trình 0 với mái  $m = 3$  (tổ hợp thi công); (d) TH 4: Gia cố mái công trình từ cao trình 0 với mái  $m = 3$  (tổ hợp vận hành). Tính toán tổng thể được thể hiện trên hình 17. Kết quả chuyển vị tổng thể  $m = 3$  được thể hiện trên hình 18. Kết quả chuyển vị cục bộ TH 3 được thể hiện trên hình 19.

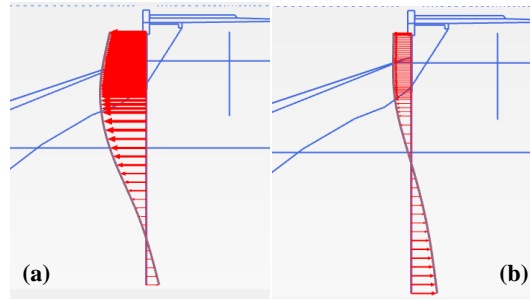


**Hình 17.** Mô hình tính toán và kết quả đánh giá ổn định 4 TH: (a) Mô hình tính toán (trái) và kết quả đánh giá ổn định (phải) TH 1 (Hiện trạng); (b) Mô hình tính toán (trái) và kết quả đánh giá ổn định (phải) TH 2 ( $m = 2,5$ ); (c) Mô hình tính toán (trái) và kết quả đánh giá ổn định (phải) TH 3, thi công ( $m = 3$ ); (d) Mô hình tính toán (trái) và kết quả đánh giá ổn định (phải) TH 4, vận hành ( $m = 3$ ).



**Hình 18.** Kết quả chuyển vị tổng thể  $m = 3$ , thi công (TH 3) (trái) và  $m = 3$ , vận hành (TH 4) (phải).





**Hình 19.** Kết quả chuyển vị cọc TH 3 (trái) và TH 4 (phải) [14].

Giá trị tính toán ổn định được tổng hợp cho các phương án xử lý theo bảng 1.

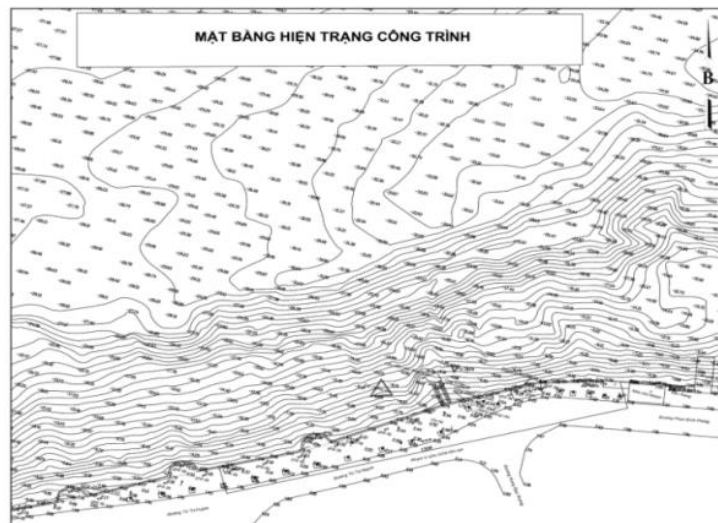
**Bảng 1.** Kết quả giá trị ổn định tính toán cho bốn TH [2].

Trường hợp	Giá trị tính toán	Giá trị cho phép	Kết luận
TH 1: Hiện trạng	1,041	1,20	Không đạt
TH 2: $m = 2,5$	1,096	1,20	Không đạt
TH 3: $m = 3,0$ (thi công)	1,235	1,15	Đạt
TH 4: $m = 3,0$ (vận hành)	1,268	1,20	Đạt
Chuyển vị cọc TH 3	2,580	5,00	Đạt
Chuyển vị cọc TH 4	1,390	5,00	Đạt

Sửa chữa, gia cố mái lòng sông theo hệ số mái dốc  $m = 3$  đảm bảo an toàn và điều kiện chuyển vị cọc trong phạm vi cho phép.

### 3.5. Đánh giá nguyên nhân gây mất ổn định

Phạm vi nghiên cứu nằm ở bờ lõm của đoạn sông cong, nên dòng chủ lưu áp sát bờ, vận tốc lớn nhất đạt tới trên 2 m/s. Dòng chảy lũ kết hợp với dòng chảy thủy triều (và có cả tác động của dòng chảy do ghe tàu đi lại) có vận tốc lớn hơn vận tốc không xói cho phép của lòng dẫn (theo tính toán chỉ đạt  $0,5 \div 0,7$  m/s), với thời gian xuất hiện vận tốc lớn khoảng 60% tổng thời gian tính toán [15]. Đây là lý do chính làm cho lòng dẫn bị bào mòn dần, lòng sông bị xói sâu, trở nên dốc hơn và đặc biệt là làm xói chân kè. Chân kè bị xói, làm cho khối đá học bảo vệ chân kè (xây dựng trước đây) mất ổn định, hạ thấp, dẫn đến “mất chân” và tẩm đan BTCT kẹp giữa các cọc bị tụt xuống, bình đồ lòng sông được trình bày trong Hình 20.



**Hình 20.** Bình đồ lòng sông khu vực nghiên cứu [2].



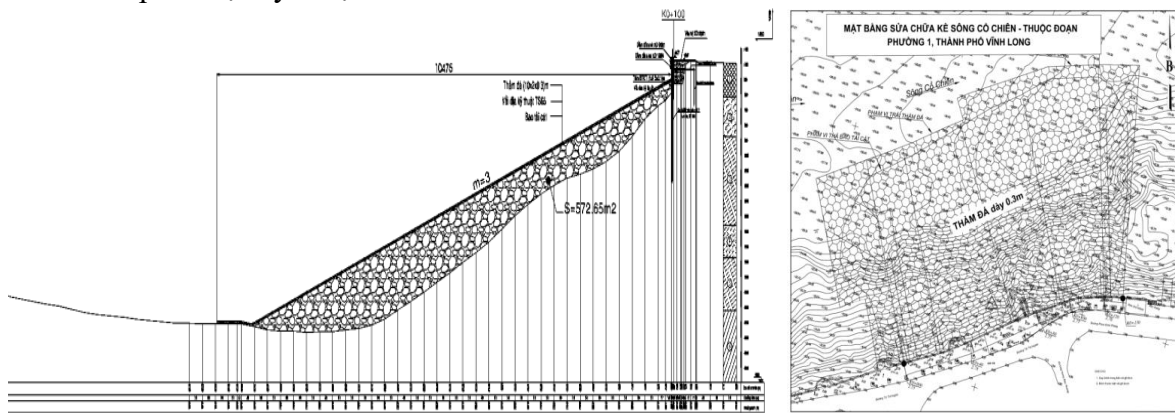
Hậu quả là dòng chảy do sóng, mưa, thủy triều làm cát đắp thân kè dịch chuyển ra ngoài sông, làm sụt lún hành lang đi bộ phía sau kè. Về lâu dài, nếu mái dốc lòng sông tiếp tục bị xói, sẽ gây mất ổn định tổng thể của kè (khi đó sẽ xuất hiện những cung trượt lớn), nguy cơ thiệt hại cho cơ sở hạ tầng rất lớn.

Cao trình vỉa hè của kè đã được nâng lên cao 0,50 m so với trước đây (từ cao trình +2,0 lên +2,5) làm gia tăng áp lực đứng và ngang lên bờ kè, góp phần gây sụt lún bờ kè.

### 3.6. Giải pháp kè sau khi sửa chữa sạt lở, sụt lún

Thân kè: Từ K0+50 ÷ K0+130 (80 m); đan BTCT M300 kích thước 20×10×15; chèn đan lên cọc chữ T đến cao trình -1,90 m; đắp cát cuốn vải địa từng lớp 0,5 m cho đến cao trình +2,0; đổ bê tông vỉa hè M150 dày 15 cm; lát đá hoa cương bề mặt vỉa hè.

Mái kè, chân kè: Từ K0+000 ÷ K0+130 (130 m); Từ cao trình +0,0, mái bờ sông được gia cố chống xói lở bằng bao tải cát, thảm đá 10,0×3,0×0,3 m với hệ số mái  $m = 3,0$ , bên dưới có lớp vải địa kỹ thuật.



Hình 21. Kết cấu kè sửa chữa (trái) và mặt bằng sau khi thảm rọ đá (phải) [2].

## 4. Kết luận và kiến nghị

### 4.1. Kết luận

Khai thác cát mở rộng diện tích mặt cắt ướt nhánh Cỏ Chiên, nổi còn thu hẹp diện tích mặt cắt ướt nhánh sông Tiên làm cho lưu lượng sau khi qua cầu Mỹ Thuận tập trung về nhánh Cỏ Chiên [16] khoảng 62%, nên lòng dẫn khu vực nghiên cứu rất sâu, cao trình từ -27,0 ÷ -37,0. Địa chất yếu, thế sông cong, dòng chủ lưu ép sát vào bờ với lưu tốc lớn nên xói mòn chân kè gây mất ổn định, nguy cơ sạt lở bờ sông khu vực kè ngày càng tăng.

Nhằm bảo vệ bờ sông, nghiên cứu đã đưa ra giải pháp sửa chữa kè theo kết cấu như đã trình bày ở mục 3.6 (Hình 21).

Phần kè tiếp giáp khu vực nghiên cứu về phía hạ lưu cũng mất ổn định tương tự (đã di dời hết các nhà hàng, kios... các sở ngành đã đi thực địa và thống nhất lập biên bản xác nhận mất ổn định chiều ngày 14/8/2023, làm cơ sở cho công bố tình trạng sạt lở khẩn cấp), Thủ tướng Phạm Minh Chính đã chấp thuận đầu tư, hiện đang xây dựng các thủ tục đầu tư.

### 4.2. Kiến nghị

- Điều chỉnh tỷ lệ phân lưu dòng chảy cho hai nhánh sông Tiên và sông Cỏ Chiên nhằm điều hòa lưu lượng, hạn chế sạt lở cho TP. Vĩnh Long.
- Nghiên cứu kè hướng dòng đưa dòng chủ lưu ra xa bờ sông phía Cỏ Chiên, đảm bảo ổn định bờ sông, bảo vệ TP. Vĩnh Long.
- Cần nhanh chóng xây dựng bản đồ dự báo sạt lở để chủ động phòng thiên tai, tránh thiệt hại tài sản và tin mạng nhân dân.

- Để đảm bảo ổn định an toàn cho toàn bộ công trình đề nghị có đánh giá xói lở tổng quan phân lưu sông Tiên, sông Cổ Chiên và đưa ra biện pháp phòng chống sạt lở phù hợp.
- Đề nghị Ủy ban Mê công Công can thiệp việc xây dựng các đập thủy điện ở thượng nguồn làm giảm hàm lượng chất lơ lửng gây hạ thấp lòng dẫn.

**Đóng góp của tác giả:** Xác định rõ các nguyên nhân gây xói chân kè, gây mất ổn định và đưa ra giải pháp công trình khắc phục sạt lở bờ sông Cổ Chiên - thuộc đoạn Phường 1, TP. Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ kết quả dự án: “Sửa chữa kè sông Cổ Chiên - thuộc đoạn Phường 1, TP. Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long” của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

**Lời cam đoan:** Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa từng được công bố, không sao chép các nghiên cứu trước đây.

### Tài liệu tham khảo

1. Dự án: “Đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên (Khu vực từ rạch Cái Cá đến rạch Bà Bống) tỉnh Vĩnh Long”. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2023.
2. Dự án: “Sửa chữa kè sông Cổ Chiên - thuộc đoạn Phường 1, TP. Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long”. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2023.
3. Hùng, L.M.; Sản, Đ.C. Xói lở bờ sông Cửu Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, TP. HCM, 2002.
4. Whitlow, R. Cơ học đất (Tập 1, 2). Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1999.
5. Tsugaev, R.R. Cơ sở tính toán các công trình thủy lợi bằng đất. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1971.
6. Hùng, L.M. và cs. Nghiên cứu dự báo xói lở-bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở ĐBSCL. Báo cáo đề tài cấp nhà nước KC.08.15, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2004.
7. Hùng, N.N. Giảm thiểu các tác động của biến đổi khí hậu lên vùng ĐBSCL thông qua sự tham gia của khối công tư trong ngành công nghiệp cát. Dự án WWF, 2022.
8. Kixêlep, P.G. và cs. Sổ tay tính toán thủy lực. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 1984, tr. 312.
9. Ân, C.N. Cơ học đất. NXB. Đại học Quốc gia TPHCM, 2004.
10. QCVN 04-05:2012/BNNPTNT. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia: Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế (Phụ lục B).
11. TCVN 9902:2016. Công trình Thủy lợi - Yêu cầu thiết kế đê sông (Bảng 2).
12. Lareal, P. và cs. Công trình trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam. Công trình hợp tác Việt - Pháp FST No 4282901, 1989.
13. TCVN 8419:2010. Công trình thủy lợi - Thiết kế công trình bảo vệ bờ sông để chống lũ.
14. Ân, C.N. Nền móng. NXB. Đại học Quốc gia TPHCM, 2002.
15. Hùng, L.M. Nghiên cứu ảnh hưởng hoạt động khai thác cát đến thay đổi lòng dẫn sông Cửu Long (sông Tiên, sông Hậu). Đề tài Độc lập cấp Nhà nước, mã số ĐTDL.2010-T/29, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2013.
16. Bộ Thủy lợi. Sổ tay Kỹ thuật Thủy lợi. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 1979.
17. TCVN 4253:2012. Công trình thủy lợi - Nền các công trình thủy công - Yêu cầu thiết kế.
18. Hậu, L.P. Động lực học dòng sông. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 1992.
19. Tú, L.X. Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiên Giang đến Sóc Trăng, đề tài KHCN độc lập cấp quốc gia, mã số: ĐTDL.CN-07/17, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2022.

20. Hậu, L.P. Nghiên cứu các giải pháp KHCN cho hệ thống công trình chỉnh trị sông trên các đoạn trọng điểm vùng đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ. Đề tài KC08-14/06-10, 2010.
21. Trục tuyến: <https://baotintuc.vn/tay-bac-tay-nguyen-tay-nam-bo/vi-sao-sat-lo-bo-song-o-dong-bang-song-cuu-long-gia-tang-bat-thuong-20200728183059777.htm>.

## **Construction solutions to cope with the mainstream close to the Co Chien river bank, Vinh Long City area**

**Van Huu Hue**<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Mien Tay Construction University, Vinh Long; huuhuevan@gmail.com

**Abstract:** In the Mekong Delta, riverbank instability leading to erosions occurs in many places with different causes, especially in the embankment of Co Chien river, the section through ward 1 of Vinh Long city, which is unstable due to the curved river morphology, the mainstream is close to the shore. The study conducted the survey, geological assessment, flow velocity, riverbed morphology, and riverbed map, thereby, identifying the causes of riverbank instability and proposing solutions for protection works. The study combined the use of survey methods, statistics, and mathematical models. The research results show that the main causes of riverbank instability are the mainstream close to the riverbank, the distributive rate of the flow, and the reduction of sediment from upstream. Since then, the study proposes a structural solution to promptly overcome the emergency erosion situation to protect the study area.

**Keywords:** The mainstream close to the riverbank; Stabilize Co Chien riverbank; Distributive flow; The embankment erosions.

*Bài báo khoa học*

## **Đánh giá rác thải nhựa, vi nhựa trong nước thải từ cộng đồng dân cư xả thải vào các sông Sài Gòn - Đồng Nai, đề xuất giải pháp xử lý đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững**

**Huỳnh Phú<sup>1\*</sup>, Huỳnh Thị Ngọc Hân<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Viện Khoa học ứng dụng HUTECH; Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh;  
h.phu@hutech.edu.vn

<sup>2</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; htnhan\_ctn@hcmunre.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: h.phu@hutech.edu.vn; Tel.: +84-966687548

Ban Biên tập nhận bài: 2/7/2022; Ngày phản biện xong: 21/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Nhựa là vật liệu đa năng, nhưng cách mà chúng ta đang sử dụng chúng vô cùng lãng phí. Nghiên cứu thực hiện khảo sát hiện trạng rác thải nhựa tại cộng đồng dân cư Thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh phụ cận, lấy ý kiến chuyên gia và khám phá sự hiện diện của vi nhựa trong các mẫu nước mặt Sài Gòn - Đồng Nai. Kết quả nghiên cứu cho thấy số hộ gia đình có thói quen tự tái chế lại để sử dụng chiếm 10%, bán phế liệu là 33% hộ và có đến 57% hộ có thói quen vứt bỏ rác thải nhựa. Nghiên cứu xác định nếu rác thải nhựa trở thành nguồn tài nguyên để sản xuất các sản phẩm tái chế sẽ mang đến cơ hội tạo thu nhập hàng trăm tỷ đồng mỗi tháng và đề xuất quy trình tái sản xuất lại rác thải nhựa phù hợp. Kết quả đánh giá SWOT giải pháp cho thấy có 5 điểm mạnh 3,38-4,75 điểm, có 7 điểm yếu đạt 3,35-3,77 điểm, 4 cơ hội với 4,08-4,4 điểm và 4 điểm nguy cơ 3,48-3,71 điểm. Kết quả đánh giá đề xuất giải pháp giảm thiểu rác thải nhựa phòng ngừa ô nhiễm vi nhựa mang lại ý nghĩa thiết thực và đóng vai trò phát triển bền vững.

**Từ khóa:** Rác thải nhựa; Nhựa tái chế; Tái sản xuất rác thải nhựa; Vi nhựa.

### **1. Mở đầu**

Nhựa đã làm thay đổi thế giới, đây là vật liệu “đa dụng” và chi phí thấp đã cứu sống hàng triệu người bằng cách ứng dụng cấu thành các công cụ, thiết bị vô trùng (kim tiêm, dây dẫn nước biển, lọ đựng thuốc,...) sử dụng một lần đến các trung tâm y tế hay giúp chứa đựng thực phẩm [1]. Nhu cầu nhựa tiếp tục phát triển do có nhiều ưu điểm, bao gồm khả năng chống xói mòn, độ bền, tiện lợi, đơn giản trong sản xuất và giá thành rẻ [2]. Rác thải nhựa được bắt nguồn từ các loại nhựa chủ đạo nói trên. Ví dụ, lĩnh vực bao bì tiêu thụ nhiều nhựa nhất được sản xuất và là nguồn nhựa thải chính [3]. Các sản phẩm bao bì nhựa đựng thực phẩm, đồ uống và dược phẩm thường chỉ được sử dụng một lần, góp phần tạo ra 61% rác thải trên các bãi biển toàn cầu [4-11].

Tại Việt Nam, các sản phẩm nhựa bao bì chiếm tỉ trọng lớn nhất (36%) [12-13]. Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM) có 1.800 tấn rác thải nhựa trên 9.000 tấn rác sinh hoạt phát sinh hằng ngày (chiếm tỉ lệ hơn 20%) [14]. Bình Dương xử lý chất thải sinh hoạt 2.500 tấn/ngày [15] và mỗi ngày Đồng Nai có hơn 2.000 tấn chất thải rắn sinh hoạt [16]. Tại Bà Rịa - Vũng Tàu, mỗi ngày trên địa bàn tỉnh phát sinh 1.320 tấn chất thải rắn [17]. Tại Tây Ninh, mỗi ngày cả tỉnh phát sinh 410 tấn chất thải rắn sinh hoạt [18].

Lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai hiện tại đang nhiễm vi nhựa do phát thải sản phẩm nhựa [19]. Các công bố gần đây cho thấy xuất hiện vi nhựa dạng mảnh, dạng sợi và hạt vi

nhựa từ kích thước 0,1-5 mm, có 228.120 sợi/m<sup>3</sup> nước đến nhiều nhất 715.124 sợi/m<sup>3</sup> nước và 11 đến 222 mảnh/m<sup>3</sup> nước.

Trong đó PE 51,2%, PP 27,1%, PVC 13,4% và 8,3% là các loại nhựa khác [9–10]. Vi nhựa trong các dòng nước thải của các nhà máy xử lý nước thải trong lưu vực đã được chứng minh [9–10]. Những thông tin này cho thấy cần phải có các giải pháp cấp thiết giải quyết vấn đề rác thải nhựa hiện nay và giảm thiểu phát sinh vi nhựa trong tương lai. Tái sản xuất lại là một lựa chọn đầy hứa hẹn để giảm nhu cầu về nguyên liệu thô mới và giảm chất thải tại các bãi chôn lấp [20]. Ngoài ra, tái chế chất thải bằng cách giảm thiểu ô nhiễm do khai thác

nguyên liệu sẽ bảo tồn năng lượng và thậm chí cung cấp việc làm trong nước [21]. Để giải quyết những hạn chế của các phương pháp trước đây, chẳng hạn như đốt và chôn lấp, một loạt các chiến lược quản lý nhựa sáng tạo đã được thiết lập, bao gồm các ứng dụng nhiệt phân, hóa lỏng và xây dựng kỹ thuật [22].

Việc xác định vi nhựa trong môi trường nước sông Sài Gòn - Đồng Nai nhằm khẳng định những nguy cơ mang tính “bền vững” của rác thải nhựa trong tương lai. Phân tích SWOT cho thấy được tiềm lực, lợi ích cốt lõi trong giải pháp tái chế chất thải nhựa, đồng thời thấy được những mặt hạn chế của giải pháp đề phòng tránh, cải thiện; từ đó giải quyết và hạn chế được vấn đề vi nhựa phát sinh từ rác thải nhựa vào môi trường. Mục đích của nghiên cứu này nhằm đánh giá sự xuất hiện của vi nhựa trong nước thải và rác thải nhựa từ cộng đồng dân cư trên lưu vực các sông Sài Gòn - Đồng Nai; đồng thời phân tích những lợi ích và hạn chế của từng phương án kỹ thuật quản lý vi nhựa và rác thải nhựa từ tài liệu và đề xuất những kỹ thuật mong muốn nhất có thể tiến đến giảm thiểu và đẩy mạnh phát triển bền vững.

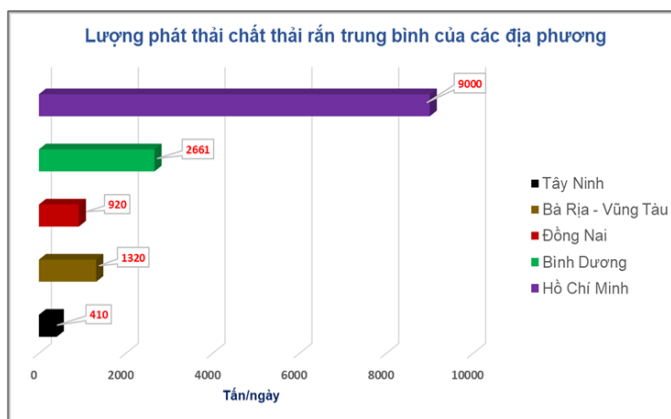
## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu, khảo sát điều tra

Nghiên cứu thực hiện khảo sát số liệu về hiện trạng rác thải nhựa của cộng đồng dân cư tại TP. HCM và 2 tỉnh lân cận là Đồng Nai, Bình Dương. Việc khảo sát điều tra về rác thải nhựa được thực hiện tại 400 hộ dân ngẫu nhiên trên địa bàn TP. HCM (200 hộ), Bình Dương (150 hộ) và Đồng Nai (50 hộ) nhằm xác định dữ liệu về loại mặt hàng nhựa thường dùng trong sinh hoạt gia đình, thói quen xử lý các hàng hóa nhựa không còn sử dụng của người dân qua: bán phế liệu, tận dụng cho mục đích khác trong gia đình, vứt bỏ thành rác thải nhựa.

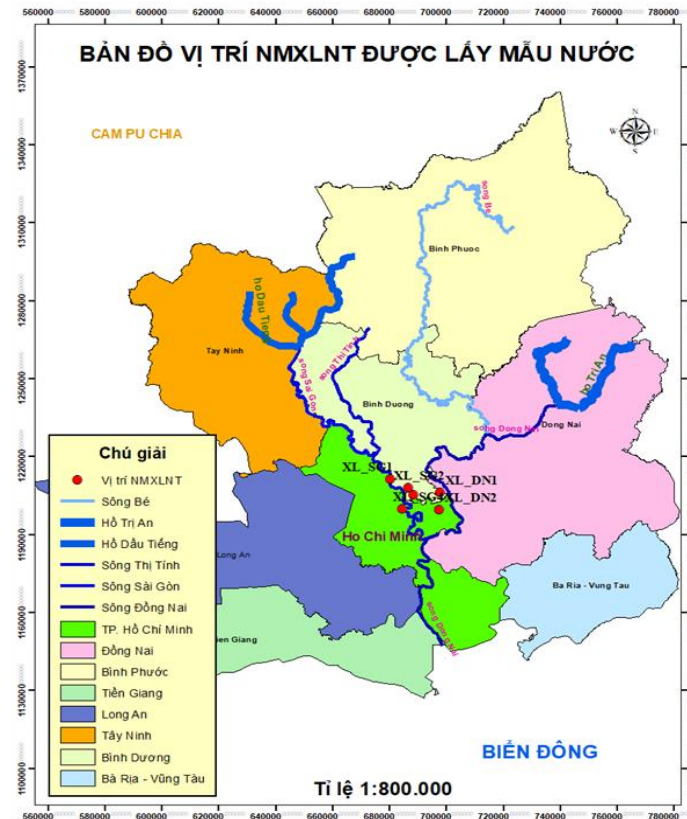
Thực hiện khảo sát online một số mô hình tái chế rác thải nhựa trên TP. HCM và một số tỉnh lân cận (Đồng Nai, Bình Dương, Long An), cụ thể:

- Công ty TNHH Huỳnh Phú: Sản xuất và thương mại hạt nhựa PVC mềm phục vụ cho bọc dây điện - cáp điện.
- Công ty TNHH Bình Dương: Chuyên lĩnh vực nhựa tái sinh, chậu bông, chậu hoa, công tắc, CB điện.
- Công ty nhựa Duy Tân: tái chế nhựa.
- Công ty Q.M.T-JT Plastic: Hạt nhựa tái sinh, tái chế PE, PA, ván nhựa, nhựa giả gỗ, linh kiện nhựa,...
- Công Ty Jin Sheng: Tái chế phế liệu.



Hình 1. Lượng rác thải nhựa hàng ngày tại: (TP Hồ Chí Minh, Bình Dương, Đồng Nai, Bà Rịa Vũng Tàu, Tây Ninh).





**Hình 2.** Vị trí lấy mẫu nước phân tích vi nhựa trên lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai.

### 2.2. Phương pháp lấy mẫu

Công tác lấy mẫu nước được thực hiện trong trong năm 2021-2022 vào mùa khô và mùa mưa tại vị trí cách cửa xả vào lưu vực nguồn tiếp nhận khoảng 20-50 m tùy theo điều kiện thực tế của các nhà máy nước thải: Dĩ An (XL\_DN1), Ba Bò (XL\_SG3) và Tham Lương - Bến Cát (XL\_SG4), Nam Bình Dương (XL\_SG1), VSIP1 (XL\_SG2) và Khu công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh (XL\_DN2). Các nhà máy này nằm ở khu vực gần hai sông Sài Gòn - Đồng Nai, nơi hợp lưu của 2 sông có khu vực dân cư đông đúc (Hình 2).

Phương pháp lấy mẫu sau đây được đề xuất để phù hợp hơn với điều kiện thực tế: i) Các mẫu nước được lấy ở những khu vực có môi trường đa dạng bằng lưới Neuston có kích thước mắt lưới là 500 micron (0,5 mm). Lưới được buộc vào thuyền lấy mẫu bằng dây thép. Đồng hồ đo lưu lượng được gắn bằng một cái móc lớn để đo vận tốc nước trong quá trình lấy mẫu. ii) Tại những vị trí chật hẹp tích tụ nhiều hạt vi nhựa do tác động của dòng chảy và thủy triều rút, Gầu có thiết kế đường kính đầu vào rộng được sử dụng để dễ dàng thu gom nước mặt (Mức nước ở độ sâu khoảng 30-50 cm dưới mặt nước). Mẫu nước bao gồm hạt vi nhựa, rác thô được sàng qua sàng inox 304 (kích thước < 5 mm, đường kính 300 mm). Mỗi vị trí lấy 2 mẫu. Lấy mẫu tần suất 6 tháng một lần vào mùa khô và mùa mưa trong năm. Ở Việt Nam, mùa mưa mùa khô từ tháng 5 đến tháng 12 và mùa khô từ tháng 1 đến tháng 4. Mỗi mẫu thu gom ít nhất 2 lít nước thải. Tất cả các mẫu đã được vận chuyển đến phòng thí nghiệm Nation Lab TP.HCM và Viện Môi trường và kinh tế tuần hoàn miền Nam.

### 2.3. Phương pháp đánh giá SWOT

Việc phân tích SWOT - Các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức là cơ sở cho phát triển chiến lược nhằm phát huy các ưu điểm, khắc phục nhược điểm, tận dụng cơ hội và vượt qua các thách thức [23]. Phân tích SWOT lấy thông tin từ các nguồn bên trong (điểm

ạnh và điểm yếu cụ thể) cũng như các lực lượng bên ngoài có thể có tác động không kiểm soát được đối với các quyết định (cơ hội và mối đe dọa).

Phương pháp này được sử dụng để đánh giá tiềm năng thu hồi tài nguyên từ rác thải nhựa, phương pháp trao đổi ý kiến với các chuyên gia trong lĩnh vực điều hành và quản lý, nghiên cứu về vi nhựa, rác thải nhựa và các mô hình tái chế nhựa, nghiên cứu áp dụng thang điểm từ 1 đến 5 để đánh giá cụ thể các yếu tố của điểm mạnh (*Strength*), điểm yếu (*Weakness*), cơ hội (*Opportunity*), đe dọa (*Threat*) như sau:

- Về đánh giá điểm mạnh: điểm cao nhất là 5 (thấp nhất là 1).
- Về đánh giá điểm yếu: yếu tố yếu nhất sẽ nhận điểm 5 (được hiểu là điểm âm).
- Về đánh giá cơ hội: khả thi nhất nhận điểm tối đa 5.
- Về đánh giá đe dọa: yếu tố gây thách thức nhất nhận điểm 5 tối đa (được hiểu là điểm âm).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Hiện trạng rác thải nhựa từ rác thải sinh hoạt

Kết quả nghiên cứu thực hiện khảo sát số liệu đã cho thấy rằng thói quen của người dân về sản phẩm nhựa không còn được sử dụng như sau:

- Tỷ lệ rất có thói quen tái sử dụng lại sản phẩm nhựa khá thấp, khoảng 10% và tỷ lệ nhóm hộ gia đình có thói quen bán phế liệu chiếm 33%. Nếu chỉ xét về lợi ích kinh tế, nhu cầu của việc tái sử dụng là lớn do tiết kiệm chi phí và sự tiện dụng cho nhiều mục đích khác nhau.

- Mật độ thói quen bỏ đi chiếm 57%. Nhóm này có thể có kinh tế tốt hạn chế sử dụng nhựa, hoặc ý thức cao trong việc bảo vệ sức khỏe và môi trường, sử dụng các sản phẩm cao cấp hơn nhựa. Họ sẽ sẵn sàng thay đổi sản phẩm nhựa nếu như giá không chênh lệch nhiều.

Tóm lại, cơ hội cho nguồn tài chính bền vững có thể tận dụng từ xu hướng vứt bỏ các sản phẩm nhựa ngày càng cao trong cộng đồng dân cư, góp phần hạn chế rác thải nhựa; mở rộng hơn cho các nhà máy sản xuất có liên quan lĩnh vực nhựa tại TPHCM và các tỉnh lân cận được thúc đẩy chuyển hóa từ kinh tế tuyến tính sang kinh tế tuần hoàn, mà trong đó, nhựa không bao giờ trở thành rác thải hay chất ô nhiễm. Mỗi cư dân tại Thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh lân cận gần như đều có sở hữu sản phẩm nhựa, thường là hộp đựng thực phẩm, túi nilon, ly nhựa, chén nhựa, ... Trong đó, thời gian dùng và thói quen đối với sản phẩm nhựa cũng rất khác nhau (Bảng 1).

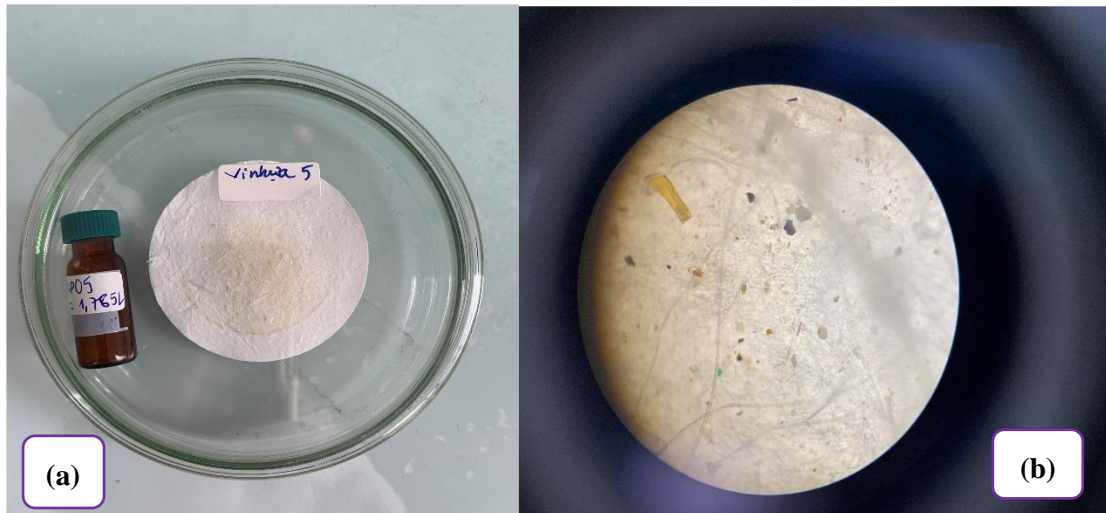
**Bảng 1.** Thời gian giữ để sử dụng các sản phẩm nhựa trong các hộ gia đình.

STT	Sản phẩm nhựa	Thời gian lưu trữ
1	Các chai lọ đựng xà phòng, chất tẩy rửa, vãn phòng phẩm, các vật dụng (ốp điện thoại nhựa)...	>6 tháng
2	Vật dụng trang trí nhà cửa, nội thất nhựa...	>1 năm
3	Sản phẩm nhựa đựng thực phẩm, túi nilon, ly tách nhựa...	<10 ngày

#### 3.2. Hiện trạng vi nhựa - sản phẩm phân hủy từ rác thải nhựa lớn đã tồn tại và xuất hiện trong nguồn nước sinh hoạt của cộng đồng dân cư

Kết quả nghiên cứu phát hiện sản phẩm phân rã từ rác thải nhựa, sản phẩm nhựa là hạt vi nhựa đã xuất hiện trong nguồn cấp nước từ sông Sài Gòn - Đồng Nai (Hình 3 và Hình 4).

Vi nhựa trong nước sông Sài Gòn - Đồng Nai qua các mẫu nước thu thập đã được xác định sự hiện diện. Kết quả nhận được cho thấy các vi nhựa có màu sắc, dạng khác nhau, ở dạng mảnh, sợi và hạt vi nhựa có kích thước từ 0,1-5 mm. Kết quả xác nhận về sự có mặt vi nhựa trong sông Sài Gòn - Đồng Nai đã minh chứng cho thấy rằng tình trạng ảnh hưởng đến môi trường nước cấp của rác thải nhựa từ cộng đồng dân cư ở các thành phố lớn quanh lưu vực sông là rất lớn và đã tồn tại trong nhiều năm.



**Hình 3.** Vi nhựa được phát hiện đã tồn tại trong nước sông Sài Gòn - Đồng Nai: (a) Mẫu nước chứa vi nhựa sau khi được lọc qua giấy lọc và làm khô; (b) Các hạt vi nhựa được phát hiện dưới kính hiển vi soi nổi.



**Hình 4.** Vi nhựa xuất hiện trong nước sông Sài Gòn - Đồng Nai.

Khi bị xả thẳng ra môi trường, rác thải nhựa sẽ liên tục phân mảnh, vỡ vụn thành hạt, sợi dễ dàng được dòng nước vận chuyển và phân tán đi khắp nơi. Nhựa được tạo ra từ sự kết hợp phức tạp của các chất hóa học, bao gồm các chất phụ gia giúp chúng có độ bền và tính linh hoạt. Cả nhựa và chất phụ gia hóa học đều tiềm ẩn nguy cơ độc hại. Đặc điểm của vi nhựa hoàn toàn giống với đặc điểm của rác thải nhựa bị phân rã ra chúng, vì vậy tác hại tiềm ẩn từ nhựa thông qua vi nhựa là không thể tránh khỏi. Tuy nhiên, vi nhựa với kích thước nhỏ, các hạt vi nhựa dễ dàng bị dòng nước cuốn trôi xuống cống rãnh và được đưa qua nhà máy xử lý nước thải. Các hệ thống xử lý nước thải hiện tại không được thiết kế để loại bỏ hoặc xử lý các vi nhựa này nên chúng gần như được đưa thẳng vào nguồn tiếp nhận. Điều đáng nói, hạt vi nhựa không chỉ xuất hiện từ các sản phẩm từ nhựa mà chúng đang ẩn dưới nhiều hình thức khác như vi nhựa trong các sản phẩm làm đẹp. Với đặc tính khó phân hủy, dễ hấp dẫn độc tố xung quanh, chúng bị nhiều loài sinh vật nhầm tưởng là thức ăn hoặc tích tụ trong tài nguyên cấp nước. Hạt vi nhựa tiếp tục vào dạ dày người theo chuỗi thức ăn và có thể mang đến các nguy cơ tiềm ẩn về sức khỏe [9].

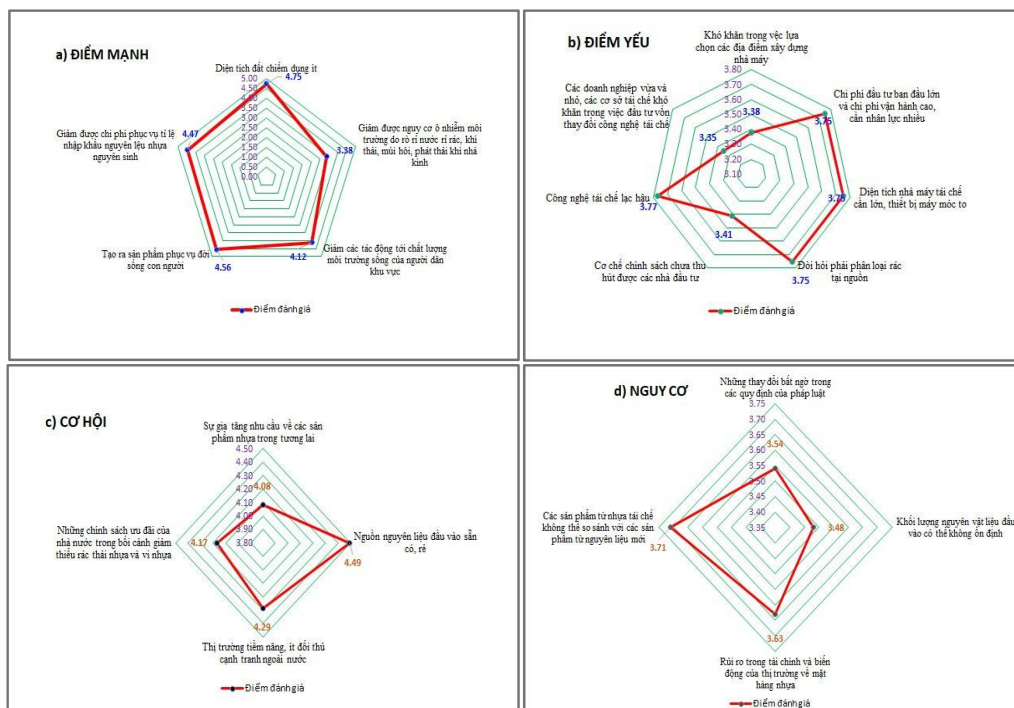
### 3.3. Kết quả SWOT về tiềm năng của hoạt động tái sản xuất các rác thải nhựa sinh hoạt nhằm giảm thiểu, phòng ngừa ô nhiễm vi nhựa

Kết quả phân tích đánh giá SWOT về tiềm năng của hoạt động tái chế chế rác thải nhựa sinh hoạt nhằm giảm thiểu rác thải nhựa, phòng ngừa ô nhiễm vi nhựa được trình bày trong Bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả đánh giá SWOT.

<p><b>Điểm mạnh:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Không cần chôn lấp, vận chuyển ngay đến nhà máy sau khi thu gom nên giảm diện tích đất, tiết kiệm tài nguyên;</li> <li>- Giảm được nguy cơ ô nhiễm môi trường do rò rỉ nước rỉ rác, khí thải, mùi hôi, phát thải khí nhà kính;</li> <li>- Giảm tác động xấu tới môi trường sống của người dân;</li> <li>- Tạo ra sản phẩm phục vụ đời sống con người;</li> <li>- Giảm được chi phí phục vụ, ít nhập khẩu nguyên liệu nguyên sinh.</li> </ul>	<p><b>Điểm yếu:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Khó khăn trong việc lựa chọn các địa điểm xây dựng;</li> <li>- Chi phí đầu tư ban đầu và vận hành cao, cần nhân lực nhiều;</li> <li>- Diện tích nhà máy tái chế, thiết bị máy móc to;</li> <li>- Phải phân loại rác tại nguồn;</li> <li>- Cơ chế chính sách chưa thu hút các nhà đầu tư;</li> <li>- Công nghệ chưa tiên tiến;</li> <li>- Các doanh nghiệp vừa và nhỏ khó khăn trong việc đầu tư vốn thay đổi công nghệ.</li> </ul>
<p><b>Cơ hội:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sự gia tăng nhu cầu về các sản phẩm;</li> <li>- Nguồn nguyên liệu đầu vào sẵn, rẻ;</li> <li>- Thị trường khá tiềm năng, phong phú, ít đối thủ cạnh tranh nước ngoài;</li> <li>- Chính sách ưu đãi của nhà nước.</li> </ul>	<p><b>Đe dọa, thách thức:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Những thay đổi bất ngờ trong các quy định của pháp luật;</li> <li>- Khối lượng nguyên vật liệu đầu vào có thể không ổn định;</li> <li>- Sự phụ thuộc vào công nghệ, hóa chất, thiết bị nhập khẩu từ nước ngoài;</li> <li>- Rủi ro trong tài chính và biến động của thị trường về mặt hàng nhựa.</li> <li>- Các sản phẩm từ nhựa tái chế không thể so sánh với các sản phẩm từ nguyên liệu mới.</li> </ul>

Thông qua các khảo sát ý kiến chuyên qua và đánh giá mức quan trọng trên thang điểm từ 1 đến 5 để đánh giá cụ thể các yếu tố của điểm mạnh (*Strength*), điểm yếu (*Weakness*), cơ hội (*Opportunity*), đe dọa (*Threat*), sơ đồ nhện trong Hình 5.



**Hình 5.** Biểu đồ mạng nhện Radar về đánh giá SWOT trong việc áp dụng tái chế rác thải nhựa: (a) Điểm mạnh; (b) Điểm yếu; (c) Cơ hội; (d) Nguy cơ thách thức.



Các biểu đồ mạng nhện Hình 5 cho thấy rằng các điểm mạnh và cơ hội của công tác tái chế rác thải nhựa tương đối ở mức cao, nhiều thuận lợi, trong đó chú ý yếu tố rác thải nhựa là nguồn nguyên liệu đầu vào là yếu tố trội cần phải được phát huy để việc áp dụng đạt hiệu quả trong mục tiêu giảm thiểu; đồng thời đây cũng là yếu tố gây ô nhiễm môi trường, phát sinh vi nhựa gây nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe con người và sinh vật. Theo báo cáo của Tổ chức Tài chính Quốc tế (IFC) và Ngân hàng Thế giới, ước tính Việt Nam đang lãng phí gần 3 tỷ USD mỗi năm vì không tái chế hết rác thải nhựa từ sinh hoạt. Với công suất xử lý khoảng 300 tấn rác thải sinh hoạt mỗi ngày, mỗi tháng, nhà máy xử lý rác thải sẽ thu về hơn 450 tấn hạt nhựa. Giá hạt nhựa khoảng 10 triệu đồng/tấn. Có thể thấy rác thải nhựa đem lại một số tiền không nhỏ. Tại Việt Nam, nguồn phế liệu nhựa thải ra lên tới 18.000 tấn/ngày, giá phế liệu lại thấp do đó giá thành cũng thấp hơn so với giá của nhựa nguyên sinh, kim ngạch xuất khẩu sản phẩm nhựa tăng trung bình 20%/năm [24–30]. Như vậy, nếu thực hiện tái chế tốt, rác thải nhựa có thể mang đến hàng trăm tỉ đồng mỗi tháng cho nền kinh tế khu vực (Bảng 3).

**Bảng 3.** Dự kiến lợi ích tài chính thu được từ việc tái chế rác thải nhựa.

TT	Địa phương	Rác thải sinh hoạt × 30 ngày (tấn/tháng)	Lượng sản phẩm hạt nhựa tái chế (tấn/tháng)	Giá hạt nhựa tái chế thị trường Việt Nam năm 2023 [25]	Lợi ích dự kiến thu được (tỉ đồng/tháng)
1	TP. HCM	270.000	13.500	10 - 50 triệu đồng/tấn	135 - 675
2	Bình Dương	79.830	3.991		39,91 - 199,55
3	Đồng Nai	27.600	1.380		13,8 - 69
4	Bà Rịa -Vũng Tàu	39.600	1.980		19,8 - 99
5	Tây Ninh	12.300	615		6,15 - 30,75

Cơ hội để các doanh nghiệp bao bì nhựa chuyển đổi công nghệ sang sản xuất các sản phẩm thân thiện với môi trường, cùng với đó là xu hướng sử dụng nhựa tái chế. Chi phí nguyên liệu nhựa chiếm tỷ trọng lớn (70-71%) trong cơ cấu chi phí của các doanh nghiệp ngành nhựa. Hiệp hội nhựa Việt Nam cho rằng, nếu sử dụng được nguồn nguyên liệu nhựa tái chế ở mức 35-50%/năm, các doanh nghiệp có thể giảm chi phí sản xuất hơn 15% [27–30]. Về vấn đề thách thức và rủi ro đe dọa cho hoạt động tái chế rác thải nhựa, cần chú ý và có biện pháp khắc phục, hạn chế các yếu tố: Công nghệ lạc hậu và các sản phẩm từ nhựa tái chế không thể so sánh với các sản phẩm từ nguyên liệu mới. Nhà máy tái chế nhựa hiện nay chưa phát triển mạnh, hoạt động chủ yếu ngoài khu chế xuất, khu công nghiệp, vùng ven. Hơn nữa, chúng đều có quy mô nhỏ, lẻ, công nghệ thô, chưa có năng lực tài chính đổi mới quy trình tái chế để đáp ứng mức chất thải phát sinh thực tế, vì vậy hiệu quả tái chế thấp, chất lượng thấp và phát thải gây ô nhiễm cho môi trường. Bên cạnh đó, ưu điểm các sản phẩm từ nhựa tái chế không thể so sánh với các sản phẩm từ nguyên liệu nhựa nguyên sinh. Vấn đề tác động từ các sản phẩm nhựa tái chế đối với sức khỏe vẫn còn là mối e ngại lớn đối với người tiêu dùng. Giải pháp đặt ra là tái chế rác thải nhựa cần gắn liền với phát triển công nghệ, đưa ra nhiều ý tưởng thiết kế cho sản phẩm từ nhựa tái chế hơn, kinh tế số và cách mạng công nghiệp 4.0. Công nghệ mới sẽ giúp việc thực hiện tái chế rác thải nhựa hiệu quả, giảm thải ô nhiễm, bảo tồn thiên nhiên và đa dạng sinh học, tránh khai thác quá mức tài nguyên; đồng thời, tạo được cơ hội việc làm mới, các sản phẩm “sạch” hơn,



**Hình 6.** Biểu đồ dự kiến lợi ích kinh tế trung bình thu được từ tái chế chất thải tại các khu vực.



giải quyết mùi hôi nhựa tái chế, đạt an toàn sử dụng và đảm bảo mục tiêu giảm thiểu rác thải nhựa và vi nhựa trong tương lai.

### 3.4. Đề xuất giải pháp giảm thiểu rác thải nhựa, phòng ngừa ô nhiễm vi nhựa và phát triển bền vững

Nhựa tái chế là quá trình chuyển đổi các sản phẩm nhựa đã qua sử dụng thành nguyên liệu mới phục vụ cho các mục đích khác. Có nhiều giải pháp tái chế rác thải nhựa nhằm mục đích giảm thiểu tác động của ngành nhựa đến môi trường và tạo ra giá trị kinh tế từ chính sản phẩm tái chế.

i) Giải pháp tái chế nhiệt: Đây là công nghệ nhiệt phân trong môi trường yếm khí. Rác nhựa được đốt nóng ở nhiệt độ cao nhất định, các kết cấu nhựa bị rã thành khí. Khí này được làm lạnh và ngưng tụ thành chất lỏng. Các thành phần rắn được kết tinh là than chất lượng cao (gọi là than bán cốc). Mô hình này là quá trình nhiệt phân hủy để chuyển đổi rác thải nhựa thành dầu diesel. Các hạt nhựa được đặt trong một khoang có nhiệt độ cao, bị nung chảy và chuyển hóa thành dầu diesel. Quá trình này có thể đạt được lợi thế tài chính và môi trường tốt hơn so với việc thải bỏ. Một ưu việt nữa của công nghệ này là hệ thống lò nhiệt phân không thải ra môi trường bất kỳ chất độc hại nào, nên được gọi là công nghệ sạch, thân thiện môi trường.

ii) Giải pháp tái sử dụng: Tập trung vào việc chế tạo ra sản phẩm mới. Ví dụ như đồ trang trí hoặc các sản phẩm khác như bình nước, túi xách...

iii) Giải pháp tái chế bởi các công nghệ thu hồi (cơ - hóa, nhiệt, khí) và tạo ra các sản phẩm như hạt nhựa nguyên liệu. Hiện nay nhiều doanh nghiệp đã áp dụng ý tưởng này, giúp giảm lượng rác thải nhựa như: Q.M.T-JT Plastic, Duy Tân, Jin Sheng.

Việc tái sản xuất lại sẽ làm giảm lượng rác thải nhựa cần xử lý, giảm áp lực đối với nhựa nguyên sinh, giảm tiêu thụ năng lượng và giảm phát thải các khí và hóa chất độc trong sản xuất. Công việc tái chế hay tái sử dụng sẽ đóng góp vào việc giảm được chi phí đầu vào và giảm được giá thành phẩm ở đầu ra của ngành nhựa là rất lớn. Thay vì cần một diện tích lớn, chi phí đất đai cao để chôn lấp, hay phải đầu tư chi phí xây dựng lò đốt rác với vật liệu chịu nhiệt giá thành cao, nguyên liệu đốt, rác thải nhựa được xử lý hiệu quả là khi tỷ lệ tái chế ở mức cao nhất nhằm thúc đẩy kinh tế bền vững, tuần hoàn, không bị vứt bỏ ra môi trường và giảm thiểu tác động ô nhiễm môi trường. Lợi ích kinh tế của doanh nghiệp phụ thuộc hoàn toàn vào khả năng phân loại, khả năng làm chủ công nghệ, và ý tưởng biến rác thải trở thành thứ có ích và có giá trị kinh tế cao hơn. Thị trường về các sản phẩm từ nhựa tái chế rất rộng, đa dạng công dụng, màu sắc hay thiết kế, có thể phục vụ cho nhiều nhóm nhu cầu và mục đích sử dụng: tái chế rác thải nhựa thành chậu để trồng cây, dùng vỏ chai nhựa để bảo vệ ống kính máy ảnh, dụng cụ làm vườn, vật dụng trang trí, lát mặt đường...

Tái chế chất thải nhựa mang lại nhiều lợi ích to lớn. Lợi ích đầu tiên là tiết kiệm năng lượng, giúp tiết kiệm tài nguyên không thể tái tạo là dầu mỏ; giải quyết hàng loạt các vấn đề việc làm, môi trường, chuyển hướng khối lượng lớn rác ra khỏi các bãi chôn lấp và quản lý chất thải như một nguồn tài nguyên có giá trị, loại bỏ nguyên nhân lớn nhất phát sinh vi nhựa. Ngành công nghiệp này còn tạo ra các cơ hội thị trường nhằm tăng đầu tư từ khu vực tư nhân và giảm các nguồn vốn công. Biến rác nhựa thành nguyên liệu cho các nhà máy trong thời hội nhập sẽ mang lại nhiều đầu tư tài chính cho thị trường, giảm khí nhà kính từ các ngành công nghiệp như xi măng, sắt thép và ngành điện tại các quốc gia trên thế giới đang phải tiêu thụ một lượng than khổng lồ và phát thải trên 30% lượng CO<sub>2</sub> trên toàn thế giới. Rác thải nhựa không thể tái chế sẽ được sử dụng làm nguyên liệu đầu vào cho các nhà máy bằng phương pháp đồng xử lý, cắt giảm được lượng than tiêu thụ nhờ thu hồi năng lượng từ việc đốt rác thải nhựa không thể tái chế. Hiệu quả năng lượng sẽ cao hơn nhiều so với các nhà máy chuyển đổi rác thải thành năng lượng thông thường, không làm phát sinh các chất tồn dư, trong khi đó, phát thải khí nhà kính sẽ giảm đáng kể so với hình thức chôn lấp và đốt.

Trên cơ sở các kết quả phân tích hiện trạng rác nhựa và vi nhựa tại TP. HCM và các tỉnh lân cận trên các sông Sài Gòn - Đồng Nai, nghiên cứu đề xuất mô hình tái chế rác thải nhựa nhằm giảm thiểu, phòng ngừa ô nhiễm vi nhựa và phát triển bền vững. Quy trình này còn tối ưu đối với các loại nhựa chính đối với rác thải nhựa trong sinh hoạt của người dân: PET- Polyethylene Terephthalate, HDPE- Polyethylene mật độ cao, PVC- Polyvinyl Clorua và LDPE- Polyethylene mật độ thấp (Hình 7).

Bước 1: Thu gom rác nhựa và đưa đến các nhà máy: Sử dụng mạng lưới thu gom rác nhựa thông qua những người nhặt rác, người thu gom, đại lý và các doanh nghiệp tái chế, rác thải nhựa này được thu gom và đưa đến các cơ sở để tiếp tục phân loại xử lý. Bước đầu tiên của quy trình tái chế rác thải nhựa là việc thu gom các sản phẩm đã được sử dụng từ cá nhân, doanh nghiệp và các tổ chức. Việc này có thể thực hiện bởi tổ chức hoặc các công ty chuyên thu gom rác thải. Ngoài ra còn một cách làm khác đơn giản hơn là người dân tự đem đến điểm thu gom. Các điểm thu gom có thể là các thùng rác tái chế hoặc cơ sở thu gom địa phương.

Bước 2: Phân loại nhựa trước khi tái chế.

Việc phân loại các loại nhựa khác nhau xảy ra dựa trên: Màu sắc, loại và mã. Phân loại giúp xác định và loại bỏ các chất khác nhựa. Quá trình này có thể sử dụng phương pháp thủ công các máy móc được thiết kế đặc biệt. Hơn thế nữa, phần cần tái chế còn được sắp xếp theo màu sắc, độ dày và công năng. Hiện nay, tại Việt Nam thì vẫn phổ biến với việc phân loại bằng tay và mắt. Phân loại bằng máy kỹ thuật quan học ở các nhà máy tái chế cao cấp thì việc sắp xếp nhựa có màu và độ dày giống nhau thì dễ dàng và nhanh chóng hơn. Các máy quang học thường đặt ở đầu vào và nhanh chóng phân loại khi dây chuyền đi qua các mắt đọc.

Bước 3: Xay - Băm - Nghiền

Sau khi nhựa có thể tái chế đã được phân loại, chúng sẽ đi qua máy cắt nhỏ. Máy này nghiền và cắt nhựa thành những mảnh nhỏ. Sau khi trải qua quá trình băm nhỏ, nhựa nặng hơn và nhẹ hơn được tách ra bằng máy móc được thiết kế đặc biệt. Sự tách biệt này giúp tách biệt các loại nhựa khác nhau. Xay băm nghiền nhỏ các rác thải nhựa để việc nấu tái chế lại một cách dễ dàng hơn. Khi mà rác thải nhựa được xay nhuyễn thành các miếng nhỏ giúp việc nung nóng chúng dễ dàng hơn. Các sản phẩm từ nhựa hoặc nhựa cần được xử lý sẽ được đổ vào các máy nghiền. Máy nghiền sẽ thực hiện khâu băm xay thành từng miếng nhỏ. Các miếng nhỏ này sẽ được phân loại dựa theo tính chất và chất lượng có thể tái sử dụng. Nếu chất lượng tốt thì sẽ được trực tiếp đặc cách tái chế nhựa phế thải. Việc tách nghiền nhựa thành từng miếng nhỏ còn giúp loại bỏ các sản phẩm không tinh khiết trong quá trình sàng lọc. Cách này rất hữu hiệu khi lọc các phế phẩm như sắt. Vì rửa sạch vẫn không thể tách các tạp chất phế thải sắt ra khỏi nhựa hoàn toàn. Khi qua các máy băm có nam châm hút sắt sẽ giảm thiểu đi đáng kể.

Bước 4: Rửa sạch

Quá trình phân loại và cắt nhỏ đảm bảo rằng các loại nhựa chính xác đang được xử lý và phân loại cùng nhau để xử lý tiếp. Sau khi tách hoàn toàn, mảnh hoặc khối sau đó được rửa kỹ bằng chất tẩy rửa để loại bỏ chất nhiễm bẩn còn lại. Sau quá trình làm sạch, các mảnh nhựa được sấy khô ở nhiệt độ vừa phải. Việc rửa sạch các chất cặn bã và làm sạch các rác thải nhựa là một yếu tố quan trọng. Tại quy trình này quyết định gần như 80% chất lượng hạt nhựa phế thải. Vì các tạp chất có thể ảnh hưởng trực tiếp đến khâu sản xuất nhựa tái chế nên cần phân loại kỹ lưỡng các tạp chất có thể có trên rác thải. Có 5 tạp chất phổ biến trong rác thải nhựa được xác định là: Tem nhãn của sản phẩm còn sót lại trên rác thải, keo hoặc hồ dán, chất bẩn như bùn, đất và cát, thức ăn thừa, các động vật. Đến bước này các rác thải cũng như nhựa đều được rửa nhưng vẫn không thể đảm bảo được 100% tinh khiết trước khi đến quá trình nghiền và cán.

Bước 5: Làm tan chảy

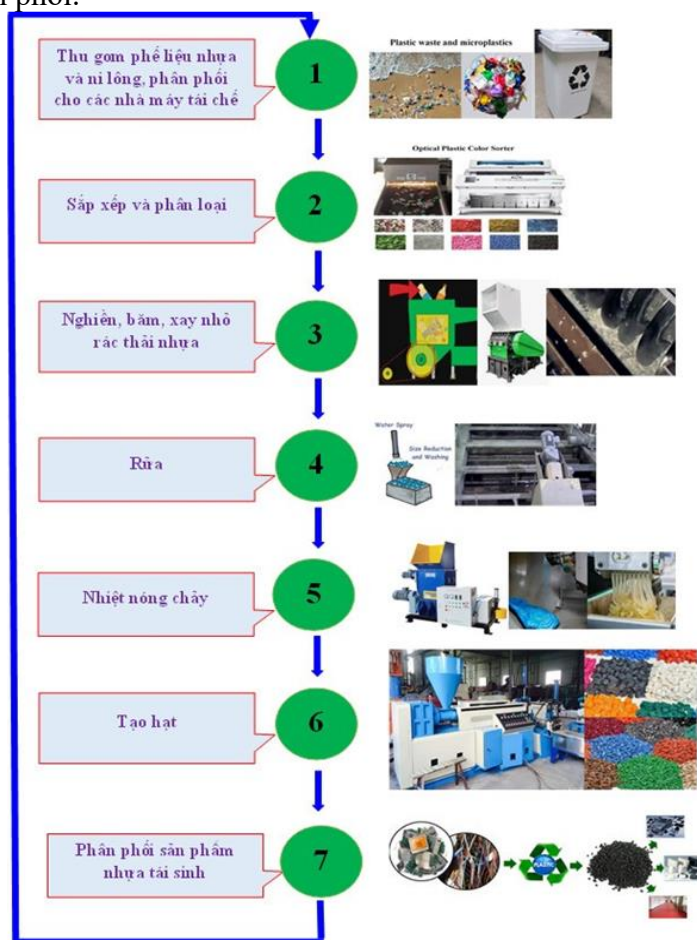
Sau khi sấy khô, các mảnh nhựa được nấu chảy bởi nhiệt độ quy định. Việc điều chỉnh nhiệt độ đảm bảo rằng nhựa bị nóng chảy mà không bị phá hủy. Khi nóng chảy, các loại nhựa này được ép đùn và thay đổi kích thước để được xử lý thành dạng hạt, sau đó sẽ được nén thành dạng viên.

**Bước 6: Tạo viên**

Kiểm tra các hạt nhựa đã được nghiền và phân loại theo chất lượng. Đầu tiên sẽ được sắp xếp theo tỉ trọng bằng cách cho các hạt phế thải nổi trên mặt nước, sau đó phân tích bằng khí, tìm ra được độ dày của các hạt phế phẩm. Sau đó các hạt sẽ được đóng thành bao cho khâu sản xuất đồ tái chế. Các hạt nhựa được nghiền nát có thể chuyển đổi thành những sản phẩm có thể dùng được, các hạt đã qua xử lý được nén thành các viên nhỏ. Viên nén cũng cho phép lưu các loại nhựa tương tự dựa trên màu sắc với việc phân phối dễ dàng.

**Bước 7: Phân phối sản phẩm**

Các sản phẩm sau khi tái chế thành sản phẩm mới sẽ được đưa đến khách hàng thông qua các kênh phân phối.



**Hình 7.** Quy trình tái chế rác thải nhựa sinh hoạt.

**4. Kết luận**

Ngành nhựa phát triển nhanh và là một trong những ngành đã và đang có những đóng góp không hề nhỏ vào nền kinh tế nước nhà. Kết quả khảo sát, điều tra hiện trạng rác thải nhựa từ rác thải sinh hoạt của cộng đồng dân cư tại TP. HCM và các tỉnh lân cận; đồng thời xác định được vi nhựa đã xuất hiện trong nguồn nước cấp từ sông Sài Gòn - Đồng Nai đã cho thấy cần phải có giải pháp thúc đẩy mạnh mẽ hơn mục tiêu giảm thiểu rác thải nhựa, vi nhựa từ chất thải sinh hoạt trong khu vực. Nghiên cứu đã đề xuất quy trình tái chế tiêu biểu cho rác thải nhựa sinh hoạt. Kết quả SWOT cho hoạt động tái chế rác thải nhựa cho thấy tiềm lực nguồn nguyên liệu đầu vào là rất lớn, cần phát huy ở khâu thu gom, phân loại triệt để và

hiệu quả hơn. Đồng thời, giải pháp tái chế cần gắn liền với phát triển công nghệ kỹ thuật số và cách mạng công nghiệp 4.0, đưa ra nhiều ý tưởng trong thiết kế sản phẩm tái chế, đảm bảo an toàn trong sử dụng.

Tuy nhiên, giải pháp tái chế rác thải nhựa mà nghiên cứu đưa ra chỉ mới giải quyết được các loại rác thải nhựa có thể tái chế được, vòng đời tái chế tiếp theo của các sản phẩm nhựa tái chế không phải là vô hạn. Cần phát triển mở rộng hơn trong giải pháp giảm thiểu chất thải nhựa và vi nhựa là chuyển đổi nền kinh tế tuyến tính sang nền kinh tế tuần hoàn, trong đó, bên cạnh rác thải nhựa áp dụng quy trình tái chế thì các loại rác thải nhựa còn lại có thể chuyển hóa thành năng lượng, nhiên liệu cho các nhà máy hoặc tái sử dụng cho chính các nhà máy tái chế. Đây là giải pháp lý tưởng cho vấn đề xử lý rác thải nhựa thành điện năng, giúp giảm thiểu diện tích chôn lấp và giảm phát thải khí nhà kính tiến đến phát triển bền vững.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.P., H.T.N.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.P., H.T.N.H.; Phân tích mẫu: H.P., H.T.N.H.; Lấy mẫu: H.T.N.H.; Viết bản thảo bài báo: H.P.; H.T.N.H.; Chỉnh sửa bài báo: H.P., H.T.N.H.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu Vi nhựa trong nước mặt và trầm tích sông Sài Gòn - Đồng Nai, của Viện Phát triển Công nghệ Môi trường và Tài nguyên nước Phú Mỹ.

**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. Sharuddin, S.D.A.; Abnisa, F.; Daud, W.M.A.W.; Aroua, M.K. A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Convers. Manage.* **2016**, *115*, 308–326.
2. Pan, D.; Su, F.; Liu, C.; Guo, Z. Research progress for plastic waste management and manufacture of value-added products. *Adv. Compos. Hybrid Mater.* **2020**, *3*, 443–461.
3. Facts, P. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data; Technical Report; Plastic Europe, 2019. Available online: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf> (accessed on March, 2023).
4. Brooks, A.L.; Wang, S.; Jambeck, J.R. The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Sci. Adv.* **2018**, *4*(6), 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>.
5. WHO. Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide. World Health Organization. <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protectiveequipment-endangering-health-workers-worldwide> (accessed on March, 2023).
6. Yudell, M.; Roberts, D.; DeSalle, R.; Tishkoff, S. NIH must confront the use of race in science. *Science* **2020**, *369*(6509), 1314–1315. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABD9925>.
7. La, V.P. et al. Policy response, social media and science journalism for the sustainability of the public health system amid the COVID-19 outbreak: The vietnam lessons. *Sustainability* **2020**, *12*(7), 2931. <https://doi.org/10.3390/su12072931>.
8. Peng, Y.; Wu, P.; Schartup, A.T.; Zhang, Y. Plastic waste release caused by COVID-19 and its fate in the global ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2021**, *118*(47), e2111530118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111530118>.
9. Phu, H.; Han, H.T.N.; Thao, N.L.N.T. Plastic waste, microplastics in the Saigon - Dong Nai river basin, the risk of impacts on the health of people. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *736*(1), 14–27. doi:10.36335/VNJHM.2022(736(1)).14-27.

10. Phu, H.; Han, H.T.N.; Thao, N.L.N.; Dong, D.V.; Han, T.G. Study on the level of microplastic pollution in water and sediments of Saigon–Dong Nai river. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 69–81. Doi:10.36335/VNJHM.2021(731).69-81, 2021.
11. Phu, H.; Han, H.T.N.; Thao, N.L.N.; Ha, T.T.M. Microplastics and solutions to remove microplastics in wastewater from wastewater treatment plants in the Saigon–Dong Nai river basin, Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *13*, 1–13. doi:10.36335/VNJHM.2022(13).1-13, 2022.
12. Jambeck, J.R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T.R.; Perryman, M.; Andrady, A. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* **2015**, *347(6223)*, 768–771. Doi:10.1126/science.1260352.
13. Nhựa và Sức khỏe (PHA) và FHI 360. Báo cáo Hội thảo “Tác động sức khỏe của chất thải nhựa - Các khuyến nghị chính sách và can thiệp ở Việt Nam”. Dự án “Giảm ô nhiễm rác thải nhựa với các giải pháp địa phương” (LSPP) do Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) tài trợ. Hà Nội, Việt Nam, 2022.
14. Sở Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh. Báo cáo quan trắc chất lượng môi trường nước kênh, rạch ngoại thành 6 tháng đầu năm 2022 của Trung tâm Quan trắc tài nguyên môi trường, 2022.
15. Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Dương. Báo cáo quan trắc chất lượng môi trường nước kênh, rạch ngoại thành 6 tháng đầu năm 2022 của Trung tâm Quan trắc tài nguyên môi trường, 2022.
16. Sở Tài nguyên và Môi trường Đồng Nai. Nâng ý thức người dân trong bảo vệ môi trường, 2022. Trục tuyến: <https://www.dongnai.gov.vn/Pages/newsdetail2.aspx?NewsId=28153&CatId=125> (truy cập ngày 20/02/2023).
17. Sở Tài nguyên và Môi trường Bà Rịa - Vũng Tàu. BR-VT, tỷ lệ thu gom chất thải rắn sinh hoạt đạt 84%. 2022. Trục tuyến: <https://bariavungtau.gov.vn/sphere/baria/vungtau/page/print.cpx?uuiid=5b9092bf5256891b87b7e9ab> (truy cập ngày 20/02/2023).
18. Sở Tài nguyên và Môi trường Tây Ninh. Tây Ninh: Tăng cường quản lý chất thải rắn, 2022. Trục tuyến: <https://sotntt.tayninh.gov.vn/thong-tin-tuyen-truyen/tay-ninh-tang-cuong-quan-ly-chat-thai-ran-2480.html> (truy cập ngày 20/02/2023).
19. Vollmer, I.; Jenks, M.J.F.; Roelands, M.C.P.; White, R.J.; van Harmelen, T.; de Wild, P.; van Der Laan, G.P.; Meirer, F.; Keurentjes, J.T.F.; Weckhuysen, B.M. Beyond mechanical recycling: Giving new life to plastic waste. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 15402–15423.
20. Lahens, L.; Strady, E.; Thuy, K.L.C.; Dris, R.; Boukerma, K.; Rinnert, E.; Gasperi, J.; Tassin, B. Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity. *Environ Pollut.* **2018**, *236*, 661–671. Doi:10.1016/j.envpol.2018.02.005.
21. Psomopoulos, C.S.; Bourka, A.; Themelis, N.J. Waste-to-energy: A review of the status and benefits in USA. *Waste Manag.* **2009**, *29*, 1718–1724.
22. Zhang, F.; Zhao, Y.; Wang, D.; Yan, M.; Zhang, J.; Zhang, P.; Ding, T.; Chen, L.; Chen, C. Current technologies for plastic waste treatment: A review. *J. Clean. Prod.* **2021**, *282*, 124523.
23. Will Kenton. SWOT Analysis. 2022. Online available: <https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp> (accessed on March, 2023).
24. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Hồ sơ rác thải nhựa đại dương, 2020.
25. IANFA. Bảng báo giá tổng hợp hạt nhựa tái sinh 4/2023, 2023. Trục tuyến: <https://ianfa.vn> (truy cập ngày 20/02/2023).



26. VIA. Việt Nam nhập khẩu nguyên liệu nhựa từ hơn 30 thị trường, 2022. Trực tuyến: <http://vsi.gov.vn/vn/tin-cong-nghiep-ho-tro/viet-nam-nhap-khau-nguyen-lieu-nhua-tu-hon-30-thi-truong--c7id1661.html#> (accessed on March, 2023).
27. VIRAC. Tổng quan tình hình xuất khẩu sản phẩm nhựa trong 8 tháng đầu năm 2022, 2022. Trực tuyến: <https://viracresearch.com/tong-quan-tinh-hinh-xuat-khau-san-pham-nhua-trong-8-thang-dau-nam-2022/> (accessed on March, 2023).
28. VPA. Nhập khẩu chất dẻo nguyên liệu PE, PET giảm, PP, PVC tăng, 2022. Trực tuyến: <https://vpas.vn/thong-tin/thong-tin-xuat-nhap-khau/nhap-khau-chat-deo-nguyen-lieu-pe-pet-giam-pppvc-tang.html> (accessed on March, 2023).
29. Will Kenton. SWOT Analysis, 2022. Trực tuyến: <https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp> (accessed on March, 2023).
30. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2018, 2018. Online available: <https://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf> (accessed on March, 2023).

## **Assessing plastic and microplastic waste in wastewater from residential communities discharged into the Saigon - Dong Nai river basin, proposing treatment solutions to ensure sustainable development goals**

<sup>1</sup> HUTECH University, HUTECH Institute of Applied Sciences, Ho Chi Minh City, Vietnam; [h.phu@hutech.edu.vn](mailto:h.phu@hutech.edu.vn)

<sup>2</sup> Hochiminh City University of Natural Resources and Environment, Ho Chi Minh City, Vietnam; [htnhan\\_ctn@hcmunre.edu.vn](mailto:htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn)

**Abstract:** Plastics are versatile materials, but the way we are using them is extremely wasteful. The study conducted a survey on the current status of plastic waste in the residential community of Ho Chi Minh City and neighboring provinces, consulted experts and discovered the presence of microplastics in surface water samples of Saigon - Dong Nai. Research results have shown that 10% of households have the habit of self-recycling for their own use, 33% of households sell scrap and up to 57% of households have the habit of disposing of plastic waste. The study has determined that if plastic waste becomes a resource for the production of recycled products, it will provide an opportunity to generate hundreds of billions of dong per month and propose an appropriate process for recycling plastic waste. In addition, the solution SWOT assessment results also showed that there are 5 strengths of 3.38-4.75 points, 7 weaknesses with 3.35-3.77 points, 4 opportunities with 4.08-4.4 points and 4 risk points 3.48-3.71 points. The evaluation results suggest solutions to reduce plastic waste to prevent microplastic pollution, bringing practical meaning and playing a role in sustainable development.

**Keywords:** Microplastics; Plastic waste; Plastic waste recycling; Recycled plastic products.

Bài báo khoa học

## Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn

Nguyễn Đình Hải<sup>1</sup>, Nguyễn Gia Trọng<sup>2,3\*</sup>, Cao Hoàng Trường<sup>1</sup>, Phạm Ngọc Quang<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, Quân chủng Hải quân;  
hthhaithem@gmail.com, hoangtruongutm@gmail.com

<sup>2</sup> Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất;  
nguyengiatrong@humg.edu.vn; phamngocquang@humg.edu.vn

<sup>3</sup> Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

\*Tác giả liên hệ: nguyengiatrong@humg.edu.vn; Tel.: +84-963124980

Ban Biên tập nhận bài: 5/7/2023; Ngày phản biện xong: 22/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Bản đồ địa hình đáy biển là công cụ hết sức cần thiết trong quản lý tài nguyên cũng như trong khảo sát và nghiên cứu biển. Bản đồ địa hình đáy biển có thể được thành lập dưới dạng bản đồ 2 chiều (2D) hoặc bản đồ 3 chiều (3D). Cho đến nay, đa phần bản đồ địa hình đáy biển đã được thành lập là bản đồ ở dạng 2D. Mô hình hoặc bản đồ 3D địa hình đáy biển có ý nghĩa quan trọng trong nhiều lĩnh vực như lắp đặt công trình trên biển, khảo cổ học và đặc biệt quan trọng trong dẫn đường trên biển cho lực lượng hải quân. Bài báo này giới thiệu phương pháp thành lập và phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn. Mô hình đã xây dựng cho phép người sử dụng theo dõi một cách trực quan ở dạng 3 chiều bản đồ địa hình đáy biển. Kết quả thực nghiệm tại một khu vực tại Phan Rí tỉnh Bình Thuận cho thấy sai số trung phương xác định độ sâu của mô hình 3D đã được thành lập là  $\pm 0,379\text{m}$ , tương đương xấp xỉ 1% giá trị độ sâu của khu vực thực nghiệm hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình đáy biển theo quy định.

**Từ khóa:** Đo sâu hồi âm đa tia; Thủy âm quét sườn; Mô hình 3D; Địa hình đáy biển.

### 1. Mở đầu

Mô hình 3D địa hình đáy biển có nhiều ứng dụng khác nhau như các ứng dụng trong hải dương học và địa chất biển, giám sát môi trường biển, trong xây dựng cơ sở hạ tầng hàng hải, lắp cáp và đường ống, khảo cổ học trên biển, quản lý đới bờ, dẫn đường cho các phương tiện trên biển bao gồm các phương tiện dân sự và quân sự. Đặc biệt, mô hình 3D địa hình đáy biển có ý nghĩa lớn trong dẫn đường các phương tiện trong lực lượng hải quân. Xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển gặp nhiều khó khăn hơn so với thành lập mô hình 3D trên đất liền do không thể quan sát trực tiếp địa hình bằng mắt thường và một số vấn đề liên quan đến chất đáy hoặc các nguồn nhiễu đối với công tác đo sâu như sự phản xạ tín hiệu do các đàn cá ... Khi thành lập bản đồ/ mô hình 3D trên đất liền có thể sử dụng các phương pháp như quét laser mặt đất, UAV, Lidar ... hoặc kết hợp các phương pháp nêu trên khi thu thập dữ liệu đầu vào. Đối với mô hình 3D địa hình đáy biển, công nghệ để thu thập dữ liệu đầu vào có thể sử dụng đơn lẻ hoặc kết hợp các phương pháp như đo sâu hồi âm đơn tia, đo sâu hồi âm đa tia, phương pháp thủy âm quét sườn.

Trên thế giới, khi thành lập bản đồ 3D cho các ứng dụng khác nhau đối với phần trên cạn, công nghệ máy bay không người lái được sử dụng một cách phổ biến [1]. Việc sử dụng

công nghệ UAV cho phép tiết kiệm thời gian đo đạc ngoài thực địa, độ chính xác đồng nhất. Nhược điểm của công nghệ này đó là không thu nhận được dữ liệu tại những nơi bị che khuất với chiều cao thấp.

Dựa trên dữ liệu vệ tinh WorldView-3, nghiên cứu [2] đã lập được bản đồ 3D các rặng san hô với độ chính xác xác định độ cao đạt ở mức 1m. Ưu điểm của phương pháp sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh trong xác định độ sâu đó là cho phép rút ngắn thời gian thu nhận dữ liệu do đặc điểm của các vệt quét lớn. Tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm đó là hiện tại mới chỉ xác định được cho những khu vực có độ sâu nhỏ và nước cần có độ trong nhất định.

Bên cạnh các phương pháp như đã giới thiệu trước đó, để thành lập bản đồ 3 chiều dưới nước có thể sử dụng công nghệ chụp ảnh lập thể [3] với ba bước quan trọng đó là: (1) lựa chọn quỹ đạo chụp ảnh; (2) định vị quỹ đạo và (3) kết hợp các quỹ đạo khác nhau để tạo ảnh lập thể trên cơ sở ứng dụng phép lọc Kalman.

Tác giả [4] đã nghiên cứu chi tiết về các cảm biến thu nhận dữ liệu cũng như các phương pháp thành lập bản đồ 3D khảo cổ dưới nước. Theo đó, các đặc điểm như độ sâu, độ đục, nhiệt độ ... ảnh hưởng đến việc lựa chọn cảm biến. Đối với những vùng nước có độ sâu lớn hơn 50 m cần sử dụng rô bốt chụp ảnh quang học trong khi những vùng nước nông hơn có thể lựa chọn công nghệ Lidar hoặc chụp ảnh hàng không nếu độ đục trong giới hạn cho phép.

Đã có nhiều công bố về ứng dụng các loại công nghệ thu nhận dữ liệu khác nhau thành lập mô hình 3D, bản đồ 3D tại Việt Nam.

Tác giả [5] đã ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất để thành lập cơ sở dữ liệu của các đối tượng công trình xây dựng tại trường Đại học Xây dựng với kết quả là cơ sở dữ liệu quản lý trên nền GIS. Với mục tiêu xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý công trình trong khu vực khai thác mỏ hầm lò, tác giả [6] đã sử dụng máy Faro FOCUS3D để tiến hành thu nhận dữ liệu với độ chính xác đo khoảng cách 6 mm đến 14 mm trong khoảng cách đo tương ứng từ 50 đến 150m. Bên cạnh các nghiên cứu trên, máy quét Hokuyo UTM LX30 cũng đã được khảo sát, đánh giá tính năng trong thành lập mô hình 3D các đối tượng công trình xây dựng [7-8].

Những năm gần đây, công nghệ UAV được ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam trong thành lập bản đồ 2D, 3D, mô hình 3D của các đối tượng trên cạn. Nhà bát giác - chùa Láng đã được xây dựng mô hình 3D sử dụng thiết bị Swinglet-CAM [9]; thiết bị InSpire 1 đã được sử dụng để thành lập mô hình 3D cho các đối tượng thực nghiệm nhỏ tại Ba Vì - Hà Nội [10].

Để khắc phục nhược điểm một số đối tượng không thể thu nhận thông tin bằng thiết bị UAV, một số tác giả đã tích hợp máy quét laser mặt đất với thiết bị UAV để thành lập mô hình 3D của các đối tượng [11-13].

Mô hình 3D (hoặc bản đồ 3D) cần thiết cho rất nhiều các ứng dụng khác nhau như phục vụ cho xe lái tự động [14] cũng như đưa ra quyết định về các giải pháp tổ chức giao thông đô thị [15]. Mô hình 3D cũng đã được tích hợp với công nghệ GIS để xây dựng và quản lý thông tin của thành phố Quảng Trị [16], trong quản lý biên giới [17] cũng như giám sát thảm họa như ô nhiễm môi trường [18].

Với dữ liệu đầu vào thu thập bằng các công nghệ như UAV, quét laser mặt đất ... có nhiều phương pháp khác nhau để xây dựng mô hình 3D như sử dụng các phần mềm GIS [19-20], sử dụng ngôn ngữ tiêu chuẩn Citygym và phần mềm mã nguồn mở [21] hoặc dựa trên công cụ 3DcityDB, CityGML trên nền tảng web [22].

Do đặc thù về điều kiện thu nhận dữ liệu, đơn vị thu nhận dữ liệu mà số lượng công bố về xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển hết sức hạn chế. Ưu điểm của dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia đó là cho phép xác định một cách chính xác bề mặt địa hình đáy biển do thu nhận được tập hợp số điểm đo sâu lớn trong khu vực khảo sát. Công nghệ thủy âm quét sườn cho phép thu nhận hình ảnh hai chiều của các đối tượng một cách rõ nét nhưng có nhược điểm không gắn với yếu tố độ sâu. Trong nghiên cứu này, các tác giả nghiên cứu phương pháp và quy trình xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu

thủy âm quét sườn. Việc kết hợp hai loại dữ liệu nêu trên cho phép phát huy tối đa ưu điểm của các công nghệ để thu nhận được mô hình 3D địa hình đáy biển một cách chính xác nhất.

Khu vực thực nghiệm trong nghiên cứu này là khu vực biển Phan Rí - Bình Thuận do đặc điểm biến đổi mạnh của địa hình đáy biển từ đó mô hình 3D địa hình đáy biển được xây dựng được thể hiện một cách rõ nét.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu về khu vực và dữ liệu thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm trong bài báo này đó là khu vực biển Phan Rí, tỉnh Bình Thuận (Hình 1).

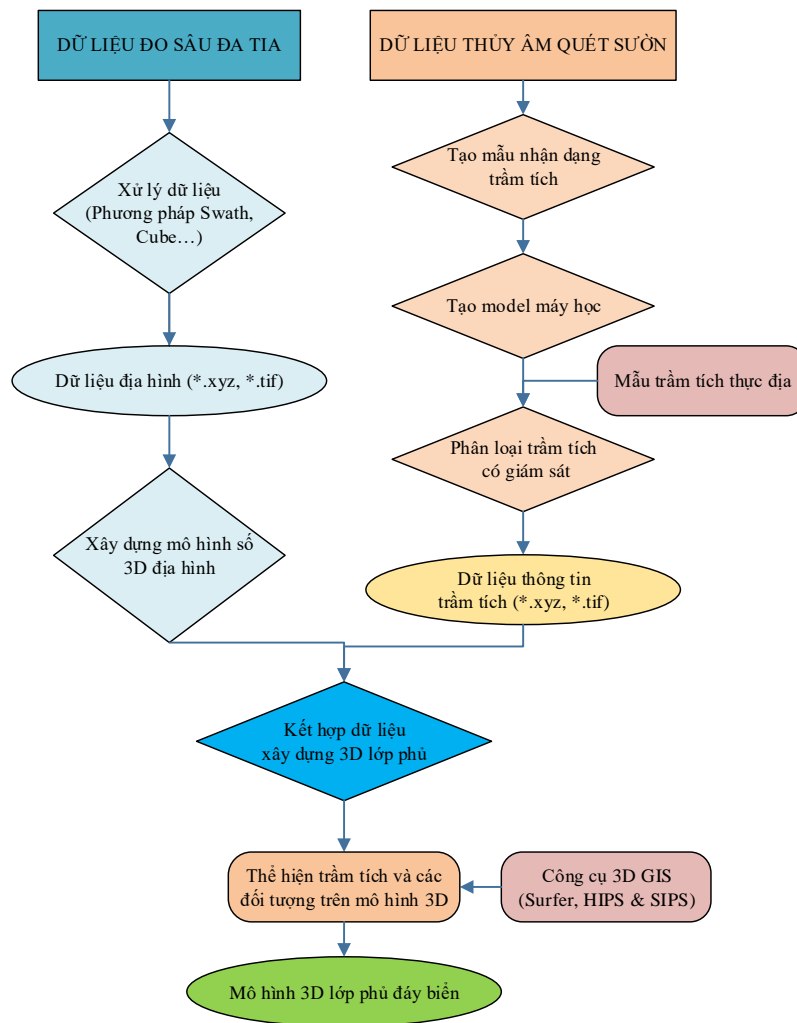


**Hình 1.** Khu vực thử nghiệm tại Phan Rí - Bình Thuận.

Trong hình 1, khu vực thử nghiệm là vùng được bao bằng hình ô vuông màu đỏ. Dữ liệu thực nghiệm bao gồm dữ liệu đo sâu đa tia, dữ liệu thủy âm quét sườn được thu nhận tại thực địa bởi Đoàn Đo đạc, biên vẽ hải đồ và nghiên cứu biển.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu, xây dựng trực quan mô hình 3D địa hình đáy biển được thể hiện như trong hình 2.



**Hình 2.** Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển.

Từ dữ liệu đo sâu đa tia ở dạng 3 thành phần tọa độ của các điểm đo sâu, tiến hành tạo lưới dạng mắt lưới ô vuông để từ đó xây dựng được bản đồ đường bình độ cũng như tạo bề mặt 3D. Trong đó, độ sâu của các điểm sử dụng để xây dựng mô hình được quy chiếu theo chuẩn độ sâu của hải đồ.

Quá trình xử lý dữ liệu thủy âm quét sườn cho phép thu nhận được các thông tin của các đối tượng cũng như nhận dạng trầm tích đáy trên cơ sở kết hợp với kết quả lấy mẫu tại thực địa. Trong công đoạn này, phương pháp học máy được ứng dụng để nâng cao hiệu quả của quá trình xử lý. Từ bộ mẫu dữ liệu trầm tích thu thập, sử dụng các thuật toán hỗ trợ phân loại. Hiện có nhiều có nhiều thuật toán khác nhau được ứng dụng trong việc phân loại hình ảnh. Các thuật toán này được chia thành hai nhóm chính là Học có giám sát (*supervised learning*) và Học không giám sát (*unsupervised learning*). Để tối ưu hóa việc lưu trữ và quản lý thông tin trầm tích thì cần chuyển đổi ảnh phân loại về dạng vector.

Quá trình kết hợp dữ liệu tiến hành gộp các loại dữ liệu khác nhau thành một bộ dữ liệu đầu vào duy nhất. Trên cơ sở đó, tiến hành trích xuất ra bộ dữ liệu các điểm đo sâu theo nguyên tắc tại mỗi điểm có giá trị độ sâu đơn trị để từ đó làm cơ sở xây dựng các mô hình. Cũng như nhiều hoạt động và phân tích không gian trong GIS, có sự khác biệt trong cách bản đồ lớp phủ được thực hiện giữa 2 loại dữ liệu: raster và vector. Trong lớp phủ mô hình 3D, việc sử dụng dữ liệu dạng vector tốn nhiều thời gian, phức tạp về mặt tính toán. Trong khi đó, các hệ thống dựa trên dữ liệu dạng raster thì ngược lại, nhanh chóng, đơn giản và hiệu quả. Khi thể hiện các đối tượng trên mô hình 3D cần thực hiện theo các bước như: (1) xây dựng kết cấu hạt trầm tích; (2) Tăng cường hiệu ứng hình ảnh; (3) Tạo và pha trộn thực vật

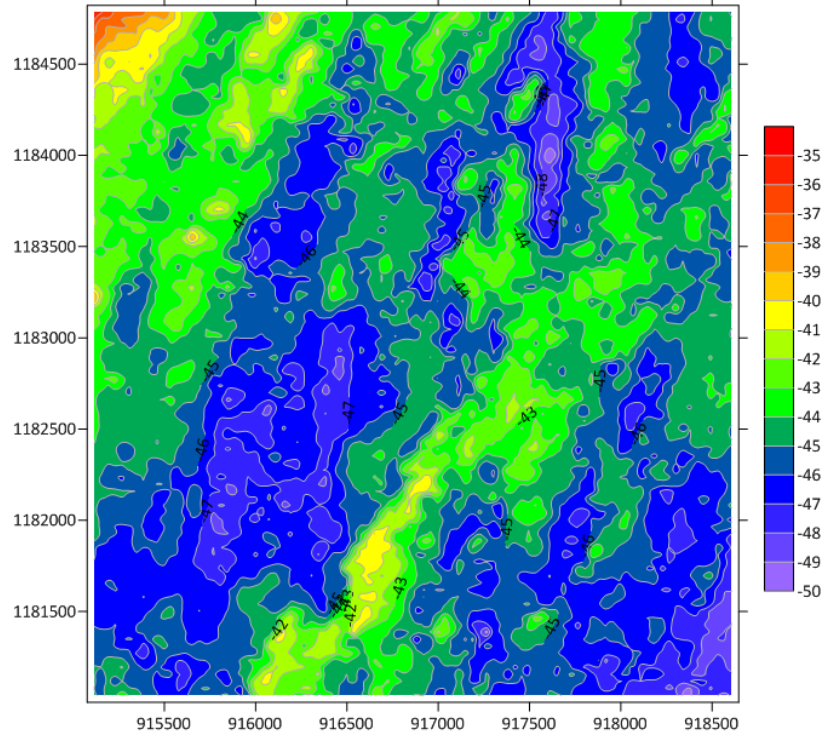


thủy sinh và (4) mô phỏng môi trường dưới nước. Quá trình thể hiện các đối tượng nêu trên được thực hiện thông qua công cụ GIS như Surfer, HIPS & SIPS.

Để khẳng định tính đúng đắn của phương pháp đã đề xuất và kết quả thu nhận được, đánh giá độ chính xác kết quả thực nghiệm cần phải được thực hiện.

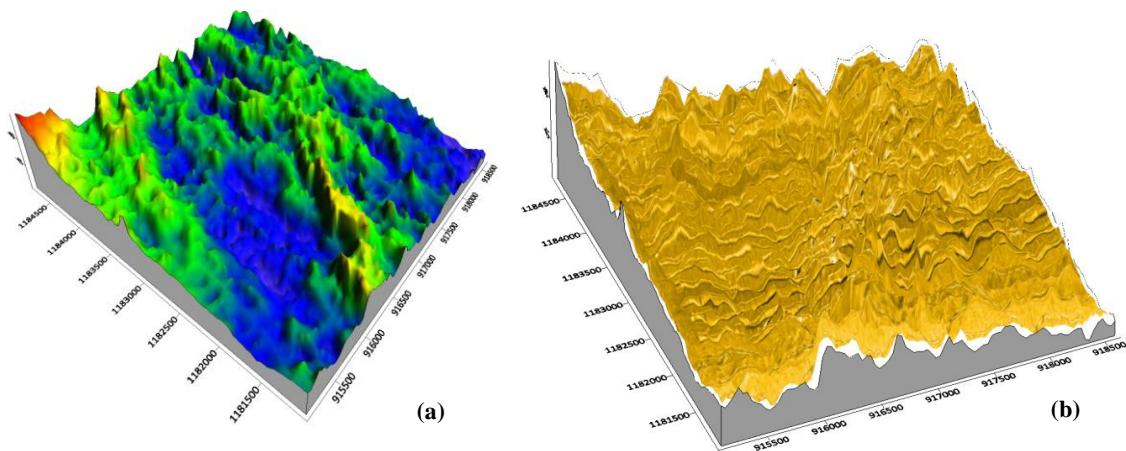
### 3. Kết quả và thảo luận

Từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia, sử dụng phần mềm Surfer [23], xây dựng được bình đồ độ sâu như hình 3.



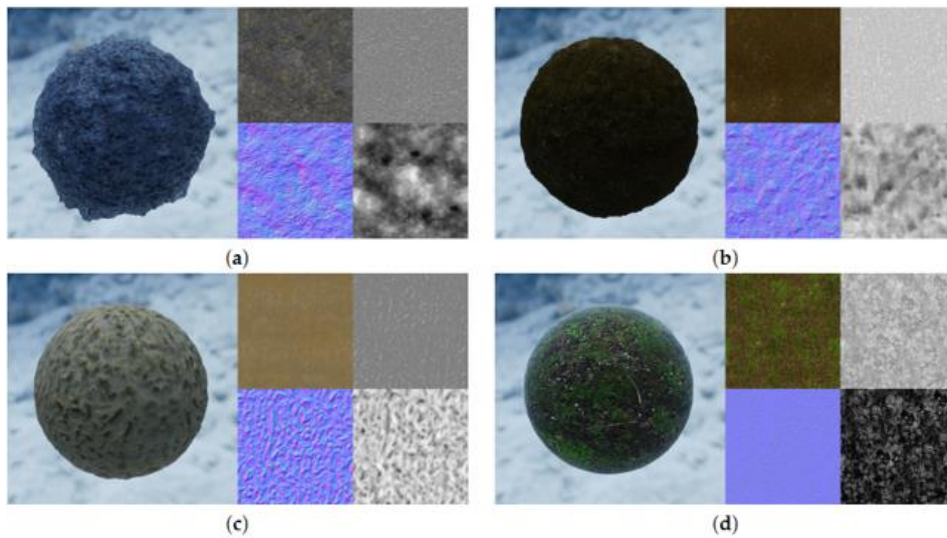
**Hình 3.** Bình đồ độ sâu khu vực thực nghiệm.

Mô hình 3D bề mặt thành lập được từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn như trong hình 4.



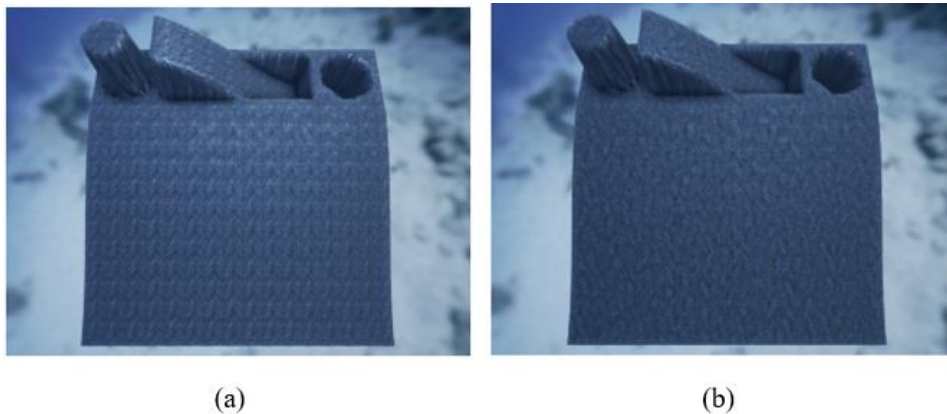
**Hình 4.** (a) Mô hình 3D bề mặt từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia; (b) Thủy âm quét sườn.

Đối với mỗi loại chất đáy, kết cấu hạt trầm tích có đặc điểm về hình ảnh và màu sắc khác nhau. Đây là cơ sở để xây dựng thông tin về trầm tích. Hình ảnh đặc trưng của một số loại trầm tích được cho như trong hình 5.

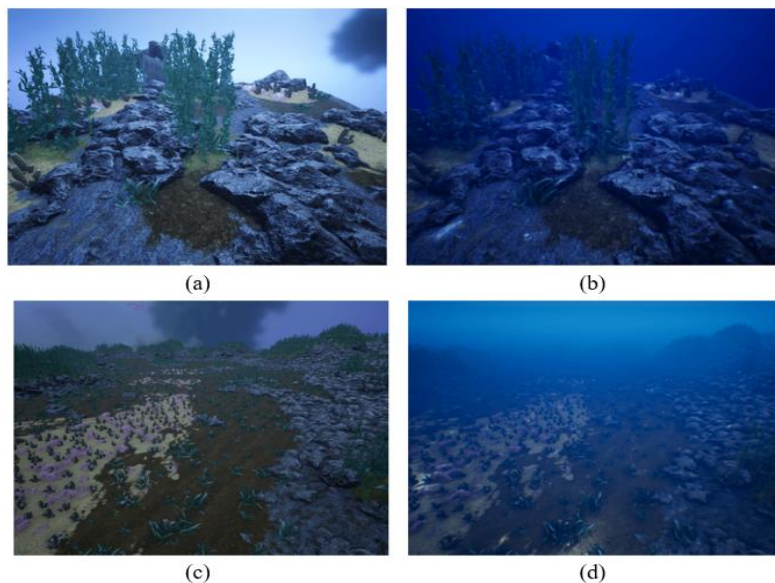


**Hình 5.** Các hạt kết cấu trầm tích khác nhau được tạo ra bằng phép đo ảnh: (a) Đá, sỏi; (b) Bùn; (c) Cát; (d) Thực vật bề mặt.

Một vấn đề rất quan trọng khi xây dựng thông tin của các đối tượng trên mô hình 3D đó là loại bỏ hiện tượng lặp của kết cấu trong hình ảnh thu nhận được từ dữ liệu thủy âm quét sườn. Hình 6 minh họa kết quả loại bỏ hiện tượng lặp kết cấu từ dữ liệu thủy âm quét sườn.



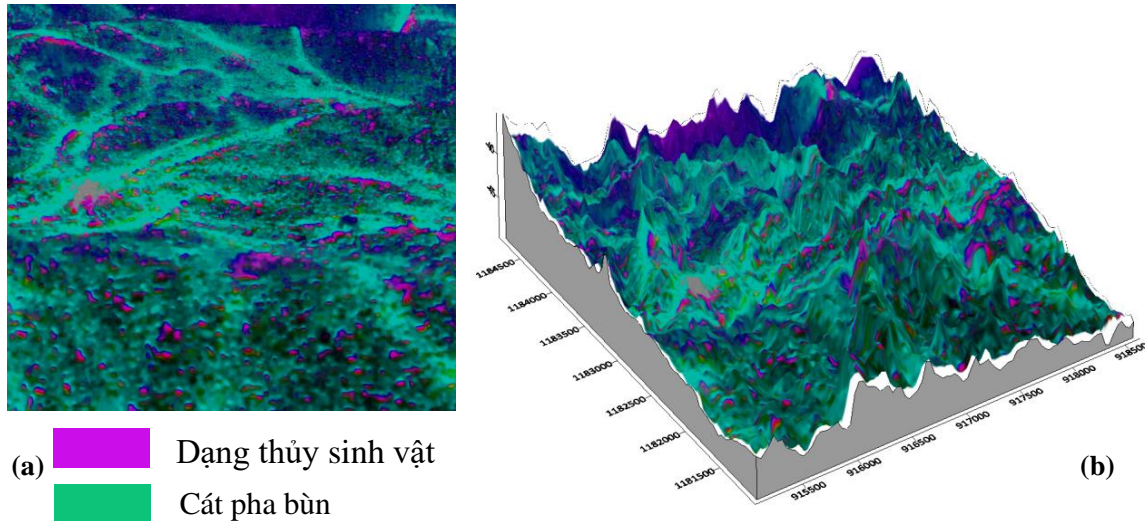
**Hình 6.** (a) Hình ảnh mô phỏng có hiện tượng lặp kết cấu; (b) Không có lặp kết cấu.



**Hình 7.** Kết quả mô phỏng thủy sinh (a) và (c) không có nước biển; (b) và (d) có nước biển.



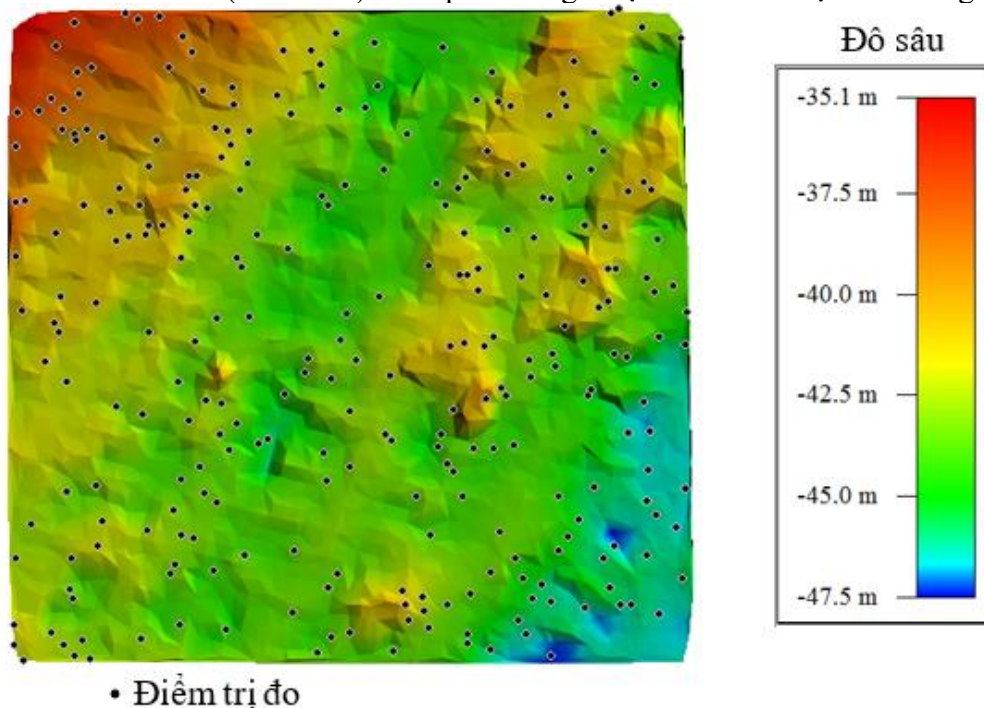
Ngoài thông tin về trầm tích, các đối tượng tự nhiên và nhân tạo (ví dụ xác tàu đắm) còn cần phải thể hiện được các thông tin về rặng san hô, thực vật thủy sinh ... trong mô hình 3D địa hình đáy biển. Hình ảnh minh họa mô phỏng các đối tượng nêu trên được cho như trong hình 7. Sau khi đã kết hợp các đối tượng, xây dựng được mô hình 3D cho khu vực Phan Rí - Bình Thuận như trong hình 8.



**Hình 8.** (a) Kết quả phân tích trầm tích; (b) Xây dựng mô hình 3D khu vực biển Phan Rí-Bình Thuận.

Từ hình 8 có thể thấy, từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn, dựa trên phương pháp xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển đã đề xuất, xây dựng được mô hình 3D địa hình đáy biển một cách trực quan. Trong mô hình đã xây dựng, không những thể hiện được thông tin 3 chiều của địa hình đáy biển mà còn cho phép theo dõi một cách trực quan thông tin về lớp phủ của địa hình đáy biển.

Để đánh giá độ chính xác, từ tập hợp dữ liệu 2481 điểm trong mô hình TIN được minh họa như trong hình 9, chia thành hai nhóm bao gồm nhóm các điểm nội suy (2209 điểm) và nhóm các điểm kiểm tra (272 điểm). Kết quả đánh giá độ chính xác được cho trong bảng 1.



**Hình 9.** Các điểm độ sâu trong mô hình TIN.

**Bảng 1.** Kết quả đánh giá độ chính xác xác định độ sâu.

TT	x (m)	y (m)	Trị đo sâu (m)	Độ sâu mô hình (m)	Sai lệch độ sâu (m)
1	916286,31	1184290,88	-43,58	-43,55	-0,03
2	915865,48	1183664,95	-43,24	-43,24	0,00
3	915205,54	1184585,19	-39,51	-39,79	0,28
4	915544,44	1184396,05	-43,12	-43,39	0,27
5	915499,31	1184669,53	-40,81	-40,46	-0,35
6	915676,57	1184451,60	-44,58	-44,44	-0,14
7	916040,77	1183757,84	-45,15	-44,97	-0,18
8	915469,96	1183899,10	-43,41	-43,44	0,03
9	915096,32	1184561,31	-37,41	-37,92	0,51
...	...	...	...	...	...
269	916167,98	1184108,90	-44,28	-44,82	0,54
270	916238,02	1184028,42	-46,18	-46,28	0,10
271	915634,51	1184141,07	-44,03	-43,87	-0,16
272	915506,84	1184044,50	-43,51	-43,76	0,25

Từ kết quả đánh giá độ chính xác như trong bảng 1, xác định được sai số trung phương đạt  $\pm 0,379m$ . Qua kết quả đánh giá độ chính xác cho thấy, độ chính xác của mô hình đã xây dựng hoàn toàn đảm bảo với sai số xấp xỉ 1% giá trị độ sâu.

#### 4. Kết luận

Mô hình 3D địa hình đáy biển được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau cả trong lĩnh vực dân sự lẫn quân sự. Xây dựng mô hình 3D là xu hướng tất yếu trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Tại Việt Nam, do đặc thù về thu thập cũng như công bố dữ liệu mà cho đến thời điểm hiện tại có rất ít các công trình đã công bố liên quan đến xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển.

Các tác giả đã đề xuất phương pháp và quy trình xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn. Từ phương pháp và quy trình đã lựa chọn, nhóm nghiên cứu đã thực nghiệm xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển cho khu vực Phan Rí tỉnh Bình Thuận. Kết quả kiểm chứng xây dựng mô hình cho thấy, độ chính xác của việc xây dựng mô hình hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về độ chính xác của việc thành lập bản đồ địa hình đáy biển.

Với mô hình 3D đã xây dựng được, có thể được sử dụng cho nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt trong dẫn đường các phương tiện trong lực lượng hải quân mà điển hình là dẫn đường cho tàu ngầm.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu xây dựng môi trường 3D thực tế ảo để có thể phát huy tối ưu hơn nữa của việc xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển. Với môi trường thực tế ảo, bên cạnh ý nghĩa sử dụng trong thực tế còn ứng dụng có hiệu quả trong huấn luyện cũng như đào tạo các lĩnh vực có sử dụng mô hình 3D.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.D.H., N.G.T., P.N.Q., C.H.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.G.T., P.N.Q., N.D.H.; Xử lý số liệu: N.G.T., P.N.Q., C.H.T.; Viết bản thảo bài báo: N.D.H., N.G.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.D.H., N.G.T., P.N.Q., C.H.T.

**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. Francesco, N.; Fabio, R. UAV for 3D mapping applications: A review. *Appl. Geomat.* **2014**, 6, 1–15. Doi:10.1007/s12518-013-0120-x.

2. Antoine, C.; Mark, A.; David, L.; Joachim, C. Mapping sub-metre 3D land-sea coral reefs using superspectral worldview-3 satellite stereoimagery. *Oceans* **2021**, 2, 315–329. <https://doi.org/10.3390/oceans2020018>.
3. Shahriar, N.; Hossein, M. Stereovision imaging on submersible platforms for 3-D mapping of benthic habitats and sea-floor structures. *IEEE J. Oceanic Eng.* **2003**, 28(4), 625–650.
4. Fabio, M.; Panagiotis, A.; Andreas, G. State of the art and applications in archaeological underwater 3D recording and mapping. *J. Cult. Heritage* **2017**, 33, 231–248. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.02.017>.
5. Hiền, N.T.T.; Lâm, L.Đ.; Vũ, N.N. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong xây dựng cơ sở dữ liệu quản lý trật tự đô thị. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên* **2017**, 162(02), 21–25.
6. Nghĩa, N.V.; Dũng, V.N. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất trong quản lý xây dựng - khai thác mỏ hầm lò. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2016**, 57, 65–73.
7. Thu, P.T.A. Tạo lập đám mây điểm 3D của vật thể độc lập bằng máy quét laser đơn tia Hokuyo UTM LX30. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 49, 35–42.
8. Thu, P.T.A. Xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu thu nhận bởi máy quét laser Hokuyo UTM 30LX: Trường hợp đối tượng nghiên cứu một phòng chức năng của công trình dân dụng. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2022**, 51, 47–55.
9. Long, V.P.; Chất, V.V.; Giang, N.V. Thành lập bản đồ không gian 3 chiều bằng máy bay không người lái. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 23–28.
10. Quý, B.N.; Hiệp, P.V. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2017**, 58(4), 201–211.
11. Sỹ, Đ.T.; Thu, N.A.; Hiệp, H.; Loan, V.T.; Vi, N.N.T.; Trương, V.V.; Phước, L.N.T.; An, P.T.T.; Quang, Đ.M. Kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser scanning và phương tiện bay không người lái (UAV) nhằm thu thập thông tin mô hình công trình xây dựng. *Tạp chí Xây dựng* **2019**, 39–42.
12. Cường, N.S.; Trường, T.X.; Hạnh, T.H.; Vũ, Đ.N. Nâng cao chất lượng xây dựng mô hình 3D bằng kết hợp công nghệ bay chụp UAV và quét Laser mặt đất. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2019**, 60(4), 31–40.
13. Vinh, T.Q.; Anh, H.V.; Khánh, P.Q. Nghiên cứu kết hợp dữ liệu của máy bay không người lái và máy quét laser mặt đất thành lập bản đồ 3D khu vực đô thị. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2018**, 59(4), 9–18.
14. Năng, H.X.; Sơn, L.A. Xây dựng bản đồ độ phân giải cao 3D cho xe tự hành bằng Velodyne. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng* **2020**, 18(11), 44–47.
15. Trung, B.H.; Nguyễn, P.V.; Kiệt, T.A.; Cường, N.H.H.; Duy, T.C. Giải pháp tổ chức dữ liệu hạ tầng giao thông kết hợp bản đồ số 3D ứng dụng trong chuyển đổi số ngành giao thông vận tải tại thành phố Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng* **2023**, 21(3), 69–73.
16. Lợi, P.T.H.; Thanh, L.M. Xây dựng hệ thống thông tin về di tích thành cổ Quảng Trị dựa trên nền GIS và công nghệ 3D. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ* **2018**, 127(2A), 83–94. Doi:10.26459/hueuni-jtt.v127i2A.4970.
17. Long, V.P. Bản đồ không gian ba chiều trong quản lý biên giới. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2013**, 15, 49–57.
18. Pha, V.V.A. Nghiên cứu tích hợp mô hình lan truyền dầu vào bản đồ số 3D cho khu vực Khí - Điện - Đạm Cà Mau để phục vụ công tác ứng phó sự cố tràn dầu. *Tạp chí Dầu khí* **2014**, 12, 50–57.
19. Vũ, N.N. Mô hình hóa bản đồ 3 chiều và ứng dụng. Luận văn thạc sỹ chuyên ngành công nghệ thông tin, Trường Đại học công nghệ, 2010.



20. Ngọc, N.B.; Hường, Đ.Đ.; Phương, T.T. Ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng mô hình 3D phục vụ cho quy hoạch không gian đô thị quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2014**, 19, 47–55.
21. Thảo, P.T.; Minh, N.Q.; Hương, N.T.T.; Giang, L.N. Thử nghiệm xây dựng mô hình đô thị 3D bằng ngôn ngữ tiêu chuẩn Citygym và phần mềm mã nguồn mở. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2013**, 44, 49–56.
22. Sinh, M.Đ.; Kha, V.T.; Hùng, T.L. Nghiên cứu quy trình công nghệ thành lập bản đồ thành phố 3D trên nền Web. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 47, 26–32.
23. Surfer <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>.
24. Caris <https://www.teledynecaris.com/en/products/hips-and-sips/>.

## **Method of visualization of seabed topography from multi-beam echo sounding data and side scan sonar data**

**Nguyen Dinh Hai<sup>1</sup>, Nguyen Gia Trong<sup>2,3\*</sup>, Cao Hoang Truong<sup>1</sup>, Pham Ngoc Quang<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Viet Nam 's people naval hydrographic and oceanographic department;  
hthhaithem@gmail.com; hoangtruongutm@gmail.com

<sup>2</sup> Faculty of Geomatics and Land administration, Hanoi University of Mining and  
Geology; nguyengiatrong@humg.edu.vn; phamngocquang@humg.edu.vn

<sup>3</sup> Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology

**Abstract:** Bathymetric map is a essential tool in resource management as well as in marine survey and research. It can be created as 2D or 3D map. Up to now, most of the sea bed topographic map has been established in 2D map. The 3D seabed topographic model is not only important in many fields such as marine installation, archeology but also crucial in maritime navigation for the navy. This paper introduces the method to establish and visualize a 3D model of seabed topography from multi-beam echo sounding and Side Scan Sonar data. The established model allows users to visually monitor the bathymetric map in 3D. The experimental result at Phan Ri, Binh Thuan province shows that the root mean square of depth is  $\pm 0,379$  m, equivalent to approximately 1% of the actual depth of the area. It can be seen that the experimental results completely meets the requirement for establishment of seabed topographic map according to the State regulations.

**Keywords:** Multibeam echosounder; Side scan sonar; 3D model; Seabed topography.

Bài báo khoa học

# Nghiên cứu dự báo dựa trên tác động của cơn bão Damrey đến thành phố Nha Trang tỉnh Khánh Hòa

Phùng Thị Vui<sup>1</sup>, Trần Văn Hưng<sup>1\*</sup>, Phan Văn Tuấn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Đai Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ; phungthivui@gmail.com; tranhungdubao@gmail.com

<sup>2</sup> Học viện Hải quân; phanvantuants20@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: tranhungdubao@gmail.com; Tel.: +84-904491015

Ban Biên tập nhận bài: 5/7/2023; Ngày phản biện xong: 22/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Bài báo này trình bày kết quả phương pháp nghiên cứu dự báo dựa trên tác động của bão, áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) đối với thành phố Nha Trang. Mức độ rủi ro của bão được tính toán xem xét như mức độ tác động của bão, trong đó thành phần hiểm họa bão được xác định theo bản tin dự báo bão của Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia (NCHMF). Ma trận tác động được sử dụng để tính toán tác động của bão đến với từng đối tượng, lĩnh vực sẽ là cơ sở để đưa ra các khuyến cáo hành động ứng phó với bão cho cộng đồng. Bài báo thử nghiệm dự báo dựa trên tác động đối với cơn bão Damrey đến thành phố Nha Trang vào ngày 4/11/2017. Kết quả cho thấy đối với các thời điểm bão đổ bộ trước 72 giờ, 48 giờ, 24 giờ, các tác động của bão đến từng đối tượng có thể khác nhau, do đó từng đối tượng chịu tác động có những hành động chuẩn bị ứng phó khác nhau.

**Từ khóa:** Bão Damrey; Dự báo dựa trên tác động.

## 1. Giới thiệu

Theo báo cáo của Văn phòng Liên hợp quốc về giảm thiểu rủi ro thiên tai (UNDRR): trong 20 năm đầu thế kỷ 21, thế giới đã ghi nhận 7348 sự kiện thiên tai lớn làm 1,23 triệu người chết, ảnh hưởng đến 4,2 tỷ người (nhiều người chịu ảnh hưởng nhiều lần) làm thiệt hại kinh tế khoảng 2,97 nghìn tỷ đô la Mỹ. Đây là một sự gia tăng mạnh so với 20 năm cuối thế kỷ 19. Trong đó, lũ lụt và bão là những sự kiện phổ biến nhất, số trận lũ lụt lớn tăng từ 1389 lên 3254 trận và số cơn bão tăng từ 1457 lên 2034 cơn [1].

Theo báo cáo [1] với tiêu chí thảm họa cướp đi sinh mạng từ 10 người trở lên, ảnh hưởng từ 100 người trở lên, dẫn đến tình trạng cần có sự giúp của quốc tế thì châu Á hứng chịu nhiều thảm họa nhất với 3068 sự kiện, Châu Mỹ là 1756 sự kiện và Châu Phi là 1192 sự kiện. Châu Á có 8 quốc gia trong tổng số 10 quốc gia bị ảnh hưởng nhiều nhất. Việt Nam xếp thứ 7 với khoảng 140 sự kiện các đợt thiên tai lớn ảnh hưởng, xếp thứ 10 trong số các nước có số người bị ảnh hưởng với 39 nghìn người, tuy nhiên nước ta không thuộc 10 quốc gia có số người chết do thiên tai nhiều nhất.

Dự báo, cảnh báo sớm và cung cấp thông tin rủi ro thiên tai kịp thời sẽ giúp cho công tác phòng chống ứng phó và giảm thiểu thiệt hại thiên tai. Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) đã khởi động một chương trình về các dịch vụ cảnh báo và dự báo dựa trên tác động (IBF) đa thiên tai, với mục đích hỗ trợ các thành viên WMO phát triển hơn nữa các dịch vụ dự báo và cảnh báo theo yêu cầu của người dùng, thông tin đầy đủ tác động của thiên tai, từ đó thực hiện có các hành động ứng phó thích hợp [2]. Cùng với hướng dẫn của WMO, nhiều nước trên thế giới đã phát triển hệ thống dự báo và cảnh báo dựa trên tác động, cụ thể như Cơ quan

khí tượng Philippines (PASAGA) đã thực hiện dự báo dựa trên tác động của bão theo thời gian thực, đưa ra những cảnh báo sớm và hướng dẫn hành động cụ thể. PASAGA xây dựng bản tin với bảng tác động và hướng dẫn hành động cho từng địa phương cụ thể và lĩnh vực như giáo dục, cơ sở hạ tầng (CSHT), thương mại - dịch vụ, giao thông vận tải (GTVT), môi trường và con người [3–4], trong đó, xem xét rủi ro thiên tai do bão (R) chính là mức độ tác động trong ma trận tác động. Cơ quan thời tiết Nam Phi (SAWS) phối hợp với Cục Quản lý thiên tai giới thiệu hệ thống cảnh báo thời tiết khắc nghiệt dựa trên phương thức mới cung cấp các cảnh báo tác động thay vì cảnh báo ngưỡng khí tượng. Các thiên tai được SAWS cảnh báo dựa trên tác động gồm mưa lớn, bão, gió mạnh, tuyết rơi, sương mù, sóng và nước dâng [5]. WCSSP Ấn Độ là một dự án nghiên cứu xây dựng và khai thác mối quan hệ đối tác và khoa học giữa vương quốc Anh và Ấn Độ [6]. Dự án này đã xác định một loạt các lĩnh vực ưu tiên: nghiên cứu và phát triển các mô hình dự báo tác động; thu thập dữ liệu tác động kinh tế xã hội (KT-XH); truyền thông và phổ biến các nội dung cảnh báo. Dự án đã xây dựng chương trình giúp cho các dự báo viên trong quyết định đưa ra các bản tin dự báo tác động của thiên tai. Cơ quan Khí tượng Vương quốc Anh (UKMO) đã xây dựng và ban hành các cảnh báo tác động từ năm 2011. Những cảnh báo này dựa trên sự kết hợp giữa mức độ tác động và khả năng xảy ra tác động đó, xác định thông qua sử dụng ma trận rủi ro. Điều này cung cấp một dự báo định tính về khả năng tác động dự kiến cho từng loại thời tiết với các mức độ tác động khác nhau [7].

Dự báo dựa trên tác động là việc chuyển đổi hình thức dự báo, từ việc dự báo để trả lời câu hỏi “thời tiết sẽ như thế nào?”, sang trả lời câu hỏi “thời tiết sẽ gây ra những gì?”. Việc này đòi hỏi phải tổng hợp thông tin thời tiết (nắng, mưa, gió...) với thông tin dữ liệu của các đối tượng có thể chịu ảnh hưởng của thiên tai như mức độ phơi bày (E), tính dễ bị tổn thương (V) từ đó xác định mức độ rủi ro có thể xảy ra. Để thực hiện công việc đó thì cần phải thu thập đầy đủ hiện trạng về các đối tượng có thể chịu ảnh hưởng trong khu vực dự báo. Hay nói cách khác, khi xác định các đối tượng chịu ảnh hưởng và mức độ rủi ro có thể xảy ra cho phép ban hành các loại cảnh báo khác nhau để giúp cộng đồng dân cư nắm bắt thông tin kịp thời, chủ động ứng phó, qua đó có thể giúp giảm các thiệt hại do thiên tai gây ra.

Nằm trong khu vực Miền Trung, nơi chịu ảnh hưởng của nhiều thiên tai, trong 20 năm qua, có 15 cơn bão ảnh hưởng đến tỉnh Khánh Hòa, tương đương với tần suất 0,68 cơn/năm. Mặc dù, so với các tỉnh khác trong khu vực, tần suất bão ảnh hưởng đến Khánh Hòa không phải là cao, tuy nhiên mỗi khi bão ảnh hưởng trực tiếp thường gây ra thiệt hại rất lớn, điển hình như cơn bão số 12 - Damrey (năm 2017) gây ra thiệt hại nặng nề về người và tài sản, tại Khánh Hòa có 44 người chết, gần 3000 nhà bị sập hoàn toàn, hơn 58.000 nhà bị tốc mái, hư hỏng và 40.000 nhà bị hỏng nhẹ, tổng thiệt hại đối với các lĩnh vực trên là 14.700 tỷ đồng. Theo báo cáo đánh giá, nguyên nhân thiệt hại lớn chủ yếu là do bão mạnh đổ bộ trực tiếp vào khu vực kinh tế biển đang phát triển, ngoài ra do khả năng phòng chống và ứng phó của cộng đồng chưa cao.

Bão, ATNĐ với tác động chính (tác động sơ cấp) là gió mạnh, mưa lớn, trong đó mưa lớn có thể sinh lũ và ngập lụt (tác động thứ cấp); gió mạnh gây ra sóng lớn và nước dâng (tác động thứ cấp). Mưa, gió của bão có thể tác động đơn lẻ hoặc có thể tác động đồng thời với lũ và ngập lụt sau đó. Các đối tượng ảnh hưởng lúc này dân cư, hệ thống CSHT (nhà cửa, sân bay...), GTVT, các hoạt động kinh tế, nông nghiệp (diện tích cây trồng), hệ thống y tế... Khi hoạt động trên biển, bão với gió mạnh gây ra sóng lớn và nước dâng đánh chìm hoặc gây hư hại cho tàu thuyền...

Trong khuôn khổ hợp tác giữa Tổng cục Khí tượng Thủy văn và WMO, NCHMF đã xây dựng hệ thống hỗ trợ dự báo dựa trên tác động của bão, trong đó tính toán ước lượng quy mô và mức độ tác động của thiên tai trên cơ sở kết hợp giữa dự báo xác suất xảy ra của bão và thông tin về E, V, sau đó gửi khuyến cáo đến các khu vực dự báo, cảnh báo.

Hướng tới mục tiêu phục vụ cộng đồng dân cư và chính quyền tốt hơn, bài báo nghiên cứu thử nghiệm dự báo dựa trên tác động do bão số 12 - Damrey (4/11/2017) đến các đối

tương, ngành nghề tại thành phố Nha Trang. Kết quả nghiên cứu sẽ bổ sung thêm thông tin tác động của thiên tai bão đến các đối tượng và khu vực cụ thể (mức độ ảnh hưởng) sẽ giúp cộng đồng dân cư chủ động hơn trong công tác tự phòng chống và phòng chống theo sự chỉ đạo của địa phương.

## 2. Số liệu, trường hợp thử nghiệm và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu

Các nguồn số liệu được sử dụng trong dự báo dựa tác động do bão số 12 đến thành phố Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa:

- Số liệu về KT-XH, CSHT, dân cư của thành phố Nha Trang thu thập từ niên giám thống kê (NGTK), báo cáo quy hoạch phát triển KT-XH của thành phố.
- Số liệu thiệt hại của thiên tai được thu thập từ Ban chỉ huy Phòng chống thiên tai-tìm kiếm cứu nạn và phòng thủ dân sự (PCTT-TKCN & PTDS) tỉnh, thành phố.
- Số liệu về mưa, gió từng giờ được thu thập từ các trạm khí tượng thủy văn (KTTV) tỉnh Khánh Hòa.
- Số liệu về các chỉ tiêu khả năng thích ứng được thu thập thông qua điều tra xã hội học.
- Số liệu về vị trí, cường độ bão được khai thác từ bản tin dự báo bão của NCHMF.

### 2.2. Trường hợp thử nghiệm

Bão số 12 (*Damrey*) hình thành trên khu vực tây bắc Thái Bình Dương (TBTBD). Đến sáng ngày 02/11, ATNĐ đi vào Biển Đông và di chuyển chủ yếu theo hướng Tây. Sáng ngày 04/11 (khoảng 6-7 giờ), bão số 12 đã đổ bộ vào khu vực nam Phú Yên bắc Khánh Hòa, rồi suy yếu di chuyển sang Tây Nguyên. Cường độ của bão khi đổ bộ, tại Khánh Hòa có gió mạnh cấp 9, giật cấp 12-13, khí áp thấp nhất quan trắc được tại trạm Nha Trang (Khánh Hòa) 982,1mb vào lúc 06h20 ngày 04/11. Ngoài ra, do ảnh hưởng bão số 12, tỉnh Khánh Hòa có mưa to đến rất to, lượng mưa các ngày 03-04/11, phổ biến 150-250 mm.

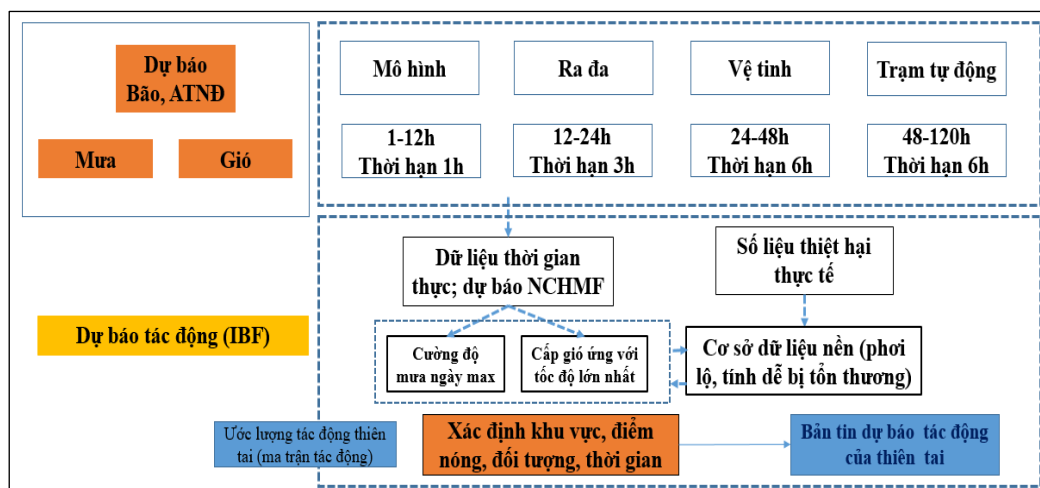


Hình 1. Quỹ đạo cơn bão số 12 - Damrey năm 2017 (nguồn NCHMF).

### 2.3. Dự báo dựa trên tác động do bão/ATNĐ

#### a) Phương pháp dự báo dựa trên tác động

Khái niệm dự báo dựa trên tác động (*Impact Based Forecast*): là một cách tiếp cận có cấu trúc, kết hợp các dữ liệu về nguy cơ, E và V để xác định mức độ tác động, quy mô tác động cũng như các đối tượng chịu tác động tiềm tàng mà hiểm họa KTTV có thể gây ra, hỗ trợ Cơ quan dự báo đưa ra các khuyến cáo đối với các địa phương, khu vực và đối tượng một cách định lượng, qua đó hỗ trợ việc ra quyết định với mục tiêu cuối cùng là khuyến khích hành động sớm nhằm giảm thiệt hại về kinh tế và con người do các thiên tai gây ra [3]. Sơ đồ cấu trúc của nghiên cứu được trình bày như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc thực hiện nghiên cứu.

Để đánh giá tổng hợp thông tin về mức độ tác động và khả năng xảy ra thiên tai ở các cấp độ khác nhau, WMO đưa ra hướng dẫn xây dựng ma trận tác động, trong đó có 02 thành phần là (1) mức độ tác động (trục X), cũng có thể hiểu là mức độ rủi ro của thiên tai và (2) xác suất xảy ra của hiểm họa (trục Y), cũng có thể hiểu là độ tin cậy của bản tin dự báo. Tác động tổng hợp của thiên tai được xác định là vị trí giao nhau của cột thông tin về mức độ tác động và hàng thông tin về xác suất xảy ra thiên tai của bảng ma trận tác động. Thông tin về tác động tổng hợp của thiên tai là căn cứ để đưa ra các khuyến cáo hành động. Các khuyến cáo hành động được chia thành 4 cấp, tương ứng với 4 màu: màu xanh (tác động rất thấp) là chưa có thiên tai xảy ra; màu vàng (tác động thấp) là cần nhận biết, chú ý theo dõi diễn biến của thời tiết, màu cam (tác động trung bình) là cần chuẩn bị sẵn sàng, màu đỏ (tác động cao) là phải hành động ngay.

Lợi ích mong đợi của việc sử dụng ma trận tác động với các màu biểu thị mức độ tác động và khuyến cáo hành động là [18]:

- Cảnh báo dễ hiểu hơn;
- Ít sử dụng thuật ngữ khí tượng và từ ngữ khoa học;
- Dự báo được đưa ra nếu tác động dự kiến xảy ra;
- Dễ thay đổi, cập nhật hơn;

Bảng 1. Ma trận tác động.

Xanh: Hoạt động bình thường	Xác suất xảy ra hiểm họa (Độ tin cậy của bản tin dự báo %)	>80		X			
		60-80					
Vàng: Nhận biết, lưu ý theo dõi tình hình thời tiết		40-60					
		20-40					
Cam: Chuẩn bị sẵn sàng		<20					
Đỏ: Hành động	Cảnh báo là sự kết hợp giữa tác động tiềm tàng và khả năng xuất hiện các hiện tượng cực đoan		Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
			Mức độ tác động				

b) Xác định đối tượng và bộ tiêu chí

Trên cơ sở tác động trực tiếp của bão (mưa, gió), kết hợp phương pháp chuyên gia và tiêu chí xác định thiệt hại do thiên tai [15] và tham khảo từ [12–14] nghiên cứu này đưa ra danh sách các đối tượng cơ bản chịu tác động của bão, ATNĐ. Các đối tượng/ngành nghề được lựa chọn là dân cư, nông nghiệp, thương mại - dịch vụ, GTVT, CSHT, y tế và tàu thuyền.



**Bảng 2.** Bộ tiêu chí về E, S, AC cho 7 đối tượng.

Đối tượng/ ngành nghề	Mức độ phơi bày	Độ nhạy	Khả năng thích ứng
Dân cư	Tổng dân số	Tỷ lệ thành thị/nông thôn	Tỷ lệ tốt nghiệp cấp 3
	Mật độ dân số	Tỷ lệ hộ nghèo	Tỷ lệ được hướng dẫn kỹ năng ứng phó
		Tỷ lệ người trên 15 tuổi biết chữ	Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
			Tỷ lệ nhận được hỗ trợ thiệt hại
Nông nghiệp	Diện tích đất nông nghiệp	Giá trị sản phẩm/ha đất nông nghiệp	Số lượng cơ sở y tế
	Diện tích nuôi trồng thủy sản	Giá trị sản phẩm/ha nuôi trồng thủy sản	Số lượng điểm sơ tán
	Số lượng gia súc, gia cầm		Cập nhật phương án PCTT
			Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
Thương mại - dịch vụ	Số lượng doanh nghiệp	Bình quân thu nhập đầu người lao động trong doanh nghiệp	Tỷ lệ được hướng dẫn kỹ năng ứng phó
	Số lượng lao động trong doanh nghiệp	Tỷ suất lợi nhuận của doanh nghiệp	Tỷ lệ nhận được hỗ trợ thiệt hại
	Số lượng cơ sở kinh doanh du lịch, khách sạn, dịch vụ		Đảm bảo an toàn đê, hồ chứa
	Số Km đường quốc lộ, tỉnh lộ, huyện lộ	Mật độ đường giao thông	Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
Giao thông, vận tải, thông tin	Số lượng thuê bao được lắp đặt	Doanh thu vận tải theo ngành	Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
		Tỷ lệ hộ dùng điện thoại	Tỷ lệ được hướng dẫn kỹ năng ứng phó
		Tỷ lệ hộ dùng internet	Tỷ lệ nhận được hỗ trợ thiệt hại
			Đảm bảo an toàn đê, hồ chứa
Cơ sở hạ tầng	Số lượng trụ sở UBND, trường học, y tế	Tỷ lệ diện tích đất ở	Cập nhật phương án PCTT
	Số lượng công trình trọng điểm		Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
	Diện tích đất ở		Tu bổ, sửa chữa công trình
Y tế	Số cơ sở y tế	Tỷ lệ hộ dùng nước sạch	Đảm bảo an toàn đê, hồ chứa
	Số lượng giường bệnh	Số ca mắc bệnh dịch	Số giường bệnh/1000 dân
			Số cán bộ ngành y được/1000 dân
Tàu thuyền	Số lượng tàu thuyền	Số người lao động trên tàu thuyền	Tỷ lệ xã phường có y bác sĩ
		Vùng hoạt động của tàu đánh bắt cá	Tỷ lệ cơ sở y tế/xã
			Tỷ lệ nhận được thông tin về bão
		Tỷ lệ được hướng dẫn kỹ năng ứng phó	
		Số điểm neo đậu tránh trú bão	

**2.4. Phương pháp tính toán rủi ro bão, ATNĐ**

Theo báo cáo SREX của IPCC [7], rủi ro thiên tai được hợp thành từ 3 thành phần: (1) hiểm họa H (*hazard*); (2) Mức độ phơi bày E (*exposure*) và (3) Tính dễ bị tổn thương V (*vulnerability*), trong đó tính dễ bị tổn thương được cấu thành bởi độ nhạy (S) và khả năng thích ứng (AC). Nếu thiếu một trong ba yếu tố thì không hình thành rủi ro thiên tai.

*a) Tính toán, xác định hiểm họa*

Hiểm họa do bão, ATNĐ được cấu thành bởi xác suất xảy ra và cường độ của bão. Cường độ được lựa chọn bởi 2 đặc trưng là tốc độ gió lớn nhất ( $V_{max}$ ) và lượng mưa 24 giờ lớn nhất ( $R_{24max}$ ), đây cũng là 2 nguyên nhân hàng đầu gây thiệt hại trong bão.

Hiểm họa là một thành phần động và phụ thuộc vào từng thiên tai. Đối với bão, phụ thuộc vào thời điểm và từng cơn bão cụ thể mà xác định được giá trị hiểm họa là khác nhau.

Theo nghiên cứu [9], kỹ năng dự báo quỹ đạo bão hạn 48h nằm trong khoảng từ 28 đến 55%, trung bình là 47%. Trong khi đó, tính sai số dự báo quỹ đạo bão DPE (*Direct Position Error*) của NCHMF [10] cho kết quả sai số trung bình DPE khoảng 115 km đối với hạn 24h, 180km đối với hạn 48h và 280 km ở hạn 72h. Chi tiết về cách tính DPE được đưa ra trong [11].

**Bảng 3.** Giá trị phân vị của sai số trung bình tuyệt đối DPE giai đoạn 2012-2018 (nguồn NCHMF).

Hạn dự báo (h)	24	48	72
90%	84	156	252
80%	96	168	264
60%	108	184	176
50%	120	192	288
40%	132	204	300
25%	144	216	312
10%	156	228	324

Cũng từ dữ liệu tính toán của NCHMF (2012-2018), vùng bán kính gió mạnh ứng với cấp bão khác nhau được đưa ra tại bảng 4 [8].

**Bảng 4.** Bán kính gió mạnh với từng cấp bão (nguồn NCHMF).

Cấp bão \ Cấp gió	8	9	10	11	12	13-15
Cấp 6	120	130	150	200	250	300
Cấp 7	70	100	120	150	170	250
Cấp 8	50	90	100	130	150	170
Cấp 9		50	70	100	110	150
Cấp 10			50	70	100	110
Cấp 11				50	70	90
Cấp 12					50	70

Trong nghiên cứu này, khả năng (nguy cơ hay xác suất) xảy ra được xác định chính là độ tin cậy dự báo quỹ đạo bão với các hạn dự báo của các bản tin trước đó.

Các bước tính toán hiểm họa do bão, ATNĐ là:

Bước 1: Tính DPE hạn 24, 48, 72 giờ (nếu có).

Bước 2: Tính khoảng cách từ vị trí tâm bão (dự báo) đến điểm yêu cầu theo hạn dự báo cụ thể (KCDB).

Bước 3: Tính xác suất xảy ra (P) là độ tin cậy dự báo quỹ đạo bão dựa trên bảng 1. Do có những cơn bão hình thành trong biển Đông và di chuyển nhanh vì vậy không đánh giá được DPE 48 và 72 giờ thì gán độ tin cậy bằng 47% (theo giá trị trung bình kỹ năng dự báo quỹ đạo bão của NCHMF 2008-2014).

Bước 4: Xác định cấp bão từ NCHMF dựa trên KCDB, cấp gió được xác định theo bảng 4.

Bước 5: Xác định cường độ từ cấp gió và  $R_{24_{max}}$ .

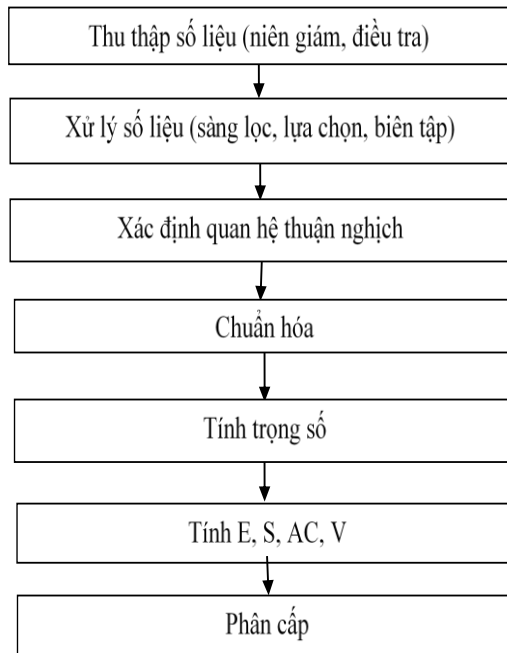
Bước 6: Xác định hiểm họa từ cường độ (bước 5) và khả năng xảy ra (bước 3).

Ví dụ minh họa xác định khả năng xảy ra (P) như sau, DPE 48 giờ của bản tin dự báo từ NCHMF gần nhất là 175 km, nằm trong khoảng phân vị 60-80%, do đó độ tin cậy được gán ở cận trên là 80% tương ứng  $P = 80\%$ .

b) *Tính toán E, V*

Đối với một địa phương cụ thể (cấp huyện), để tính E và V, các tiêu chí được xác định cho từng đối tượng, ngành nghề được thu thập từ NGTK và số liệu điều tra xã hội học. Sau khi tính toán cho từng đối tượng, ngành nghề sử dụng phương pháp tương tự tính E, V chung cho từng địa phương.

Phương pháp tính sử dụng là phương pháp trọng số không đều nhau [12]. Cách tính E, V và lựa chọn chỉ số có thể tham khảo ở [13–15]. Có thể mô tả quá trình tính toán chỉ số E, V như sau:



**Hình 3.** Các bước tính chỉ số E, V.

*c) Tính toán chỉ số rủi ro*

Rủi ro thiên tai bão (R) được tính qua công thức như sau:

$$R = f(H, E, V) \tag{1}$$

Trong đó H là hiểm họa, E là mức độ phơi bày, V là tính dễ bị tổn thương.

*d) Phân cấp cấp độ rủi ro do bão/ATNĐ*

Sử dụng phương pháp ma trận rủi ro để tính chỉ số rủi ro thiên tai và chỉ số hiểm họa. Có 5 mức độ rủi ro thiên tai từ Rất thấp, Thấp, Trung bình, Cao và Rất cao, do đó các biến H, V và E đều được phân thành 5 cấp.

- Thành phần hiểm họa

Theo quy định, WMO phân loại XTNĐ thành 4 cấp: ATNĐ, bão, bão mạnh và bão rất mạnh [16]. Theo quyết định 18/2021/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ Quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai thì cấp độ rủi ro thiên tai do mưa lớn được phân thành 4 cấp [17]. Nghiên cứu này đề xuất phân cấp các yếu tố cấu thành cường độ bão như trong bảng 5.

**Bảng 5.** Phân cấp giá trị các yếu tố cấu thành cường độ bão/ATNĐ.

Cấp	Mức độ	V (cấp gió)	R24 <sub>max</sub> (mm)
1	Rất thấp	≤ Cấp 5	<100
2	Thấp	Cấp 6-7	100-200
3	Trung bình	Cấp 8-9	200-400
4	Cao	Cấp 10-11	>400
5	Rất cao	≥ Cấp 12	

Sau khi phân cấp được các biến (V, R24<sub>max</sub>), cường độ bão được tính theo công thức:

$$I = \text{Max}(V, R24_{\text{max}}) \tag{2}$$

Khả năng xảy ra (P) được chia thành 5 khoảng dựa theo hàm phân vị như bảng 6. Sử dụng ma trận I×P tính ra thành phần hiểm họa thiên tai do bão, ATNĐ như bảng 6.

**Bảng 6.** Ma trận tính toán hiểm họa từ cường độ và khả năng xảy ra.

P I	P				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

- Mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương  
 Các biến E và V (S và AC) được chia thành 5 cấp dựa theo hàm phân vị, cụ thể được trình bày trong bảng 7.

**Bảng 7.** Phân cấp E và V theo hàm phân vị.

Phân vị tương ứng	Mức độ	Cấp độ
< 20th	Rất thấp	1
20th – 40th	Thấp	2
40th – 60th	Trung bình	3
60th – 80th	Cao	4
> 80th	Rất cao	5

- Cấp độ rủi ro do bão, ATNĐ  
 Đối với một địa phương cụ thể đối tượng theo E và V là vừa có tính chất động (tàu thuyền, diện tích sản xuất nông nghiệp theo mùa màng, ...) và tĩnh, tính cấp  $E \times V$ , sau đó kết quả được quy chuẩn về thang điểm từ 1 đến 5 (từ 1 đến 3 quy về thang điểm 1, từ 4 đến 6 quy về thang điểm 2, từ 8 đến 12 quy về thang điểm 3, từ 15 đến 16 quy về thang điểm 4 và từ 20 đến 25 quy về thang điểm 5). Sau đó, kết quả quy chuẩn nhân với thành phần H như sau.

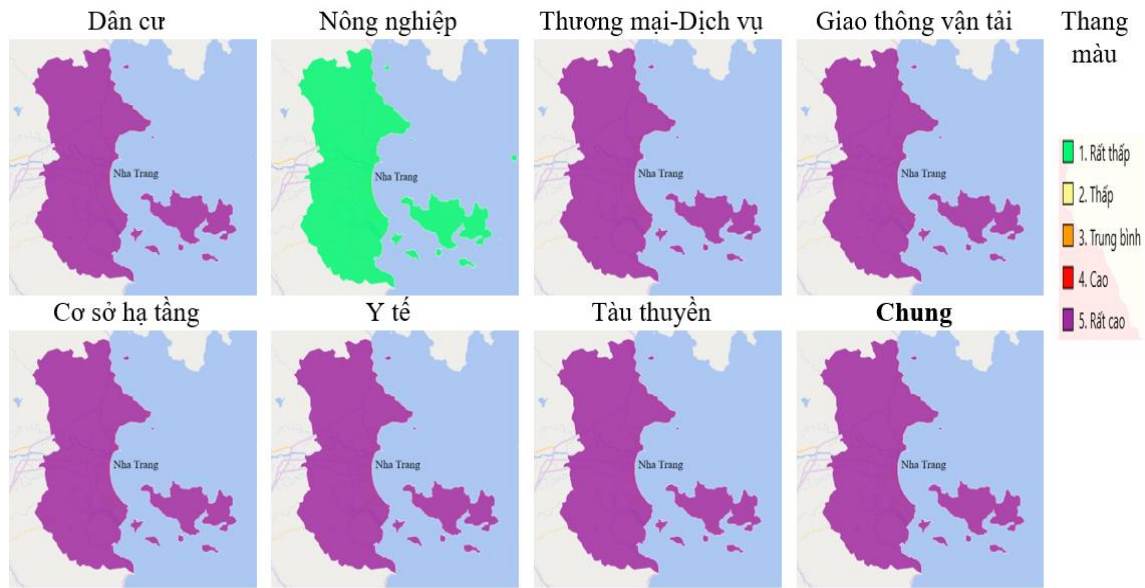
**Bảng 8.** Minh họa về ma trận tính toán rủi ro  $(E \times V) \times H$ .

H E*V	E*V				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá mức độ phơi bày

Với những tiêu chí được lựa chọn như trong bảng 2, kết quả tính toán E trước bão, ATNĐ tại thành phố Nha Trang được hiển thị như hình dưới đây. Có thể thấy, thành phố Nha Trang là địa phương có mật độ dân cư cao, CSHT phát triển, mạng lưới GTVT dày đặc, số lượng tàu thuyền nhiều do vậy chỉ số E đều ở mức rất cao, riêng với ngành nông nghiệp (4.369 ha trồng trọt, 35ha nuôi trồng thủy sản) chiếm tỉ trọng nhỏ trong cơ cấu nền kinh tế của thành phố Nha Trang nên E ở mức rất thấp.



**Hình 4.** Mức độ phơi bày của 7 đối tượng, ngành nghề và tính chung cho thành phố Nha Trang trước bão, ATNĐ.

### 3.2. Đánh giá tính dễ bị tổn thương

Như đã biết,  $V$  được cấu thành bởi hai thành phần là độ nhạy ( $S$ ) và khả năng thích ứng ( $AC$ ), trong đó  $V$  tỉ lệ thuận với  $S$  và tỉ lệ nghịch với  $AC$ . Với trình độ dân trí cao, tỷ lệ nhận được thông tin và tỷ lệ được tập huấn kỹ năng phòng chống bão cao nên các đối tượng có khả năng thích ứng cao vì vậy  $V$  ở mức rất thấp và trung bình. Riêng đối tượng CSHT có tỉ lệ đất ở rất cao và đối tượng tàu thuyền có số lượng người lao động trên tàu thuyền rất cao và vùng hoạt động ngoài khơi tức là  $S$  rất cao kéo theo  $V$  ở mức rất cao.



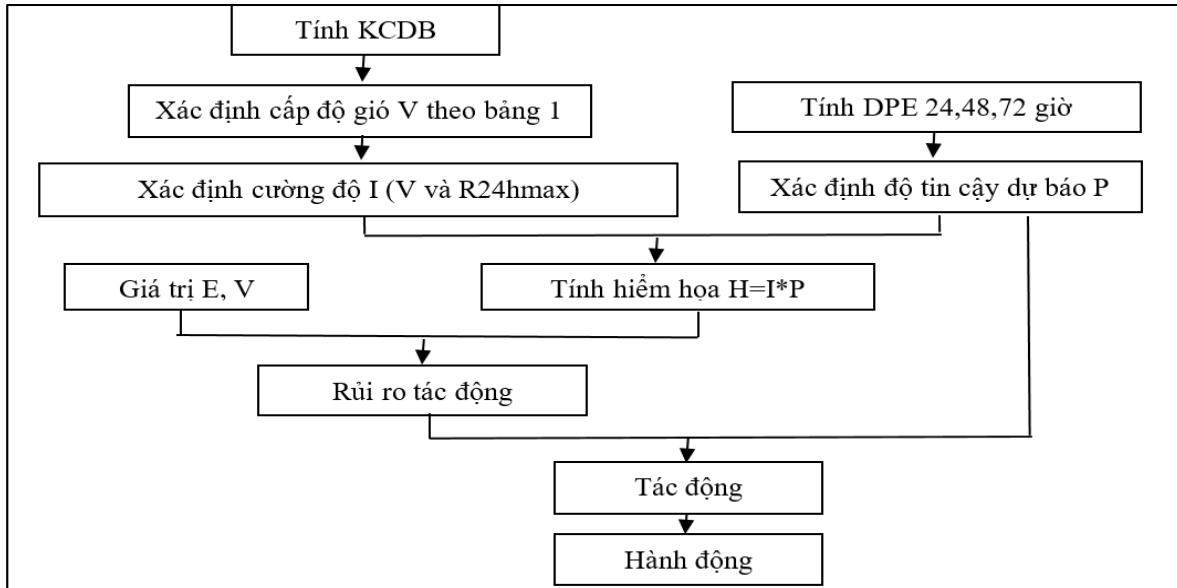
**Hình 5.** Tính dễ bị tổn thương của 7 đối tượng, ngành nghề và tính chung cho thành phố Nha Trang trước bão, ATNĐ.

### 3.3. Dự báo thành phần hiểm họa, cấp độ rủi ro, dự báo dựa trên tác động

Quy trình dự báo dựa trên tác động do bão, ATNĐ theo bản tin và hướng dẫn hành động được đưa ra trong hình 6. Ở đây, nghiên cứu trình bày với các thời điểm trước khi bão đổ bộ 72, 48 và 24 giờ nhằm đưa ra diễn biến tác động do cơn bão số 12 gây ra và cho thấy tiến trình hành động từ mức thấp nhất (nhận biết, theo dõi) đến mức cao nhất (hành động).



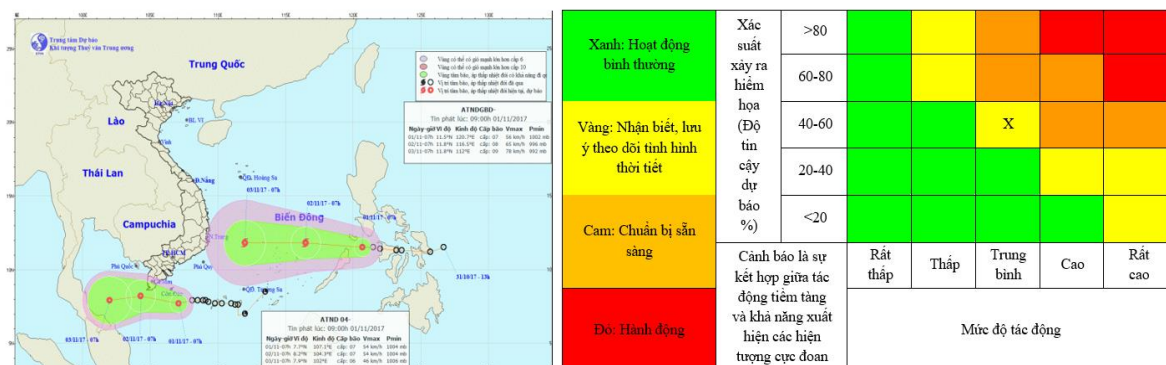
Bão số 12 hoạt động trong thời gian 4,5 ngày, bản tin đầu tiên phát lúc 09 giờ ngày 31/10 chỉ là vùng thấp, cảnh báo theo dõi và không có dự báo vị trí 24, 48 giờ tiếp theo. Bản tin cuối cùng phát lúc 21 giờ ngày 04/11, bão suy yếu thành ATNĐ và tan dần.



Hình 6. Quy trình dự báo dựa trên tác động do bão, ATNĐ theo bản tin và hướng dẫn hành động.

a) Thời điểm trước khi bão đổ bộ 72 giờ

Tại thời điểm 07 giờ ngày 01/11/2017, ATNĐ mới được theo dõi và dự báo trong 24h, vì vậy không có kết quả đánh giá DPE 72 giờ. Do đó, độ tin cậy dự báo quỹ đạo bão hạn 72 giờ được gán bằng 47% (P = 3). Theo NCHMF, dự báo cường độ và hướng di chuyển của ATNĐ ổn định, đến khoảng ngày 04/11, thành phố Nha Trang chịu ảnh hưởng bởi gió cấp 8 (I = 3). Đối chiếu với bảng 6, hiểm họa do bão ở mức trung bình (H = 3). Kết hợp với giá trị của E và V của 7 đối tượng, ngành nghề và tính toán chung cho thành phố Nha Trang ( $E_{NT} \times V_{NT} = 4$ ). Sau khi có giá trị H và giá trị  $E \times V$ , sử dụng ma trận rủi ro (bảng 8), tính toán được rủi ro do bão đến các đối tượng, cụ thể đối với thành phố Nha Trang ở mức trung bình (R = 3). Trên cơ sở kết quả rủi ro này, sử dụng ma trận tác động để dự báo dựa trên tác động bão Damrey gây ra cho các đối tượng, ngành nghề và tính chung cho thành phố Nha Trang vào ngày 4/11/2017. Kết quả cho thấy như sau: các đối tượng Dân cư, Nông nghiệp, Thương mại-dịch vụ, Y tế chịu mức tác động bình thường (hoạt động bình thường); Giao thông vận tải chịu mức tác động vừa (nhận biết và chú ý theo dõi tình hình); Cơ sở hạ tầng, Tàu thuyền chịu mức tác động lớn (chuẩn bị sẵn sàng); riêng đối với khu vực cụ thể thành phố Nha Trang (R = 3; P = 47%) chịu mức độ tác động vừa (nhận biết và chú ý theo dõi tình hình). Với những khuyến cáo, địa phương có thể triển khai công tác phòng chống, ứng phó cụ thể theo phương án phòng chống hàng năm được phê duyệt.



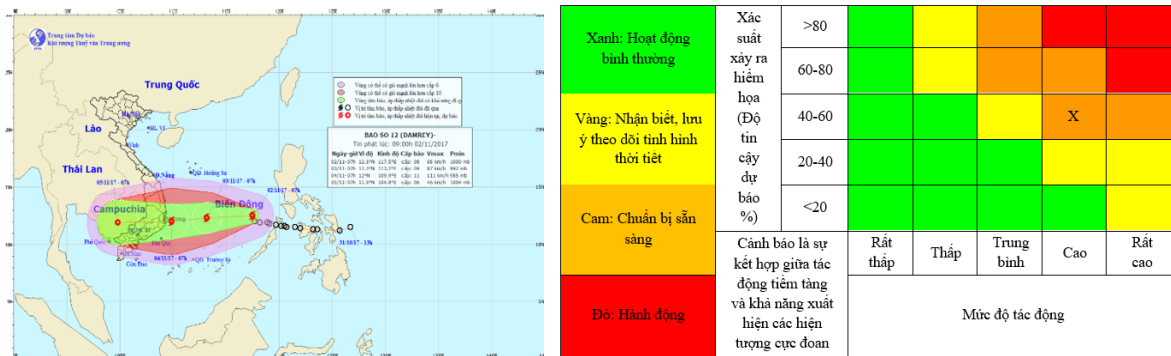
Hình 7. Quỹ đạo dự báo ATNĐ từ NCHMF và ma trận tác động trước 72 giờ.

**Bảng 9.** Mức độ tác động - hành động cho các đối tượng, ngành nghề trước 72 giờ.

Tác động	Nhỏ	Vừa	Lớn	Nghiêm trọng
Hành động	Hoạt động bình thường	Nhận biết - theo dõi thời tiết	Chuẩn bị sẵn sàng	Hành động
Dân cư	x			
Nông nghiệp	x			
Thương mại - dịch vụ	x			
Giao thông vận tải		x		
Cơ sở hạ tầng			x	
Y tế	x			
Tàu thuyền			x	

*b) Thời điểm trước khi bão đổ bộ 48 giờ*

Tại thời điểm 07 giờ ngày 02/11/2017, ATNĐ mạnh lên thành bão số 12. Theo dự báo của NCHMF, đến 07 giờ ngày 04/11, vị trí tâm bão ở vào khoảng 12,0 độ Vĩ Bắc; 109,9 độ Kinh Đông, sức gió mạnh nhất ở vùng gần tâm bão mạnh cấp 10-11, giật cấp 14. Khi đó thành phố Nha Trang cách tâm bão khoảng 88km, đối chiếu với bảng 4, cho gió ảnh hưởng bởi cấp 9, cấp 10 (mức cao). Do chưa có kết quả đánh giá DPE hạn 48 giờ, vì vậy gán độ tin cậy bằng 47% (P = 3). Thực hiện các bước theo quy trình ở hình 6, cho kết quả mức độ tác động của bão cho các đối tượng như sau: đối tượng Nông nghiệp ở mức tác động bình thường (hoạt động bình thường); Dân cư, Thương mại-dịch vụ, Y tế ở mức tác động vừa (nhận biết và chú ý theo dõi tình hình); các đối tượng CSHT, tàu thuyền, GTVT ở mức tác động lớn (chuẩn bị sẵn sàng); riêng đối với khu vực cụ thể thành phố Nha Trang mức độ tác động lớn (chuẩn bị sẵn sàng).



**Hình 8.** Quỹ đạo dự báo ATNĐ từ NCHMF và ma trận tác động trước 48 giờ.

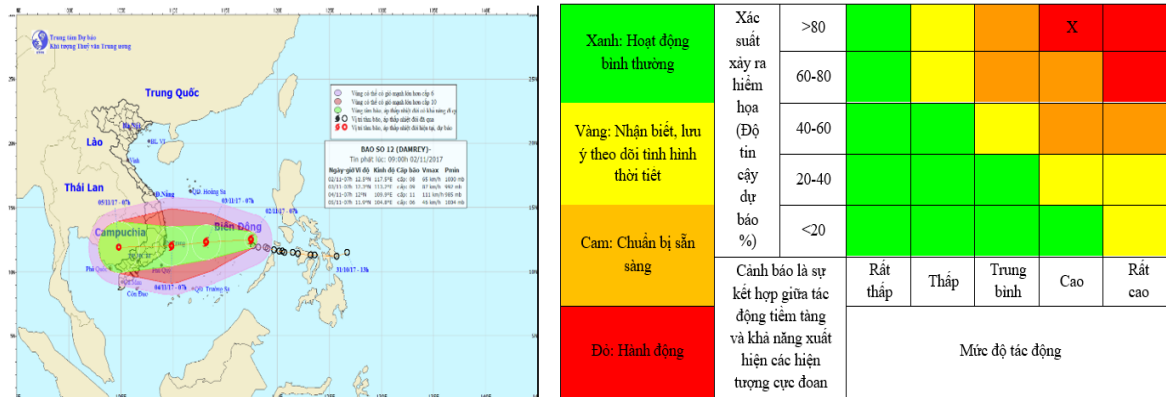
**Bảng 10.** Mức độ tác động - hành động cho các đối tượng, ngành nghề trước 48 giờ.

Tác động	Nhỏ	Vừa	Lớn	Nghiêm trọng
Hành động	Hoạt động bình thường	Nhận biết - theo dõi thời tiết	Chuẩn bị sẵn sàng	Hành động
Dân cư		x		
Nông nghiệp	x			
Thương mại - dịch vụ		x		
Giao thông vận tải			x	
Cơ sở hạ tầng			x	
Y tế		x		
Tàu thuyền			x	

*c) Thời điểm trước khi bão đổ bộ 24 giờ*

Tại thời điểm 07 giờ ngày 03/11/2017, bão số 12 đạt cấp 11-12. Theo dự báo của NCHMF, đến 07 giờ ngày 04/11, vị trí tâm bão ở vào khoảng 12,2 độ Vĩ Bắc; 109,1 độ Kinh Đông, sức gió mạnh nhất ở vùng gần tâm bão mạnh cấp 10-11, giật cấp 15. Khi đó thành phố Nha Trang cách tâm bão khoảng 6km, đối chiếu với bảng 4, cho gió ảnh hưởng bởi cấp 10-11, giật cấp 12-13 (rất cao). Kết quả DPE hạn 24 giờ bằng 71km, đối chiếu với bảng 3 nằm trong khoảng phân vị 80-90%, vì vậy, gán độ tin cậy bằng 90% (P = 5). Thực hiện các bước

theo quy trình ở hình 6, cho kết quả như sau: đối tượng Nông nghiệp ở mức tác động vừa (hoạt động bình thường); Dân cư, Thương mại-dịch vụ, Y tế ở mức tác động lớn (chuẩn bị sẵn sàng); CSHT, Tàu thuyền, GTVT ở mức tác động nghiêm trọng (hành động); riêng đối với khu vực cụ thể thành phố Nha Trang mức độ tác động nghiêm trọng (cần phải hành động).



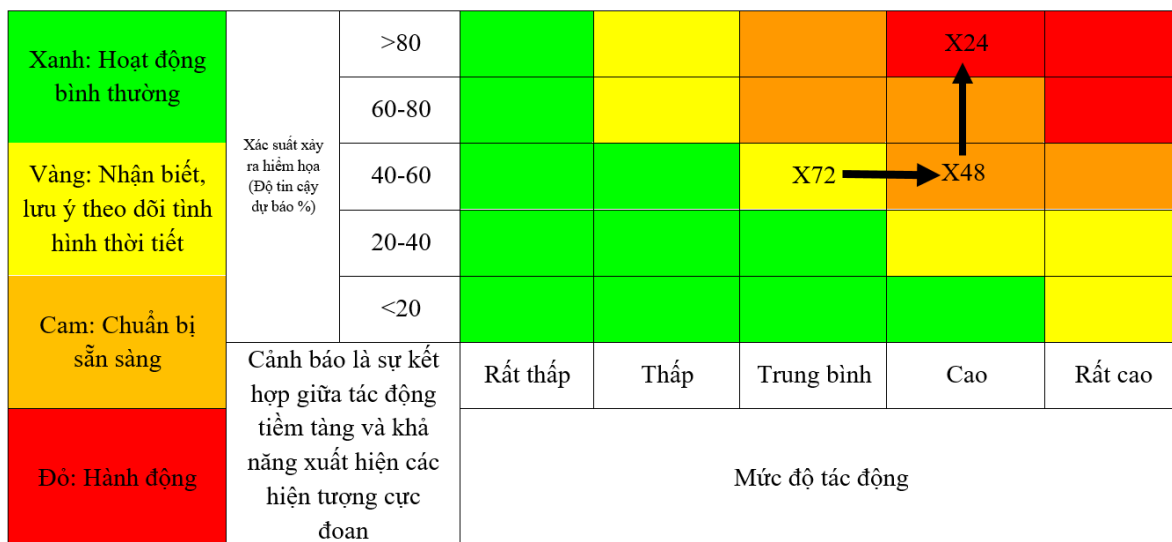
Hình 9. Quỹ đạo dự báo ATNĐ từ NCHMF và ma trận tác động trước 24 giờ.

Bảng 11. Mức độ tác động - hành động cho các đối tượng, ngành nghề trước 24 giờ.

Tác động	Nhỏ	Vừa	Lớn	Nghiêm trọng
Hành động	Hoạt động bình thường	Nhận biết - theo dõi thời tiết	Chuẩn bị sẵn sàng	Hành động
Dân cư			X	
Nông nghiệp		X		
Thương mại - dịch vụ			X	
Giao thông vận tải				X
Cơ sở hạ tầng				X
Y tế			X	
Tàu thuyền				X

d) Ma trận tác động theo thời gian

Với kết quả như vậy, diễn biến tác động theo thời gian 72, 48 và 24 giờ trước khi bão đổ bộ được minh họa như hình dưới đây. Có thể thấy, tính chung cho thành phố Nha Trang, dự báo nhận biết, theo dõi thời tiết được đưa ra từ hạn 72 giờ và tăng lên mức chuẩn bị sẵn sàng ở hạn 48 giờ và đến hạn 24 giờ khi bão đổ bộ là hành động. Tuy nhiên, cần xét đến từng đối tượng, ngành nghề để có kết quả tác động và hành động cụ thể.



Hình 10. Ma trận tác động theo thời gian tại thành phố Nha Trang với các thời điểm trước khi bão số 12 - Damrey bão đổ bộ trước 72 giờ, 48 giờ, 24 giờ.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã tính toán cấp độ mức độ phơi bày, tính dễ bị tổn thương cho riêng 07 đối tượng, ngành nghề và tính toán mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương tổng hợp cho thành phố Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa. Thực tế với cơn bão số 12 - Damrey năm 2017, đổ bộ vào tỉnh Khánh Hòa, các đối tượng chịu tác động chính đầu tiên là tàu thuyền, sau đó là CSHT, GTVT, dân cư, thương mại-dịch vụ, y tế, nông nghiệp và qua tính toán tính dễ bị tổn thương của các đối tượng trước bão khá phù hợp với diễn biến diễn biến thực tế thiệt hại tại địa phương. Nghiên cứu sử dụng ma trận tác động, đưa ra mức độ tác động trong từng thời điểm dự báo và hành động tương ứng. Có thể thấy việc dự báo dựa trên tác động hướng tới từng đối tượng cụ thể khá phù hợp với thực tiễn. Khu vực thành phố Nha Trang trước 72 giờ, cần chú ý theo dõi diễn biến của bão; đến trước 48 giờ cần chuẩn bị sẵn sàng và trước 24 giờ cần hành động gấp. Ngoài ra, mặc dù ở địa phương cụ thể cùng đứng trước một hiểm họa tuy nhiên với từng đối tượng, ngành nghề có mức độ phơi bày, tính dễ bị tổn thương khác nhau dẫn đến mức độ rủi ro, tác động và hành động là khác nhau.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T.V., T.V.H.; Xử lý số liệu: P.T.V., P.V.T.; Viết bản thảo bài báo: P.T.V.; Chỉnh sửa bài báo: T.V.H.

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn Đề tài “Xây dựng công nghệ dự báo tác động và cảnh báo rủi ro do Bão, Áp thấp nhiệt đới và lũ tại các tỉnh khu vực Trung Bộ”, mã số TNMT.2022.06.03, đã hỗ trợ về số liệu và phương pháp luận để thực hiện bài báo này.

**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. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters United Nations Office for Disaster Risk Reduction. The human cost of disasters: An overview of the last 20 years (2000-2019). 2020.
2. World Meteorological Organization (WMO). WMO guidelines on multi-hazard impact-based forecast and warning services. World Meteorological Organization, 2015. Online available: <https://public.wmo.int/en/media/news/wmo-updates-guidelines-multi-hazard-impact-based-forecast-and-warning-services> (Accessed 1 March 2021).
3. Moron, L.A. Impact-based forecasting and warning system: A new forecast paradigm. Assistant Weather Services Chief. DOST-PAGASA.
4. Moron, L.A. Impact-based forecasting (IBF) in the Philippines: A forecast paradigm. ESCAP/WMO Typhoon Committee 16<sup>th</sup> Integrated Workshop, 02-03 December 2021.
5. Online available: <https://www.thesouthafrican.com/news/weather/new-impact-based-severe-weather-warning-system>.
6. Online available: <https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/collaboration/newton/insights/accelerating-impact-based-forecasting>.
7. Online available: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/guides/severe-weather-advice>.
8. Trung tâm Dự báo Khí tượng thủy văn Quốc gia. Đặc điểm Khí tượng thủy văn năm 2017, 2017.
9. IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T.F.; Qin, D.;

- Dokken, D.J.; Ebi, K.L. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012.
10. Hiền, X.N.; Thanh, T.N.; Tiến, D.D.; Thủy, T.N.; Hương, V.N.; Thủy, T.T.; Hưng, K.M.; Phương, H.D. Nghiên cứu cảnh báo rủi ro do bão Sinlaku năm 2020 cho khu vực Bắc Trung Bộ theo bản tin dự báo. Tham vấn về thông tin khí tượng thủy văn phục vụ công bố cấp độ rủi ro thiên tai. Tổng cục khí tượng thủy văn, 2020.
  11. Tiến, D.D.; Thành, N.D.; Chánh, K.Q.; Hằng, N.T. Khảo sát sai số dự báo và kỹ năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão của các trung tâm dự báo và các mô hình động lực trên khu vực Biển Đông. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2016, 661, 17–23.
  12. Tiến, D.D. Khảo sát mối quan hệ giữa kỹ năng mô phỏng quỹ đạo bão và cường độ bão cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương bằng hệ thống dự báo tổ hợp. Luận án tiến sĩ khí tượng và khí hậu học, Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, 2017.
  13. Năng, Q.T; Tiến, T.T. Đánh giá kỹ năng dự báo quỹ đạo bão của hệ thống mô hình tổ hợp. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2020, 717, 11–19.
  14. Iyengar, N.S.; Sudarshan, P. A Method of Classifying Regions from Multivariate Data. *Econ. Political Weekly* 1982, 17, 2048–2052.
  15. Hương, H.T.L.; Hiền, N.X.; Thủy, N.T.; Hằng, V.T.; Công, N.T. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt khu vực Trung Trung Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2020, 715, 13–26.
  16. Long, V.Đ.; Trang, N.T.T. Đánh giá nguy cơ rủi ro do hạn hán phục vụ phát triển kinh tế xã hội cho khu vực Tây Nguyên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2020, 711, 25–38.
  17. Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, Bộ kế hoạch và đầu tư. Thông tư liên tịch hướng dẫn thống kê, đánh giá thiệt hại do thiên tai gây ra. Số 43/2015/TTLT-BNNPTNT-BKHĐT, 2015.
  18. Online available: <https://community.wmo.int/en/classification-tropical-cyclones>
  19. Thủ tướng chính phủ. Quy định về dự báo, cảnh báo, truyền tin thiên tai và cấp độ rủi ro thiên tai. QĐ số 18/2021/QĐ-TTg ngày 22 tháng 4 năm 2021.
  20. Online available: <https://www.thesouthafrican.com/news/weather/new-impact-based-severe-weather-warning-system/>.

## Research impacts base forecast method of tropical cyclone: A case study for Darmrey typhoon land fall on Nha Trang City, Khanh Hoa Province

Phung Thi Vui<sup>1</sup>, Tran Van Hung<sup>1\*</sup>, Phan Van Tuan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Southern Central Regional Hydro-Meteorological Center; phungthivui@gmail.com; tranhungdubao@gmail.com

<sup>2</sup> Naval Academy; phanvantuants20@gmail.com

**Abstract:** This report is results of research Impacts Base Forecast (IBF) of Tropical Cyclone (TC) at Nha Trang city. Risk indexes have calculated and determined as TC impacts, include Hazard (H) has calculated by National Hydro and Meteorological Forecast Center (NHMFC) bulletins. TC impacts have been defined by the risk matrix method with 7 sectors what is basic for public warning about actions to cope with TC. The report has applied for Damrey Typhoon land fall on Nha Trang city on November 4<sup>th</sup>, 2017. The results for 72, 48 and 24 hours before Damrey effect, different impacts for different sectors and different coping actions.

**Keywords:** Damrey Typhoon; Impact Based Forecasting (IBF).



Bài báo khoa học

## Nghiên cứu tác động của hoạt động nhân sinh đến hàm lượng kim loại nặng trong tầng chứa nước Pleistocene khu vực TP.HCM

Hoàng Thị Thanh Thủy<sup>1\*</sup>, Từ Thị Cẩm Loan<sup>1</sup>, Trần Đức Dậu<sup>1</sup>, Huỳnh Tiến Đạt<sup>1</sup>, Cấn Thu Văn<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; htthuy@hcmunre.edu.vn; ttcloan1201@gmail.com; tddau@hcmunre.edu.vn; htat@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: htthuy@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-983 029 127

Ban biên tập nhận bài 15/7/2023; Ngày phản biện xong: 16/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Sự hiện diện của nhiều kim loại nặng, trong đó có những kim loại nặng độc hại, trong tầng chứa nước Pleistocene khu vực TP. HCM đã được đề cập đến ở nhiều nghiên cứu gần đây. Để có thể xác định vai trò của các hoạt động nhân sinh đến hàm lượng kim loại nặng, phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (*one way ANOVA*) kết hợp với hồi cứu dữ liệu và khảo sát thực tế đã được thực hiện. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê của hàm lượng các kim loại nặng Ni, Cu, Cd và Pb giữa các giếng quan trắc, thể hiện tác động của hoạt động nhân sinh. Các kim loại nặng Al, Cr, Fe, Mn và Zn phản ánh giá trị nền và chưa thể hiện tác động của quá trình nhân sinh. Nghiên cứu đã cho thấy ANOVA là cách tiếp cận hiệu quả trong xử lý dữ liệu thủy địa hóa. Các kết quả của nghiên cứu cũng là cơ sở khoa học cho các nhà hoạch định chính sách quản lý hiệu quả nguồn tài nguyên nước dưới đất tại TP. HCM.

**Từ khóa:** Nước dưới đất; Kim loại nặng; Phân tích thống kê; ANOVA; Tầng chứa nước Pleistocene.

### 1. Giới thiệu

Theo cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ, kim loại nặng là các nguyên tố tự nhiên có trọng lượng có thể gây hại đến sinh vật sống ở nồng độ thấp và có xu thế tích lũy trong chuỗi thức ăn [1]. Nguồn nước bị ô nhiễm kim loại nặng có thể gây ung thư và độc tính đối với sinh vật sống, thời gian tồn tại lâu dài có thể vượt quá hàng thập kỷ [2-5]. Trong nước dưới đất, nguồn cung cấp các kim loại nặng bao gồm hai nguồn tự nhiên và nhân tạo. Thuộc về nhóm nguồn gốc tự nhiên là thành phần thạch học của tầng chứa nước, quá trình phong hóa đá và thổ nhưỡng, quá trình vận chuyển trong không khí và dòng chảy mặt [2-3]. Các nguồn gốc nhân tạo đóng vai trò quan trọng trong sự phát tán các kim loại nặng là nước thải công nghiệp luyện kim, khai thác mỏ, v.v... Bên cạnh đó, quá trình nhiễm mặn, axit hóa, suy giảm mực nước do khai thác quá mức, sụt lún đất cũng làm tăng nồng độ kim loại nặng trong nước dưới đất [4-5]. Do đó, kim loại nặng là một thông số cần được quan trắc thường xuyên để đảm bảo an toàn cho sức khỏe con người và hệ sinh thái.

TP.HCM có trữ lượng nước dưới đất khá phong phú với bảy tầng chứa nước, từ trên xuống là Holocene, Pleistocene trên (qp<sub>3</sub>), Pleistocene giữa trên (qp<sub>2-3</sub>), Pleistocene dưới (qp<sub>1</sub>), Pliocene trên (n<sub>22</sub>), Pliocene dưới (n<sub>21</sub>) và Miocen trên (n<sub>13</sub>). Ở khu vực phía Bắc là các tầng chứa nước Pleistocene trong khi ở phía Nam (Nam Bình Chánh, quận 7, Nhà Bè, Cần Giờ) chủ yếu là các tầng chứa nước trong trầm tích Holocene) [6]. Tầng Pleistocene là tầng

có trữ lượng lớn nhất và được khai thác nhiều nhất với 3 phụ tầng là Pleistocene trên ( $qp_3$ ), Pleistocene giữa trên ( $qp_{2-3}$ ) và Pleistocene dưới ( $qp_1$ ). Phụ tầng  $qp_3$  được cấu tạo bởi đất đá hạt thô thuộc phần dưới của hệ tầng Pleistocen trên ( $Q_1^3$ ), phủ trực tiếp trên thành tạo rất nghèo nước  $Q_1^{2-3}$  và bị phủ bởi thành tạo rất nghèo nước  $Q_2-Q_1^3$ . Diện phân bố của phụ tầng  $qp_3$  khoảng 1.813 km<sup>2</sup>, chiếm 86,51% diện tích toàn thành phố. Chiều dày của tầng thay đổi tương đối lớn từ 4,4 m đến 50,5 m, trung bình 22,6 m. Thành phần thạch học chủ yếu là cát mịn đến trung, đôi chỗ thô, cát bột, bột cát,... phân lớp, màu trắng, xám trắng, xám vàng đôi khi có lẫn sạn sỏi [6]. Phụ tầng  $qp_{2-3}$  phủ trực tiếp trên thành tạo rất nghèo nước  $Q_1^1$  và bị phủ bởi thành tạo rất nghèo nước  $Q_1^{2-3}$ . Phụ tầng này có diện tích phân bố 2.011 km<sup>2</sup>, chiếm 95,96% diện tích toàn thành phố, chiếm trên diện rộng ở Thủ Đức, phía đông Củ Chi (gần sông Sài Gòn) và chìm sâu về phía biển và phía Tây Nam. Chiều dày của tầng thay đổi tương đối lớn từ 5,0 m đến 84,0 m, trung bình 32,2 m. Thành phần thạch học chủ yếu là cát mịn đến thô, cát bột, bột cát,... phân lớp, phân nhip khá dày tùy nơi màu xám trắng, xám vàng, đỏ nâu loang lổ đôi khi có lẫn sạn sỏi [6]. Phụ tầng  $qp_1$  không lộ ra trên mặt mà bị thành tạo rất nghèo nước Pleistocen dưới ( $Q_1^1$ ) che phủ và phủ trực tiếp lên trên thành tạo rất nghèo nước Pliocen giữa ( $N_2^2$ ). Phụ tầng này phân bố trên diện tích 1.881 km<sup>2</sup>, chiếm 89,76% diện tích toàn thành phố. Chiều dày của tầng thay đổi tương đối lớn từ 1,8 m đến 67,0 m, trung bình 31,9 m. Thành phần thạch học chủ yếu là cát mịn, mịn đến thô có lẫn sạn sỏi phân lớp và phân nhip khá dày màu vàng, vàng nâu, trắng xám, thường xen kẹp thấu kính cát bột, bột sét, bột cát [6]. Là một khu vực có mật độ dân số cao nên tài nguyên nước dưới đất ở TP.HCM trở nên đặc biệt dễ bị tổn thương. Tuy nhiên, các nghiên cứu đã triển khai về chất lượng nước dưới đất tại TP. HCM vẫn còn hạn chế so với các nghiên cứu về nguồn nước mặt. Dữ liệu đầy đủ nhất từ hệ thống quan trắc do Chi cục Bảo vệ Môi trường TP.HCM (nay là Trung tâm quan trắc môi trường) và Liên đoàn điều tra Quy hoạch tài nguyên nước miền Nam. Hệ thống quan trắc do Chi cục Bảo vệ Môi trường TP.HCM quản lý gồm 16 trạm với 45 giếng được triển khai từ năm 2007. Chất lượng nước dưới đất ở các trạm được quan trắc 3 tháng/lần trong năm. Tám kim loại được quan trắc là Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, As và Cr. Kết quả quan trắc đã cho thấy có ba kim loại (Pb, Cd và Mn) đã có xu hướng tăng ở cả ba tầng Pleistocene, Pliocene trên và Pliocene dưới [7]. Hệ thống quan trắc quốc gia do Liên đoàn điều tra Quy hoạch tài nguyên nước miền Nam bao gồm 16 trạm với 45 giếng được triển khai từ năm 1990. Tám kim loại được quan trắc là Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, As và Cr. Kết quả quan trắc của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Nam đã cho thấy trong phạm vi TP. HCM đã có dấu hiệu tăng cao một số chỉ tiêu (Fe, Mn và Cd) so với giá trị giới hạn [8]. Một số công trình nghiên cứu khác cũng đã đề cập đến sự gia tăng hàm lượng kim loại nặng như Mn và Fe [9] hoặc Cu, Pb và Zn trong nước dưới đất khu vực TP.HCM [10]. Do đó, nghiên cứu xác định nguồn gốc của các chất ô nhiễm này rất cần thiết. Các báo cáo quan trắc chủ yếu so sánh với quy chuẩn Việt Nam để đánh giá mức độ ô nhiễm và phục vụ công tác quản lý nhà nước, chưa quan tâm đến phân tích bộ số liệu này, chưa đề cập đến các giá trị vượt quy chuẩn cho phép có nguồn gốc “tự nhiên” hay “nhân sinh”. Nghiên cứu của nhóm tác giả [10] tuy đã đề cập đến ảnh hưởng của hoạt động nhân sinh đến các kim loại Cu, Pb và Zn nhưng còn mang tính chất định tính dựa trên kết quả khảo sát thực tế. Chính vì vậy, rất cần một phương pháp hiệu quả, có độ tin cậy cao để có thể xác định nguồn gốc của các chất ô nhiễm này. Đặc biệt đối với khu vực đô thị như TP.HCM thì đánh giá được ảnh hưởng của hoạt động nhân sinh là yêu cầu cấp bách hiện nay.

Trong thực tế, sự tương tác giữa các nguồn địa chất và nhân sinh rất phức tạp và hiện nay phương pháp phân tích thống kê là cách tiếp cận hiệu quả và đã được áp dụng rộng rãi để có thể xác định nguồn gốc của các kim loại nặng trong nước dưới đất [11–13]. Một trong những phương pháp phổ biến là kỹ thuật phân tích nhân tố [14–16] hoặc kết hợp phân tích nhân tố và phân tích cụm [17–19] để có thể trích rút ra các nhóm kim loại có cùng nguồn gốc (tự nhiên hay nhân sinh) từ bộ dữ liệu ban đầu. Tuy nhiên, để có thể áp dụng kỹ thuật này cần có những điều kiện tối thiểu như tập mẫu tuân theo phân phối chuẩn và thỏa mãn các

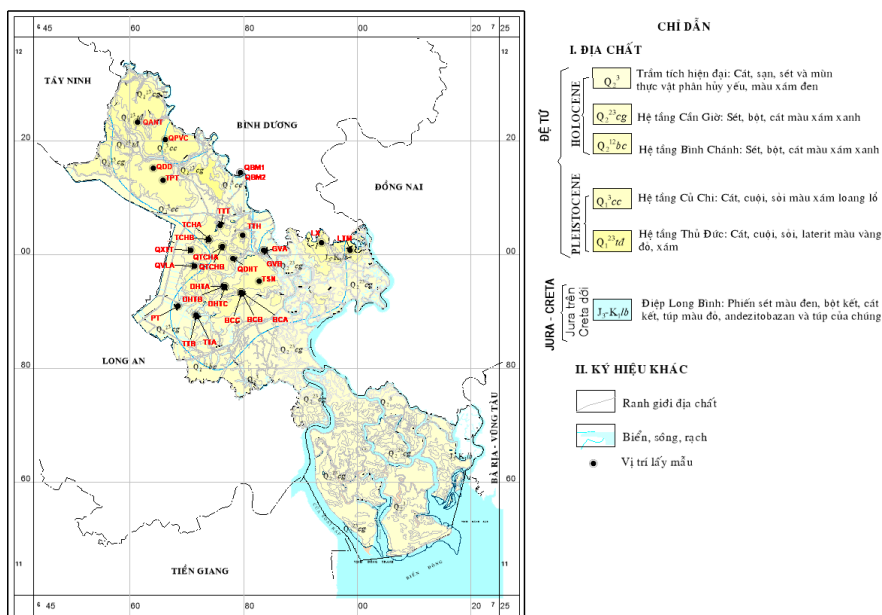
điều kiện của kiểm định *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO)* và kiểm định Bartlett [20–21]. Trong thực tế, các tập mẫu thủy địa hóa rất khó thể hiện phân phối chuẩn do sự khác biệt về không gian giữa các vị trí lấy mẫu. Trong trường hợp này, có thể áp dụng phân tích phương sai một yếu tố (oneway ANOVA). Phân tích phương sai một yếu tố là phân tích dựa trên ảnh hưởng của một nhân tố và đã được áp dụng rộng rãi để kiểm định giả thuyết về sự khác biệt thống kê của các nhóm mẫu với sai số tối đa 5% [20–21]. Cách tiếp cận này đã được áp dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về thành phần hóa học nước và đặc biệt là xác định nguồn gốc kim loại nặng trong nước dưới đất [22–25]. Cụ thể, tác giả [25] đã có thể xác định nguồn thải công nghiệp là nguyên nhân gây ra ô nhiễm kim loại nặng trong nguồn nước cấp. Tương tự, tác giả [26] cũng đã áp dụng phân tích ANOVA cho thấy bên cạnh nguồn tự nhiên (Phong hóa silicat và cacbonat) thì hoạt động khai thác mỏ và nông nghiệp là những yếu tố có ảnh hưởng đến thành phần hóa học tầng chứa nước.

Mục tiêu của nghiên cứu là: (1) Đánh giá hiện trạng ô nhiễm kim loại nặng (Al, Cr, Cu, Ni, Mn, Fe, Zn Cd và Pb) và (2) Xác định vai trò hoạt động nhân sinh đến sự phân bố kim loại nặng trong nước dưới đất tầng Pleistocene khu vực TP.HCM bằng phương pháp phân tích ANOVA. Tầng Pleistocene được lựa chọn là tầng chứa nước nghiên cứu vì đây là tầng chịu tác động của các hoạt động nhân sinh [9–10] đồng thời cũng là tầng chứa nước được khai thác nhiều nhất ở TP.HCM [6]. Với nhiều ưu điểm, phương pháp phân tích ANOVA là cách tiếp cận mới được lựa chọn để áp dụng trong xử lý bộ dữ liệu. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học trong thiết kế mạng lưới quan trắc tài nguyên nước và đề xuất giải pháp phù hợp để giảm thiểu ô nhiễm, bảo vệ nguồn tài nguyên nước dưới đất trên địa bàn TP.HCM.

## 2. Phương pháp xử lý số liệu

### 2.1. Dữ liệu đầu vào

29 mẫu nước dưới đất thuộc tầng chứa nước Pleistocene đã được thu thập cùng với hai đợt quan trắc (tháng 5 và tháng 9 năm 2017) của Trung tâm quan trắc TP.HCM và Liên đoàn quy hoạch điều tra tài nguyên nước miền Nam (Hình 1). Mẫu sau khi chuyển về phòng thí nghiệm được bảo quản trong tủ mát ở 2-8°C và được đo trong vòng một tuần. Mẫu được lọc qua màng lọc PTFE 0,45 μm và hàm lượng các kim loại nặng Al, Ni, Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb và Cr được phân tích bằng thiết bị ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) tại phòng thí nghiệm Địa chất và Khoáng sản, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM [27].



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu.

## 2.2. Phương pháp xử lý số liệu

Do có một số mẫu có hàm lượng thấp, nhỏ hơn giới hạn phát hiện nên sẽ được gán giá trị là 1/3 giới hạn phát hiện để đảm bảo đủ dữ liệu cho phân tích thống kê [28]. Quy trình xử lý bộ dữ liệu được thực hiện bằng phần mềm SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) gồm các bước như sau:

### a) Xác định hàm phân bố của tập mẫu

Một tập mẫu phân phối chuẩn thường có trị số trung bình và trung vị gần bằng nhau. Để xác định tập mẫu có tuân theo phân phối chuẩn hay không trước hết dựa vào giá trị của giá trị độ lệch (*skewness*) hoặc độ nhọn (*kurtosis*). Giá trị tuyệt đối của độ lệch thấp (gần bằng 0) thì tập mẫu có tuân theo phân phối chuẩn. Giá trị độ lệch càng cao thì tập mẫu có phân bố càng bất đối xứng. Trong trường hợp độ nhọn thì giá trị tiêu chuẩn là 3 [20]. Ngoài ra, trong SPSS cũng có các công cụ khác để kiểm định tính phân phối chuẩn của tập mẫu và Shapiro-Wilk test là một những công cụ được khuyến khích sử dụng khi số lượng biến thấp (< 30) [21]. Một tập mẫu được coi là có phân phối chuẩn khi mức ý nghĩa (Sig.) lớn hơn 0,05. Do đó, với dữ liệu hiện có của nghiên cứu có thể áp dụng Shapiro-Wilk test để xác định hàm phân bố của tập mẫu.

### b) Phân tích ANOVA

Dựa trên các kết quả xác định hàm lượng các kim loại nặng cùng với số liệu quan trắc và khảo sát thực địa, tiến hành phân loại các giếng thành hai nhóm: nhóm 1 là các giếng không xuất hiện các giá trị bất thường do đó được xếp vào nhóm không chịu ảnh hưởng của hoạt động nhân sinh. Nhóm 2 là giếng có sự tăng cao của hàm lượng kim loại nặng và có những dữ liệu về ảnh hưởng của hoạt động nhân sinh.

Kỹ thuật phân tích ANOVA được áp dụng để kiểm định sự khác biệt về mặt thống kê giữa hai nhóm giếng này - hay nói cách khác là trả lời câu hỏi tác động hoạt động nhân sinh có dẫn đến sự khác biệt về hàm lượng kim loại nặng trong các giếng quan trắc hay không.

Dữ liệu đầu vào gồm 1 biến phân loại (tác động của hoạt động nhân sinh) và các biến định lượng (hàm lượng của 5 kim loại nặng Ni, Cu, Cd, Pb và Mn). Lúc này tập mẫu có k là số nhóm (thông số); j: số quan sát trong một nhóm; n là tổng số quan sát của các nhóm. Trung bình của các tổng thể được ký hiệu là  $\mu_i$  ( $\mu_1; \mu_2 \dots \mu_5$ ) thì mô hình phân tích phương sai một yếu tố ảnh hưởng được mô tả dưới dạng kiểm định giả thuyết như sau:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_5$  tức là biến nguyên nhân định tính (hoạt động nhân sinh) không có tác động gì lên kết quả của biến định lượng (hàm lượng kim loại nặng).

$H_1$ : Tồn tại ít nhất một cặp có  $\mu_i \neq \mu_j; i \neq j$  tức là biến nguyên nhân định tính có ảnh hưởng đến biến định lượng.

Trình tự thực hiện phân tích ANOVA gồm hai phần [15–16]:

Phần 1: Thực hiện Levene test để dùng kiểm định phương sai bằng nhau hay không giữa các nhóm (các kim loại)

Sig  $\leq 0,05$ : bác bỏ  $H_0$ ; Sig  $> 0,05$ : Chấp nhận  $H_0$  và tập mẫu đủ điều kiện để phân tích ANOVA

Phần 2: Thực hiện ANOVA test

Bước 1: Tính các trung bình mẫu ( $\bar{x}_i$ ) và trung bình chung ( $\bar{x}$ ) của 5 kim loại nặng

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n_i} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (2)$$

Trong đó  $x_i$  là hàm lượng của 5 kim loại nặng ( $\mu\text{g/l}$ ),  $i = 1, 2 \dots k$  ( $k = 5$ );  $j = 1, 2, \dots n$ ; n: số giếng quan trắc ( $n = 29$ ).

Bước 2: Tính các tổng độ lệch bình phương nội nhóm (nội bộ từng kim loại - *Sum of Squares Within Groups (SSW)*), tổng độ lệch bình phương giữa các nhóm - *Sum of Squares - Between Groups (SSB)* và tổng độ lệch bình phương của toàn bộ tổng thể - *Sum of Squares - Total (SST)*.



$$SSW = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{x}_i)^2 \tag{3}$$

$$SSB = \sum_{i=1}^5 n_i \times (\bar{x}_i - \bar{X})^2 \tag{4}$$

$$SST = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{x})^2 \tag{5}$$

Bước 3: Tính các phương sai nội nhóm (*Mean Square - Within Groups (MSW)*) và phương sai giữa các nhóm (*Mean Square - Between Groups (MSB)*)

$$MSW = \frac{SSW}{n-k} \tag{6}$$

$$MSB = \frac{SSB}{k-1} \tag{7}$$

Bước 4: Kiểm định giả thuyết

Sig ≤ 0,05: Bác bỏ H<sub>0</sub> tức là đủ điều kiện để khẳng định có sự khác biệt giữa các kim loại nặng đối với biến phụ thuộc (hoạt động nhân sinh).

Sig > 0,05: Chấp nhận tức là chưa đủ điều kiện để khẳng định có sự khác biệt giữa các nhóm đối với biến phụ thuộc.

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Sự hiện diện của các kim loại nặng trong tầng chứa nước Pleistocen khu vực TP.HCM

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy sự hiện diện của nhiều kim loại nặng, trong đó có những kim loại nặng độc hại trong tầng chứa nước Pleistocene khu vực TP. HCM. Tuy nhiên, hàm lượng của các kim loại trong tầng chứa nước Pleistocen khu vực TP.HCM vẫn còn ở mức khá thấp. Đối với các kim loại như Cr, Cu, Zn và Cd thì 100% tổng số mẫu đều nhỏ hơn giá trị cho phép của Quy chuẩn Việt Nam (QCVN 09:2023) (Bảng 1). Có một số kim loại (Fe, Mn, Ni và Pb) đã vượt quá giá trị giới hạn của QCVN 09:2023. Số giếng có giá trị vượt quá quy chuẩn cho phép lần lượt là Mn (4 giếng tương ứng 15%); Fe (10 giếng tương ứng 37%); Ni (3 giếng ở khu công nghiệp Tân Tạo và Tân Sơn Nhất tương ứng 3% tổng số giếng và Pb (01 giếng quan trắc tại Phan Văn Cội (QPVC, Củ Chi). Do Al không có giá trị giới hạn theo QCVN 09:2023 nên để so sánh đã sử dụng của Tổ chức y tế thế giới WHO là 30 µg/L.

**Bảng 1.** Các tham số thống kê mô tả của tập mẫu.

Nguyên tố	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
	µg/l								
Giá trị lớn nhất	534	1,22	1518	46070	34,81	21,59	167	2,08	31,17
Giá trị nhỏ nhất	35	0,05	8,50	16	0,74	0,53	13	0,03	0,07
Trung vị	156	0,09	95	920	3,68	3,18	27	0,05	0,66
Trung bình	186	0,22	206	8303	6,52	4,98	42	0,17	2,43
Độ lệch chuẩn	154	0,32	330	12996	8,15	4,61	40	0,39	5,89
Độ lệch	0,76	4,99	8,98	3,39	6,68	5,01	3,77	22,51	21,85
Độ nhọn	1,10	2,45	2,91	1,98	2,55	1,94	2,10	4,56	4,50
QCVN09-2023	30 <sup>(a)</sup>	50	500	5.000	20	1.000	3.000	5	10
Số mẫu > QCVN	11	0	4	10	3	0	0	0	1
%	69	0	15	37	11	0	0	0	3,7

Chú thích: a: [29].

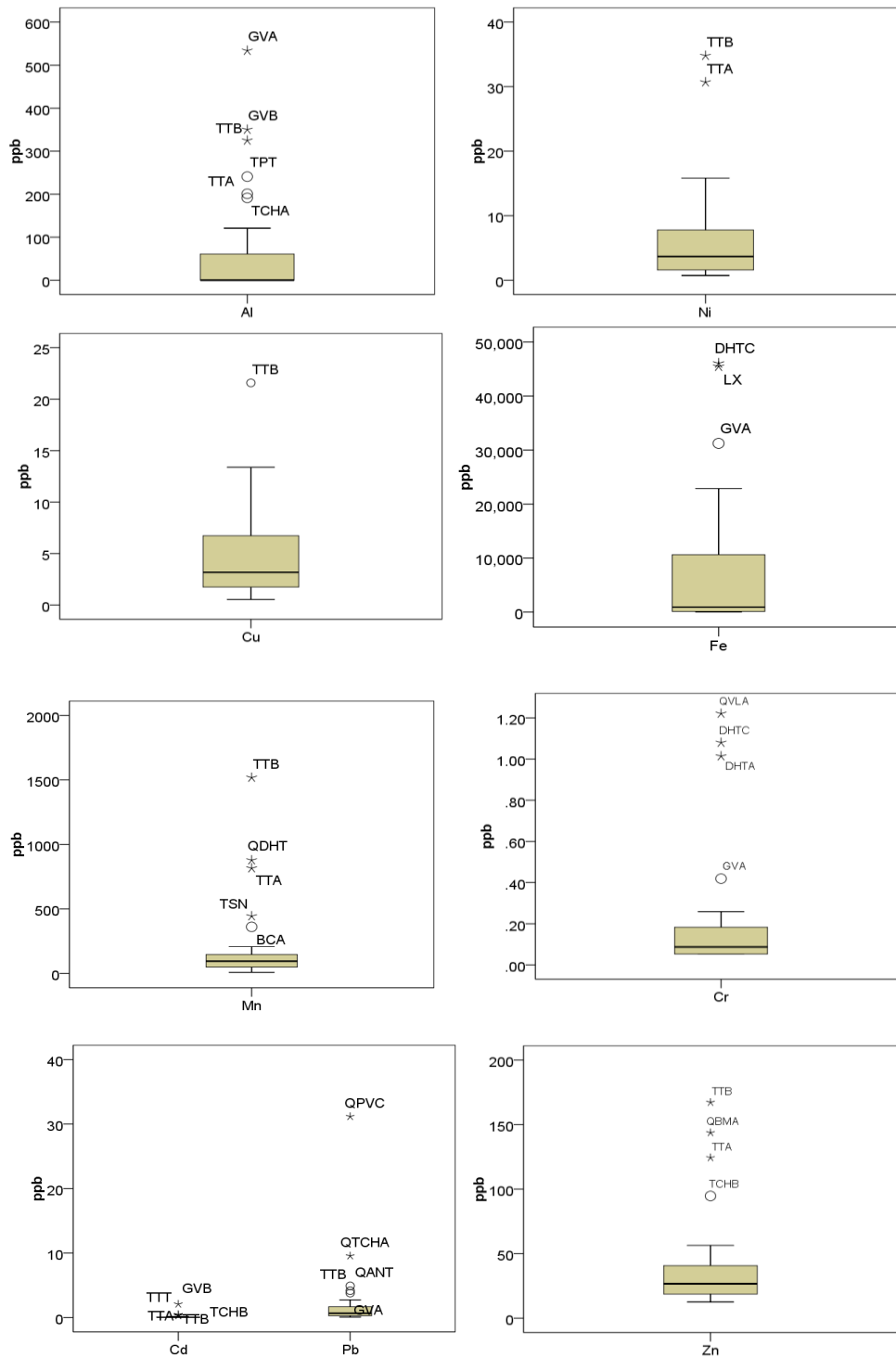
#### 3.2. Xây dựng giả thuyết về vai trò của các hoạt động nhân sinh đến hàm lượng kim loại

Dựa vào đồ thị boxplot về sự phân bố của các kim loại nặng (Hình 2) cho thấy có một số giếng đã thể hiện giá trị khác biệt, cụ thể như sau:

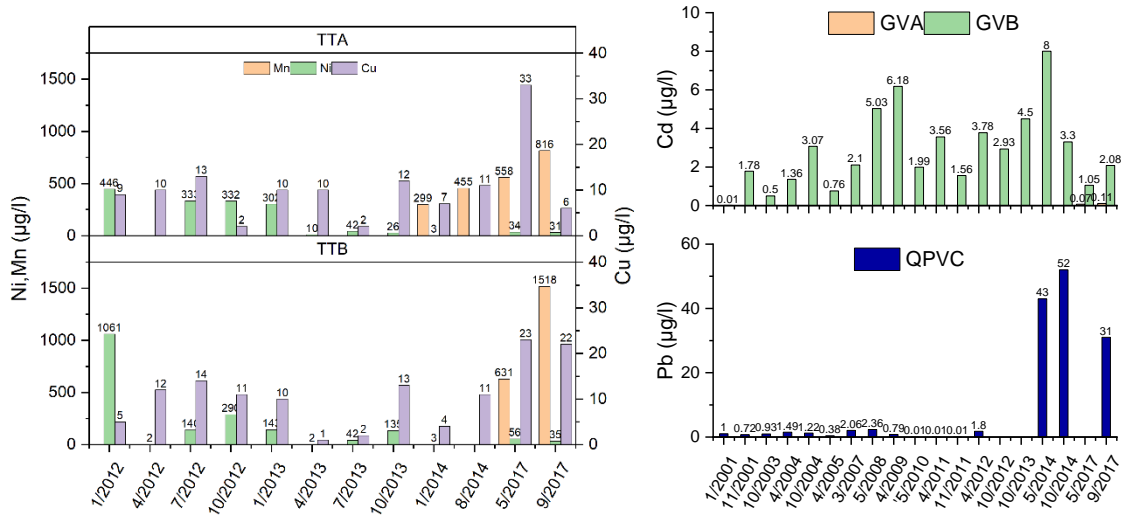
Mn thể hiện giá trị cao tại giếng quan trắc TTB (1,518 mg/l) thuộc trạm quan trắc Tân Tạo, huyện Bình Chánh. Ở trạm này có hai giếng quan trắc là TTA và TTB. Đối sánh với số liệu phân tích vào thời điểm tháng 5/2017 đã cho thấy hàm lượng Mn tại giếng TTB cũng ở mức cao (558 mg/l) (Hình 3). Do đó, có thể đánh giá đã xuất hiện dị thường Mn ở giếng TTB.



Trương tự, hàm lượng cao của Ni cũng được phát hiện tại hai giếng TTA và TTB của trạm quan trắc Tân Tạo. Đối sánh với dữ liệu quan trắc trước đây cho thấy kết quả phân tích năm 2017 khá tương đồng (Hình 2). Bên cạnh đó nếu so sánh số liệu của đề tài và số liệu quan trắc của Chi cục bảo vệ môi trường đối với ba tầng chứa nước (Pleistocene, Pliocene trên và dưới) trong giai đoạn 2012-2014 đã cho thấy hàm lượng Ni ở mức cao và tầng Pleistocene luôn có hàm lượng Ni cao hơn hai tầng dưới (Hình 3). Giếng quan trắc này là trạm đánh giá tác động của hoạt động nhân sinh khác nhau (công nghiệp, đô thị, v.v.) nên có thể xác định các hoạt động nhân sinh là nguyên nhân gây ra dị thường của Ni.



**Hình 2.** Đồ thị boxplot thể hiện sự biến thiên của hàm lượng các kim loại nặng ( $\mu\text{g/l}$ ) trong tầng chứa nước Pleistocene.



**Hình 3.** Sự biến thiên theo thời gian của hàm lượng các kim loại nặng Mn, Ni và Cd (Trạm TTA và TTB); Cd (Trạm GV) và Pb (Trạm QPVC).

Cũng tại Trạm Tân Tạo đã thấy xuất hiện dị thường của Cu (giếng TTB). Nhưng ở giếng TTA thì hàm lượng tương đối thấp. Khi hồi cứu với số liệu quan trắc thời điểm tháng 5/2017 thì hàm lượng Cu tại giếng này ở mức cao (32 µg/L). Đồng thời, nếu so sánh với chuỗi số liệu quan trắc của giai đoạn 2012-2014 đã cho thấy sự khác biệt rõ rệt so với thời điểm 2017 (Hình 3). Có thể đánh giá rằng Cu đã có xu thế tăng cao tại giếng TTB.

Ngược lại với các nguyên tố trên, Cd chỉ thể hiện một dị thường tại Trạm Gò Vấp, giếng GVB. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng cũng tại trạm này, hàm lượng Cd tại giếng GVA lại tương đối thấp. Xu thế này cũng được thể hiện tại thời điểm tháng 5/2017 (Hình 3). Trạm có vị trí ở khu dân cư An Lộc nằm cạnh kênh Vàm Thuật cách kênh khoảng 20m. Các hoạt động nhân sinh như nông nghiệp, đất trồng và đất ngập nước trồng rau muống có thể là nguyên nhân gia tăng hàm lượng Cd.

Hàm lượng Pb thể hiện dị thường tại giếng QPVC, trạm Phạm Văn Cội, huyện Củ Chi. So sánh với dữ liệu quan trắc của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Nam cũng cho thấy từ năm 2013 hàm lượng Pb đã có dấu hiệu tăng so với thời gian trước (Hình 3). Theo thực tế khảo sát giếng quan trắc tại khu vực nằm gần khu nông nghiệp Phạm Văn Cội. Các hóa chất sử dụng trong nông nghiệp cũng có thể là một nguồn phát sinh ra Pb và làm ảnh hưởng đến sự tăng cao hàm lượng Pb trong tầng chứa nước. Bên cạnh đó, dựa theo mặt cắt thủy văn của bản đồ địa chất thủy văn thành phố Hồ Chí Minh, giếng quan trắc QPVC (Q9902B) có thành phần thạch học của lớp phủ cũng như tầng qp3 chủ yếu là bột cát nên khả năng các chất ô nhiễm khuếch tán xuống các tầng chứa nước là rất cao [30].

Với bốn kim loại khác (Al, Cr, Fe, Zn) không thể hiện sự khác biệt rõ rệt về không gian giữa các giếng quan trắc và được đánh giá là phản ánh vai trò của yếu tố tự nhiên. Do đó giả thuyết chỉ có ba giếng là TTB, GV, QPVC là đã chịu ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm nhân sinh. Để kiểm chứng giả thuyết này sẽ thực hiện phân tích ANOVA để xác định có hay không sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 3 giếng nói trên và 26 giếng còn lại.

### 2.3. Kết quả kiểm chứng giả thuyết bằng phân tích thống kê ANOVA

#### a) Xác định hàm phân bố của tập mẫu

Kết quả trình bày các tham số thống kê mô tả của tập mẫu hàm lượng kim loại nặng được trình bày tại bảng 2. Tất cả các kim loại nghiên cứu đều có giá trị trung bình (*mean*) cao hơn trung vị (*median*). Thêm vào đó, giá trị của độ lệch chuẩn cũng rất lớn. Do đó, các kim loại nặng nghiên cứu đều thể hiện sự phân tán của tập mẫu - hay nói cách khác các kim loại có sự biến thiên rất lớn giữa các giếng quan trắc. Kết quả xác định độ lệch cho thấy tất cả các kim

loại đều có giá trị tuyệt đối khác thể hiện không tuân theo phân phối chuẩn, tập mẫu có phân bố càng bất đối xứng. Bên cạnh đó, giá trị độ nhọn cũng thể hiện sự bất đối xứng của tập mẫu và có thể đánh giá rằng tập mẫu không tuân theo phân phối chuẩn.

Trương tự, kết quả của kiểm định Shapiro-Wilk cũng cho thấy tập mẫu này cũng không tuân theo phân phối chuẩn do giá trị mức ý nghĩa  $p < 0,05$ . Do đó, để có thể thực hiện các phân tích thống kê tiếp theo, dữ liệu cần chuyển đổi sang logarith (log10). Sau khi logarith hóa bộ dữ liệu thì các kim loại nặng đã tuân theo phân phối chuẩn ngoại trừ Cr và Cd (Bảng 2).

**Bảng 2.** Kết quả xác định hàm phân bố theo kiểm định Shapiro-Wilk.

	Shapiro-Wilk				Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.		Statistic	df	Sig.
Mn	0,574	29	0,000	lgMn	0,965	29	0,435
Ni	0,664	29	0,000	lgNi	0,968	29	0,501
Cu	0,816	29	0,000	lgCu	0,972	29	0,610
Cd	0,389	29	0,000	lgCd	0,790	29	0,000
Pb	0,405	29	0,000	lgPb	0,969	29	0,529

*Statistic: Giá trị của thống kê Shapiro-Wilk; df: bậc tự do; Sig.: mức ý nghĩa*

Do đó, với số liệu sau khi logarith hóa đảm bảo điều kiện để phân tích ANOVA.

**b) Kết quả phân tích ANOVA**

Như đã trình bày ở trên, kỹ thuật ANOVA được thực hiện để kiểm định giả thuyết là hàm lượng một số kim loại (Mn, Ni, Cu, Cd và Pb) tăng cao tại ba giếng TTB, GV và QPVC là do ảnh hưởng đáng kể của nguồn ô nhiễm nhân sinh. Do đó giả thuyết  $H_0$  là có sự khác biệt về mặt thống kê về hàm lượng của năm kim loại ở 3 giếng (TTB, GV, QPVC) so với 26 giếng còn lại.

Kết quả phân tích ANOVA với các kim loại nặng được trình bày tại bảng 3 và bảng 4. Bảng 3 trình bày kết quả kiểm định sự bằng nhau của các phương sai (Test of Homogeneity of Variances). Tất cả các kim loại khảo sát đều có giá trị mức ý nghĩa (Sig.) ở kiểm định này  $> 0,05$ . Do đó, phương sai giữa các lựa chọn của biến định tính ở trên không khác nhau và có thể sử dụng kết quả ở Bảng 4.

**Bảng 3.** Kết quả kiểm định sự bằng nhau của các phương sai.

	Levene statistic	df1	df2	Sig.
lgNi	1,156	1	27	0,292
lgCu	0,002	1	27	0,966
lgCd	1,684	1	27	0,205
lgPb	0,012	1	27	0,914
lgMn	0,368	1	27	0,549

*Levene statistic: Giá trị thống kê Levene, df1 & df2: Số bậc tự do; Sig. mức ý nghĩa (mặc định là 0,05 tương ứng với độ tin cậy của kiểm định là 95%).*

Bảng kết quả ANOVA đã cho thấy chỉ có Mn có giá trị sig = 0,99  $> 0,05$  chấp nhận giả thuyết  $H_0$  - thể hiện hàm lượng kim loại này không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai cụm giếng hay nói cách khác, nguồn ô nhiễm nhân sinh không ảnh hưởng đến kim loại này. Bốn kim loại còn lại (Ni, Cu, Cd và Pb) có giá trị sig  $< 0,05$  thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai cụm giếng hay nói cách khác, nguồn ô nhiễm nhân sinh đã có ảnh hưởng nhất định đến các kim loại này.

**Bảng 4.** Bảng kết quả ANOVA.

		Sum of Squares	df		Mean Square	F	Sig.
lgNi	SSB	1,577	1	MSB	1,577	10,070	0,004
	SSW	4,228	27	MSW	0,157		

		Sum of Squares	df		Mean Square	F	Sig.
	SST	5,805	28				
lgCu	SSB	0,728	1	MSB	0,728	4,673	0,040
	SSW	4,205	27	MSW	0,156		
	SST	4,932	28				
lgCd	SSB	2,017	1	MSB	2,017	11,099	0,003
	SSW	4,907	27	MSW	0,182		
	SST	6,924	28				
lgPb	SSB	3,234	1	MSB	3,234	10,566	0,003
	SSW	8,263	27	MSW	0,306		
	SST	11,496	28				
lgMn	SSB	0,738	1	MSB	0,738	2,919	0,099
	SSW	6,825	27	MSW	0,253		
	SST	7,562	28				

df: số bậc tự do; Mean Square: Trung bình bình phương; F: Tỷ số phương sai; Sig. mức ý nghĩa (mức định là 0,05 tương ứng với độ tin cậy của kiểm định là 95%).

#### 4. Kết luận

Phương pháp phân tích thống kê ANOVA là một cách tiếp cận hợp lý trong xử lý dữ liệu và đánh giá chất lượng nước dưới đất. Áp dụng đối với khu vực TP. HCM, kết quả phân tích ANOVA đã được kiểm chứng bằng số liệu quan trắc và khảo sát thực địa để xác định ảnh hưởng của các hoạt động nhân sinh đến hàm lượng kim loại nặng trong nước dưới đất tầng Pleistocene. Bốn kim loại nặng Ni, Cu, Cd và Pb đã có giá trị tăng cao tại một số giếng quan trắc (TTB, GV, QPVC) đồng thời cũng thể hiện có sự tác động nhất định của hoạt động nhân sinh. Năm kim loại còn lại bao gồm Al, Cr, Fe, Mn và Zn phản ánh vai trò của các yếu tố tự nhiên như thành phần thạch học của tầng chứa nước.

So với quy chuẩn cho phép (QCVN 09:2023), hàm lượng các nguyên tố nói trên còn ở mức thấp. Tuy nhiên, do có sự tăng cao của Cd và Pb là những kim loại nặng có độc tính, có thể gây ung thư nên vẫn cần tiếp tục triển khai quan trắc thường xuyên.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.T.T.T.; Xử lý số liệu: T.Đ.D., C.T.V.; Viết bản thảo bài báo: H.T.Đ., T.Đ.D.; Chỉnh sửa bài báo: T.T.C.L., C.T.V.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Bộ Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài; sự hỗ trợ của Trung tâm quan trắc (Sở Tài nguyên và Môi trường TP.HCM) và Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Nam trong quá trình thu thập mẫu hiện trường.

**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. United States Environmental Protection Agency S EPA Terms of Environment <https://www.epa.gov/caddis-vol2/metals>.
2. Kurwadkar, S.; Kanel, S.R.; Nakarmi, A. Groundwater pollution: Occurrence, detection, and remediation of organic and inorganic pollutants. *Water Environ. Res.: Res. Publ. Water Environ. Fed.* **2020**, *92(10)*, 1659–1668.
3. Karthikeyan, S.; Arumugam, S.; Muthumanickam, J.; Kulandaisamy, P.; Subramanian, M.; Annadurai, R.; Senapathi, V.; Sekar, S. Causes of heavy metal contamination in groundwater of Tuticorin industrial block, Tamil Nadu, India. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **2021**, *28(15)*, 18651–18666.
4. Khalid, S.; Shahid, M.; Natasha Shah, A.H.; Saeed, F.; Ali, M.; Qaisrani, S.A.; Dumat, C. Heavy metal contamination and exposure risk assessment via drinking groundwater in Vehari, Pakistan. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **2020**, *27(32)*, 39852–39864.

5. Lashkaripour, G.R.; Ghafoori, M. The effects of water table decline on the groundwater quality in aquifer of Torbat Jam Plain, Northeast Iran. *Int. J. Emerging Sci.* **2011**, 1(2), 153–163.
6. Toàn Đ.N. Báo cáo tổng hợp kết quả điều tra, đánh giá tài nguyên nước dưới đất thành phố Hồ Chí Minh. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên Nước miền Nam, 2016.
7. Sở Tài nguyên và Môi trường TP.HCM. Báo cáo hiện trạng môi trường TP.HCM năm 2012, 2013, 2014, 2021.
8. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Nam. Báo cáo kết quả quan trắc nước dưới đất giai đoạn 2000 đến 2014.
9. Kỳ, N.V.; Vân, L.T.T. Ô nhiễm Mangan trong nước dưới đất tầng Pleistocen khu vực thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Các khoa học về trái đất* **2013**, 35(1), 81–87.
10. Oanh, T.T.P.; Kỳ, N.V.; Thông, H.C.; Ngô, Đ.V.; Phúc, M.H. Đánh giá ô nhiễm kim loại trong nước dưới đất tầng Pleistocen khu vực quận Gò Vấp, TP. Hồ Chí Minh. Kỷ yếu Hội nghị khoa học lần thứ 2, Trường Đại học Tài nguyên & Môi trường TP. HCM, 2016.
11. Patel, P.S.; Pandya, D.M.; Shah, M.A. Holistic review on the assessment of groundwater quality using multivariate statistical techniques. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **2023**, 30(36), 85046–85070.
12. Kumar, V.; Parihar, R.D.; Sharma, A.; Bakshi, P.; Singh Sidhu, G.P.; Bali, A.S.; Karaouzas, I.; Bhardwaj, R.; Thukral, A.K.; Gyasi-Agyei, Y.; Rodrigo-Comino, J. Global evaluation of heavy metal content in surface water bodies: A meta-analysis using heavy metal pollution indices and multivariate statistical analyses. *Chemosphere* **2019**, 236, 124364.
13. Zainol, N.F.M.; Zainuddin, A.H.; Looi, L.J.; Aris, A.Z.; Isa, N.M.; Sefie, A.; Ku Yusof, K.M.K. Spatial analysis of groundwater hydrochemistry through integrated multivariate analysis: A case study in the urbanized Langat basin, Malaysia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, 18(11), 5733.
14. Boev, I.; Šorša, A.; Kovačević, B.; Mitrev, S.; Boev, B. The use of factor analysis to distinguish the influence of parent material, mining and agriculture on groundwater composition in the Strumica valley, Macedonia. *Geologia Croatica* **2016**, 69(2), 245–253.
15. Bux, R.K.; Haider, S.I.; Batool, M.; Solangi, A.R.; Memon, S.Q.; Shah, Z.U.; Moradi, O.; Vasseghian, Y. Natural and anthropogenic origin of metallic contamination and health risk assessment: A hydro-geochemical study of Sehwan Sharif, Pakistan. *Chemosphere* **2022**, 300, 134611.
16. Johnbosco, C.; Unigwe, E.C.O.; Omeka, M.E.; Ayejoto, D.A. Urban groundwater quality assessment using pollution indicators and multivariate statistical tools: A case study in southeast Nigeria. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* **2023**, 103(14), 3324–3350.
17. Belkhiri, L.; Mouni, L.; Narany, T.S.; Tiri, A. Evaluation of potential health risk of heavy metals in groundwater using the integration of indicator kriging and multivariate statistical methods. *Groundwater Sustainable Dev.* **2017**, 4, 12–22.
18. Charizopoulos, N.; Zagana, E.; Psilovikos, A. Assessment of natural and anthropogenic impacts in groundwater, utilizing multivariate statistical analysis and inverse distance weighted interpolation modeling: the case of a Scopia basin (Central Greece). *Environ Earth Sci.* **2018**, 77, 380.
19. Igibah, C.E.; Tanko, J.A. Assessment of urban groundwater quality using Piper trilinear and multivariate techniques: a case study in the Abuja, North-central, Nigeria. *Environ Syst Res.* **2019**, 8, 14. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0140-6>.
20. Trọng, H.; Ngọc, C.N.M. Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS. Tập 2, Nhà xuất bản Hồng Đức, TP.HCM, 2008, tr. 196.
21. Phúc, H.Đ. Sử dụng phần mềm SPSS trong phân tích số liệu. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà nội, 2005, tr. 452.
22. Kara, H.; Demir Yetiş, A.; Kalkan, S.; Yetiş, R. Evaluation of pollution indicators and transported sediment content in agricultural drainage waters for reuse as irrigation,



- Harran Plain, Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **2023**, 30(24), 64982–64993.
23. Kumar, V.; Gaunkar, R.; Thakker, J.; Ankola, A.V.; Irranna Hebbal, M.; Khot, A.J. P.; Goyal, V.; Ali, A.; Eldwakhly, E. Pediatric dental fluorosis and its correlation with dental caries and oral-health-related quality of life: A descriptive cross-sectional study among preschool children living in Belagavi. *Children* **2023**, 10(2), 286.
  24. Pujar, P.M.; Kenchannavar, H.H.; Kulkarni, R.M.; Kulkarni, U.P. Real-time water quality monitoring through Internet of Things and ANOVA-based analysis: A case study on river Krishna. *Appl. Water Sci.* **2019**, 10, 22.
  25. Jehan, S.; Khattak, S.A.; Muhammad, S. et al. Human health risks by potentially toxic metals in drinking water along the Hattar Industrial Estate, Pakistan. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2020**, 27, 2677–2690.
  26. Sikakwe, G.U.; Ilumo, B.U. Geochemical characteristics and evaluation of the potentially toxic metals in surface and groundwater in Akamkpa-Biase, southeastern Nigeria. *Arab. J. Geosci.* **2021**, 14, 1–22.
  27. Thủy, H.T.T. Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu đánh giá tác động của các nguồn ô nhiễm nhân sinh đến sự phân bố các kim loại nặng độc hại trong nước dưới đất khu vực TP.HCM. 2018.
  28. Reimann, C.; de Caritat, P. Establishing geochemical background variation and threshold values for 59 elements in Australian surface soil. *Sci. Total Environ.* **2017**, 578, 633–648.
  29. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> Edition, [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf).
  30. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước quốc gia. Báo cáo kết quả đề tài Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc. 2019.

## Studying the impact of anthropogenic activities on heavy metal contents in Pleistocene aquifers in Ho Chi Minh City

Hoang Thi Thanh Thuy<sup>1\*</sup>, Tu Thi Cam Loan<sup>1</sup>, Tran Duc Dau<sup>1</sup>, Huynh Tien Dat<sup>1</sup>, Can Thu Van<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment;  
 httthuy@hcmunre.edu.vn; ttcloan1201@gmail.com; tddau@hcmunre.edu.vn;  
 httdat@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

**Abstract:** The presence of various heavy metals, including hazardous metals, in Hochiminh City's Pleistocene aquifer has recently been reported. The ANOVA approach (analysis of variance) was used in conjunction with monitoring data and field surveys to investigate the effects of anthropogenic activities on heavy metal levels. The findings indicate that anthropogenic activities have an impact on the distribution of heavy metals such as Ni, Cu, Cd, and Pb. There was a statistically significant difference of these metal levels between the monitoring wells. Although the levels of these metals remain low, they must be monitored on a regular basis, notably for Cd and Pb. The other heavy metals, Al, Cr, Fe, Mn, and Zn, showed natural backgrounds and insignificant impacts from anthropogenic activities. It proved that one-way ANOVA was effective in carrying out hydrogeochemical data analysis. This study results provided scientific baseline for policy makers to effectively manage groundwater in Hochiminh City.

**Keywords:** Groundwater; Heavy metals; Statistical analysis; ANOVA; Pleistocene aquifer.

Bài báo khoa học

## Tính toán lại lũ thiết kế hồ chứa Tà Ranh với số liệu cập nhật

Đoàn Thanh Vũ<sup>1\*</sup>, Vũ Thị Hoài Thu<sup>2</sup>, Triệu Ánh Ngọc<sup>3</sup>, Cán Thu Văn<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh;  
dtvu@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

<sup>2</sup> Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh; hoaithu.vu@ut.edu.vn

<sup>3</sup> Trường Đại học Thủy lợi; ngocta@tlu.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: dtvu@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-793437979

Ban Biên tập nhận bài: 15/7/2023; Ngày phản biện xong: 6/9/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

**Tóm tắt:** Hiện nay các công trình thủy lợi được tính toán thiết kế lũ dựa vào các tài liệu khảo sát, đo đạc trong quá khứ, thậm chí sử dụng phương pháp lưu vực tương tự. Trong giai đoạn khai thác vận hành, các số liệu tính toán thiết kế này không được cập nhật, không đảm bảo độ tin cậy, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) diễn biến ngày càng rõ nét dẫn đến sự thay đổi lớn về tài nguyên nước, đặc biệt là các đặc trưng như lưu lượng, đỉnh lũ, tần suất lũ... Do đó, các hồ chứa được thiết kế trước đây có nguy cơ rủi ro cao trong quá trình vận hành do thay đổi về lũ gây ra. Bài báo này đã cập nhật số liệu mới và sử dụng phương pháp mưa lưu vực để tính toán lại đường quá trình lũ đến hồ chứa Tà Ranh. Kết quả cho thấy lưu lượng đỉnh lũ thiết kế có xu hướng tăng cao, dẫn đến mực nước phòng lũ tăng cao so với tài liệu thiết kế ban đầu. Nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học cho việc cần phải nâng cấp cải tạo lại hồ chứa Tà Ranh cũng như xây dựng lại quy trình vận hành điều tiết lũ với số liệu được cập nhật.

**Từ khóa:** Lũ thiết kế; Hồ chứa Tà Ranh; Phương pháp Thiessen; Foro-N.

### 1. Giới thiệu

Nước ta nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa với các loại thiên tai rất đa dạng. Theo Luật phòng, chống thiên tai [1], Việt Nam có 21 loại thiên tai, trong đó lũ và bão là 2 loại hình thiên tai xảy ra phổ biến, còn hạn hán, sạt lở đất và xâm nhập mặn là các loại hình thiên tai có tính rủi ro cao. Theo số liệu công bố của World bank [2], ước tính có đến 59% tổng diện tích và 71% dân số chịu tác động của bão và lũ lụt hàng năm. Thiên tai đã làm trên 13.000 người thiệt mạng và bị thương, bên cạnh đó cũng gây thiệt hại rất lớn về tài sản và cơ sở hạ tầng trong vòng 20 năm qua. Theo Viện Tài nguyên Thế Giới, số liệu nghiên cứu cho thấy Việt Nam đứng thứ tư Thế Giới về rủi ro lũ lụt dẫn đến số người chết và bị thương lên đến 930.000 người, về mặt kinh tế lũ lụt hàng năm gây tổn thất từ 3-4% GDP [3]. Các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy, BĐKH tiếp tục làm gia tăng tần suất xuất hiện cũng như cường độ của các hình thái thiên tai tại Việt Nam, trong đó lũ lụt là một trong những hình thái thiên tai được đặc biệt quan tâm do có mức độ tàn phá và gây thiệt hại lớn nhất.

Khu vực Nam Trung Bộ của nước ta do chịu ảnh hưởng gần như toàn bộ chế độ khí hậu nhiệt đới gió mùa nên khí hậu luôn khắc nghiệt với các biểu hiện đặc trưng như: Nhiệt độ cao, mưa nhiều, khí hậu luôn nóng ẩm và cường độ ánh sáng luôn rất mạnh. Đây là khu vực hàng năm thường xuyên gặp phải các hình thái thiên tai cực đoan phổ biến như: bão, lũ, hạn hán, xâm nhập mặn [4]. Hệ thống công trình thủy lợi đã góp phần quan trọng trong phòng chống thiên tai [5], trong đó đặc biệt là hệ thống các hồ chứa.

Tính toán lũ thiết kế là nhiệm vụ quan trọng không thể thiếu nhằm đánh giá an toàn hồ chứa trong thiết kế. Trong những năm gần đây, dưới tác động của BĐKH, chế độ thủy văn đã thay đổi rất lớn, một số nơi đã xuất hiện lũ vượt thiết kế, gây mất an toàn trong vận hành điều tiết hồ chứa [6–10]. Vì vậy, việc nghiên cứu tính toán lũ thiết kế cho hồ chứa với số liệu cập nhật đang nhận được sự quan tâm của các nhà quản lý, vận hành và các nhà khoa học.

Hồ chứa Tà Ranh được xây dựng từ năm 2005 trên địa bàn xã Phước Trung, Phước Tân thuộc huyện Bắc Ái, tỉnh Ninh Thuận. Khi thiết kế hồ chứa Tà Ranh không có các trạm quan trắc thủy văn để tính toán mà chỉ sử dụng số liệu khí tượng, thủy văn (mưa, bốc hơi...) thu thập được từ năm 1980 đến 2003 [23] từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ. Theo hồ sơ thiết kế, số liệu mưa tại trạm Phan Rang được sử dụng để tính toán lũ thiết kế và trạm Nha Hồ được sử dụng để tính toán cho trường hợp lũ kiểm tra. Các số liệu này quá cũ và đã có những trận mưa lớn hơn rất nhiều sau 2003. Hơn thế nữa, trạm Nha Hồ không phải là đỉnh thượng nguồn của lưu vực hồ Tà Ranh. Kể từ năm 2011, khi công trình được đưa vào khai thác đã gặp nhiều bất cập, gây mất an toàn và được nâng cấp sửa chữa năm 2019 nhằm đảm bảo vận hành xả lũ cho hồ chứa. Trong giai đoạn vận hành 2011-2022, các số liệu lưu trữ và quan trắc của hồ Tà Ranh được chủ hồ cập nhật đầy đủ.

Do đó, nghiên cứu này sử dụng các số liệu khí tượng, thủy văn cập nhật và số liệu quan trắc vận hành của hồ Tà Ranh gần nhất; kết hợp các phương pháp phân tích, tính toán dữ liệu để hiệu chỉnh xác định các thông số thủy văn phục vụ vận hành xả lũ cho hồ Tà Ranh một cách hiệu quả và phù hợp. Đồng thời, nghiên cứu này đã chỉ ra những điểm chưa phù hợp trong tính toán thiết kế hồ chứa Tà Ranh.

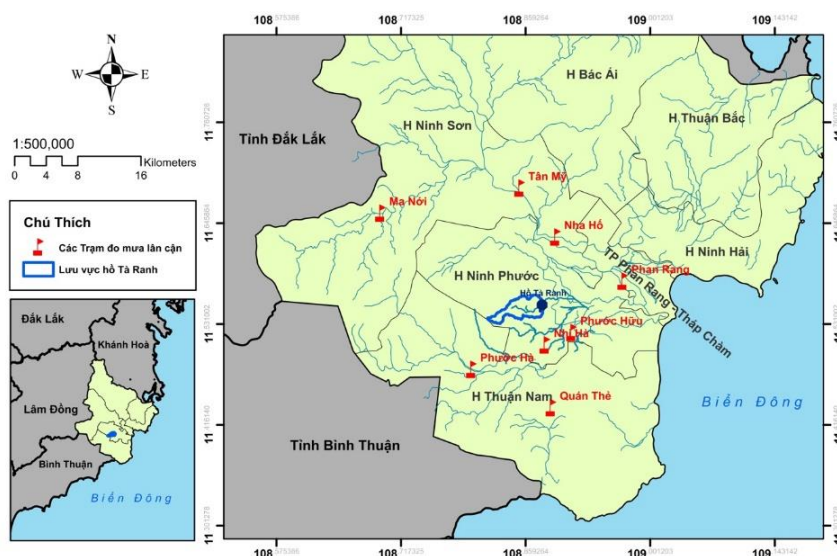
## 2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu sử dụng

Trong quá trình thu thập dữ liệu, nhóm nghiên cứu đã thu thập được 18 trạm đo mưa, trong đó khu vực lân cận hồ Tà Ranh có 8 trạm khí tượng và trạm đo mưa được xem xét để tính toán và số liệu mưa 1978 đến 2022 được sử dụng để tính toán.

Các thông số đặc trưng hồ chứa (đường quan hệ lòng hồ, các thông số công trình đầu mối) được sử dụng từ tài liệu thiết kế hồ chứa).

Số liệu quan trắc quá trình vận hành hồ chứa từ năm 2010 đến 2022 được thu thập từ Công ty TNHH MTV khai thác công trình Thủy lợi Ninh Thuận. Số liệu này được quan trắc rất chi tiết, đặc biệt là khi xuất hiện lũ đến (với số liệu quan trắc từ 15 phút đến 30 phút). Số liệu này được tính toán hoàn nguyên và xem xét như dòng chảy đến thực đo trong nghiên cứu này.



Hình 1. Sơ đồ vị trí các trạm đo mưa lân cận lưu vực hồ chứa Tà Ranh.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để tính toán định lượng mưa lưu vực hồ chứa Tà Ranh, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp Đa giác Thiessen (*Thiessen Polygons Method*) [11–15]. Trong phương pháp này, các điểm đo mưa tại một vị trí xác định được xem là đại diện cho lượng mưa chỉ ở khu vực nhất định xung quanh nó. Đường trung trực nối liền các điểm đo mưa (trạm đo mưa) được dùng để xác định phạm vi khống chế của điểm đó. Lượng mưa bình quân lưu vực sẽ được xác định theo công thức sau:

$$X_{bq} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times X_i}{\left(\sum_{i=1}^n f_i\right)} \tag{1}$$

Trong đó  $X_i$  là lượng mưa tại trạm thứ  $i$  đại diện cho mảng diện tích thứ  $i$ ;  $N$  là số đa giác hoặc số trạm mưa;  $f_i$  là diện tích của khu vực thứ  $i$ ;  $F = \sum_{i=1}^n f_i$  là diện tích của khu vực tính toán.

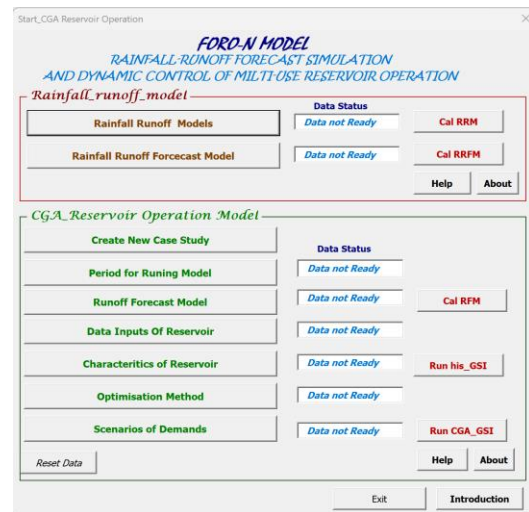
Về phương pháp tính toán cân bằng nước và điều tiết hồ chứa, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp tính toán cân bằng nước để hoàn nguyên dòng chảy đến hồ (cho dòng chảy lũ 2018 được quan trắc với suất 30 phút trong thời gian lũ), với phương trình cơ bản như sau:

$$Q_{\text{đến}} = (\pm\Delta V/\Delta T) + Q_{\text{công}} + Q_{\text{xả tràn}} + Q_{\text{tt}} \tag{2}$$

Trong đó  $Q_{\text{đến}}$  là lưu lượng dòng chảy đến hồ ( $m^3/s$ );  $\pm\Delta V$  là dung tích hồ tăng, giảm trong thời đoạn tính toán ( $m^3$ );  $\Delta T$  là số giây trong thời đoạn tính toán; thời đoạn tính toán được tính theo thời đoạn ghi chép nhật ký vận hành hồ chứa Tà Ranh;  $Q_{\text{công}}$  là lưu lượng bình quân lấy qua công lấy nước trong thời đoạn tính toán ( $m^3/s$ );  $Q_{\text{xả tràn}}$  là lưu lượng bình quân xả qua tràn trong thời đoạn tính toán ( $m^3/s$ );  $Q_{\text{tt}}$  là lưu lượng tổn thất trong lòng hồ, bao gồm tổn thất do bốc hơi tăng thêm mặt nước và tổn thất do thấm ( $m^3/s$ ).

Trong nghiên cứu này, mô hình FORO-N (mô hình mưa dòng chảy và vận hành điều tiết hồ chứa dựa trên phương trình cân bằng nước được tác giả [16–22] phát triển và ứng dụng từ năm 2016) để tính toán điều tiết lũ.

Các số liệu đặc trưng hồ chứa (đường quan hệ lòng hồ (Z~F-V) được thu thập từ hồ sơ thiết kế hồ chứa; Các số liệu lượng mưa, mực nước hồ, lưu lượng xả qua công, tràn được thu thập từ chủ hồ. Sau khi nhập các thông số yêu cầu, chương trình sẽ tự động tính toán điều tiết hồ chứa và hoàn nguyên lại dòng chảy đến hồ. Giá trị hoàn nguyên dòng chảy được xem là lũ thực đo.



### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Lựa chọn và xác định mưa lưu vực

Trong lưu vực có 8 trạm mưa lân cận, tuy nhiên không thu thập được đầy đủ số liệu (các số liệu không đồng nhất và không đủ dài, thiếu số liệu) nên trong tính toán này sử dụng 2 cách chia lưu vực theo đa giác Thiessen 1 và Thiessen 2 (Hình 2).

**Bảng 1.** Các trạm đo mưa trong khu vực nghiên cứu.

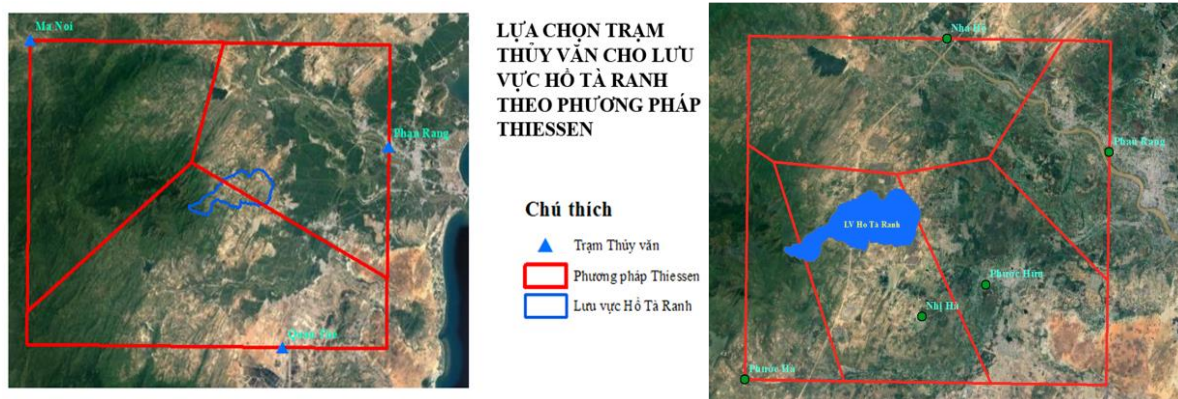
STT	Trạm	Tọa độ		Thời kỳ quan trắc	Các yếu tố	Số liệu đo theo
		Vĩ độ	Kinh độ			
1	Phan Rang	11°34'48"	108°58'12"	1978 - nay	Quan trắc các yếu tố khí tượng, thủy văn	Ngày (1978 - nay)



STT	Trạm	Tọa độ		Thời kỳ quan trắc	Các yếu tố	Số liệu đo theo
		Vĩ độ	Kinh độ			
2	Nhị Hà	11°30'26"	108°52'53"	1978 - 2018, 2020 - nay	Đo mưa	Ngày (1986 - nay), Tháng (1978 - nay)
3	Phước Hà	11°28'45.95"	108°47'51.43"	1978 - nay	Đo mưa	Tháng (1978 - nay)
4	Nha Hố	11°40'	108°54'	1978 - 2018, 2020 - nay	Đo mưa	Ngày (1978 - 2020)
5	Quán Thê	11°26'9"	108°53'18"	1978 - 2018, 2020 - nay	Đo mưa	Ngày (1978 - nay)
6	Phước Hữu	11°31'17"	108°54'42"	1978 - nay	Đo mưa	Tháng (1978 - nay)
7	Ma Nối	11°39'26.96"	108°41'38.36"	1978 - nay	Đo mưa	Ngày (1978 - nay)
8	Tân Mỹ	11°41'9.73"	108°51' 9"	1978 - nay	Đo mưa	Ngày (1986 - nay)

Thiessen 1: Gồm các trạm: 3 trạm mưa (Ma Nối, Phan Rang và Quán Thê), đầy đủ nhất với số liệu mưa ngày (từ năm 1978 đến 2022). Kết quả trọng số mưa của lưu vực hồ Tà Ranh theo phương pháp Thiessen 1 (hình 3 (trái)) dựa trên 3 trạm đo mưa là trạm Phan Rang, Ma Nối và trạm Quán Thê.

Thiessen 2: Gồm các trạm: 5 trạm mưa gần nhất (Nhị Hà, Phan Rang, Phước Hữu, Phước Hà, Nha Hố, số liệu của mưa ngày và tháng trạm (từ năm 1978 đến 2022)). Kết quả trọng số mưa của lưu vực hồ Tà Ranh theo phương pháp Thiessen 2 (hình 3 (phải)) dựa trên 5 trạm đo mưa là trạm Nhị Hà, Phan Rang, Phước Hữu, Phước Hà, Nha Hố.



Hình 2. Phân chia lưu vực theo phương pháp Thiessen 1 (trái) và Thiessen 2 (phải).

Bảng 2. Trọng số các trạm mưa theo các phương pháp Thiessen.

STT	Phương pháp /Trạm	Ma Nối	Quán Thê	Phan Rang	Nhị Hà	Phước Hữu	Phước Hà	Nha Hố
1	Thiessen 1	0	0,47	0,53				
2	Thiessen 2			0	0,93	0,03	0,04	0

Từ phương pháp tính toán xác định trạm mưa lưu vực theo Thiessen 1 như trên ta có thể thấy rằng hai trạm đo mưa Phan Rang và Quán Thê sẽ là trạm ảnh hưởng trực tiếp đến lượng mưa lưu vực hồ Tà Ranh. Với trọng số các trạm mưa như tính toán ở trên, thì lượng mưa bình quân lưu vực hồ Tà Ranh là:

$$X_{olv} = X_{(Phan\ Rang)} \times 0,53 + X_{(Quán\ Thê)} \times 0,47 = 885,7 \times 0,53 + 877,7 \times 0,47 = 881,94\text{mm.}$$

Lượng mưa bình quân lưu vực hồ Tà Ranh theo đa giác Thiessen 2 là:

$$X_{olv} = X_{(Nhị\ Hà)} \times 0,93 + X_{(Phước\ Hà)} \times 0,04 + X_{(Phước\ Hữu)} \times 0,03 = 827,8 \times 0,93 + 814,7 \times 0,04 + 605 \times 0,03 = 820,6\text{ mm.}$$



Kết quả cho thấy rằng, với lưu vực hồ Tà Ranh, số liệu đo mưa của 2 trạm Phan Rang và Quán Thê được lựa chọn để tính toán lượng mưa thiết kế với các trọng số lần lượt là 0,53 và 0,47. Trong khi đó, số liệu khí hậu tại trạm Phan Rang được dùng để xác định các đặc trưng khí hậu của khu vực vì chỉ có trạm khí tượng này gần nhất với lưu vực hồ chứa Tà Ranh.

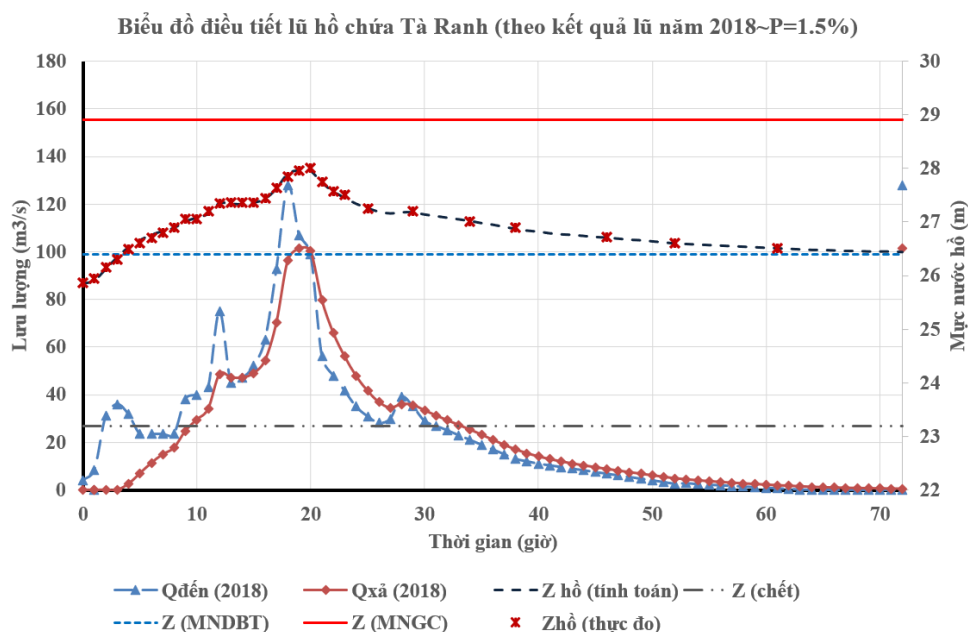
Theo kết quả của hồ sơ TKCT năm 2005, trạm Phan Rang được sử dụng để tính toán điều tiết (với  $X_{olv} = 800$  mm) và mưa gây lũ trong trường hợp thiết kế và trạm Nha Hồ được sử dụng để tính toán cho trường hợp lũ kiểm tra với liệt số liệu từ 1978 đến 2003. Theo kết quả Báo cáo nâng cấp, sửa chữa - Hồ chứa nước Tà Ranh (WB8-2019) đã sử dụng liệt số liệu trạm Nha Hồ từ 1978-2017, trong khi năm 2018 đã có trận mưa lớn hơn rất nhiều xảy ra tại Phan Rang. Hơn nữa trạm Nha Hồ không phải là đỉnh thượng nguồn lưu vực Tà Ranh. Từ đánh giá, phân tích ở trên, nghiên cứu này sử dụng trạm Phan Rang và Quán Thê (Theissen 1) để tính toán mưa gây lũ cho lưu vực hồ chứa Tà Ranh. Kết quả tính toán mưa max theo các số liệu thu thập và tính toán được thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 3.** Bảng thông kê mưa max tại các trạm trong lưu vực nghiên cứu.

Trạm	X (1 ngày max) /Năm	X (3 ngày max) / Năm	X (5 ngày max) / Năm	X (7 ngày max) / Năm	Kết quả
Phan Rang	407,3/2018	676,2/2010	723,3/2010	738,8/2010	Nghiên cứu này
Quán Thê	272,6/2003	408,1/2010	449,2/2010	457,2/2010	
Phan Rang	259,0/2010	568,0/2010			WB8
Nha Hồ	323,0/1979				Hồ sơ TKCT

### 3.2. Tính toán lại dòng chảy lũ thiết kế

Căn cứ vào số liệu quan trắc vận hành hồ chứa năm 2018, sử dụng phương pháp cân bằng nước để hoàn nguyên dòng chảy và mô hình FORO-N điều tiết lũ để kiểm định lại mô hình. Kết quả biểu đồ trên cho thấy, các số liệu hoàn nguyên và cao trình mực nước hồ quan trắc rất phù hợp. Điều này cho mô hình rất phù hợp cho việc tính toán điều tiết lũ. Hơn nữa lũ 24-26/11/2018 được xem là con lũ lịch sử tương ứng với tần suất ~1,5%. Do đó, trong nghiên cứu này sử dụng mô hình lũ năm 2018 này để thu phóng  $Q_{maxp}$  và  $W_p$  theo các tần suất 1,5% và 0,5%. Sử dụng phần mềm FFC - vẽ đường tần suất lý luận, xác định được đặc trưng dòng chảy ứng với các tần suất lũ thiết kế. Kết quả thể hiện như Bảng 4, Hình 3.



**Hình 3.** Biểu đồ đường quá trình lũ đến và xả theo kết quả hoàn nguyên 24-26/11/2018.

Kết quả chỉ ra rằng, lượng mưa  $X_p$  (mm) có sự khác nhau lớn giữa tài liệu thiết kế công trình (BVTKTC) và lớn hơn so với tài liệu nghiên cứu của dự án nâng cấp sửa chữa hồ (WB8). Lưu lượng lũ  $Q_{max}$  giữa kết quả tính toán và tài liệu WB8 khá tương đồng mặc dù lượng mưa  $X_p$  theo kết quả từ WB8 có nhỏ hơn và số liệu lấy tại trạm Phan Rang để tính toán trong khi nghiên cứu này sử dụng trọng số của các trạm lân cận trong lưu vực theo phương pháp Theissen. Lưu lượng lũ  $Q_{max}$  tính toán theo các tần suất có lớn hơn nhưng không nhiều so với tài liệu tính toán BVTKTC năm 2005. Sự khác nhau này do quan điểm khác nhau trong việc sử dụng trạm mưa điển hình và bổ sung cập nhật số liệu đến năm 2022. Tuy nhiên, sự khác nhau lớn lại đến từ mực nước phòng lũ.

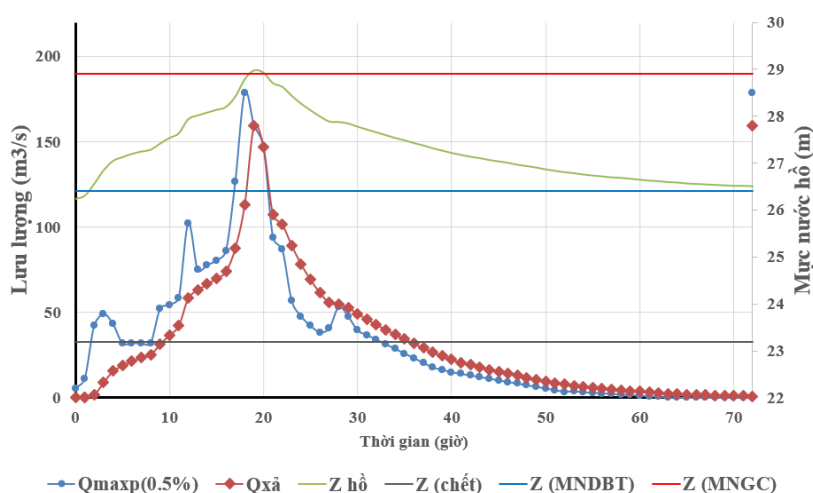
**Bảng 4.** So sánh kết quả đặc trưng dòng chảy lũ thiết kế.

Giai đoạn tính toán	P (%)	$Q_{pmax}$ (m <sup>3</sup> /s)	$W_p$ (tr.m <sup>3</sup> )	$X_p$ (mm)
Thiết kế ban đầu (TKBVTC)	1,5	146,00	3,13	339,23
	0,5	178,80	3,83	414,99
Hồ sơ thiết kế nâng cấp hồ chứa (WB8)	1,5	135,00	2,60	273,00
	0,5	172,00	3,20	341,00
Nghiên cứu này	1,5	148,00	2,74	318,00
	0,5	176,00	3,42	397,00

### 3.3. Cao trình mực nước phòng lũ và lưu lượng xả lũ thiết kế

Từ kết quả tính toán cân bằng nước hoàn nguyên dòng chảy lũ, nghiên cứu này sử dụng kết quả này làm đường quá trình lũ thiết kế để tính toán điều tiết lũ. Kết quả đường quá trình lũ từ thực tế vận hành hồ như thể hiện ở Hình 4, đường quá trình lũ ứng với các tần suất lũ thiết kế (0,5% và 1,5%) thể hiện như Bảng 5 và Hình 4.

**Biểu đồ điều tiết lũ hồ chứa Tà Ranh P=0.5%**



**Hình 4.** Biểu đồ đường quá trình lũ đến và xả theo tần suất lũ P = 0,5%.

Kết quả tính toán từ hình 4 và bảng 5 cho thấy, ứng với tần suất P = 0,5%, MNDGC tính toán đã tăng lên đáng kể từ 28,53 m (BVTKTC) lên 28,97 m (nghiên cứu này); ứng với tần suất P = 1,5%, MNDGC cũng tăng từ 28,18m (BVTKTC) lên 28,69 m. Theo báo cáo nâng cấp sửa chữa (WB8-2019), thì MNDGC cũng tăng hơn so với thiết kế, tuy nhiên, vẫn nhỏ hơn so với kết quả của nghiên cứu này. Điều này cho thấy, việc nâng cấp cao trình đỉnh đập lên 29 m từ 28,5 m so với thiết kế là phù hợp nhằm đảm bảo an toàn vận hành phòng lũ của hồ chứa Tà Ranh. Tuy nhiên, nghiên cứu này cũng chỉ ra mực nước phòng lũ đạt 28,97 m ~29 m khi xảy ra lũ tương ứng với tần suất 0,5%. Vì thế, cao trình đỉnh đập ứng với 29 m chưa thực sự đảm bảo.

**Bảng 5.** So sánh kết quả tính toán điều tiết lũ theo các tài liệu khác nhau và tính toán.

Giai đoạn tính toán	P (%)	MNGC (m)	H tràn (m)	Q xả (m <sup>3</sup> /s)
Thiết kế ban đầu (TKBVTC)	1,5	28,18	1,78	56
	0,5	28,53	2,13	74
Hồ sơ thiết kế nâng cấp hồ chứa (WB8)	1,5	28,51	2,11	83
	0,5	28,90	2,50	107
Nghiên cứu này	1,5	28,69	2,29	106
	0,5	28,97	2,59	159

Hơn nữa, lưu lượng xả lũ đã tăng lên đáng kể từ 74 m<sup>3</sup>/s (theo BVTKTC) thành 107 m<sup>3</sup>/s (theo kết quả WB8-2019) và lên 159 m<sup>3</sup>/s (trong nghiên cứu này). Sự khác biệt này là do: (1) Kết quả tính toán từ tài liệu BVTKTC đã sử dụng đường cong quá trình lũ dạng tam giác, nên mặc dù lượng mưa Xp(mm) rất lớn và đỉnh lũ lớn nhưng tổng lượng lũ W<sub>p</sub> lại rất nhỏ, trong khi dung tích phòng lũ của hồ nhỏ (chỉ hơn 116.000 m<sup>3</sup>); (2) Kết quả tính toán từ Dự án nâng cấp sửa chữa hồ WB8-2019 đã sử dụng số liệu và đường quá trình lũ từ trạm Nha Hồ nên kết quả thiên nhỏ hơn tuy nhiên lưu lượng xả lại lớn hơn; (3) Trong nghiên cứu này sử dụng trạm mưa lưu vực được tính từ phương pháp Theissen từ 2 trạm Phan Rang và Quán Thè, đồng thời sử dụng trận mưa ngày 24/11/2018 là trận mưa điển hình để thu phóng đường quá trình lũ.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này tập trung vào việc xác định các đặc trưng gây mưa lũ cho lưu vực hồ chứa nước Tà Ranh có cập nhật, bổ sung chuỗi số liệu thủy văn - có xu hướng cực đoan trong những năm gần đây để tính toán điều tiết lũ phù hợp với điều kiện thực tế. Nghiên cứu đã chỉ ra:

(1) Kết quả tính toán từ tài liệu ban đầu (BCTKTC) đã sử dụng các trạm ở Ninh Thuận để tính toán với liệt tài liệu 1986-2003. Kết quả này đã cho thấy có sự thay đổi rất lớn về lượng mưa gây lũ, tổng lượng lũ đến, đường quá trình lũ như đã phân tích ở trên, vì vậy các số liệu này không còn phù hợp trong điều kiện vận hành thực tế hiện nay. Kết quả từ dự án nâng cấp sửa chữa hồ WB8-2019 cũng cho kết quả tương đối tương đồng với nghiên cứu này, nhưng lại thiên nhỏ. Do đó chưa đảm bảo được quá trình vận hành điều tiết lũ của hồ chứa. Trong nghiên cứu này, đã sử dụng phương pháp Theissen để tính toán mưa lưu vực từ 2 trạm Phan Rang và Quán Thè, và số liệu lũ tương ứng với trận mưa 24/11/2018 (được xem là lũ lịch sử) để tính toán điều tiết lũ.

(2) Lũ đến hồ theo các tần suất tương đồng nhau giữa các tài liệu tính toán, tuy nhiên mực nước hồ chứa lại lớn hơn khá nhiều so với thiết kế. Cụ thể: MNDGC so với tài liệu BVTKTC đã tăng 0,44 m (nghiên cứu này) và tăng 0,33 m (WB8-2019) ứng với lũ tần suất 0,5%; và MNDGC so với tài liệu BVTKTC đã tăng 0,51 m (nghiên cứu này) và tăng 0,33m (WB8-2019) ứng với lũ tần suất 1,5%. Do đó, việc nâng cấp sửa chữa hồ (nâng cao cao trình đỉnh đập lên 29 m) là phù hợp để đảm bảo vận hành điều tiết lũ. Tuy nhiên, cao trình đỉnh đập cần được xem xét nâng cấp lớn hơn 29 m nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành điều tiết lũ ứng với tần suất 0,5%.

(3) Lưu lượng xả lũ tính toán tăng đáng kể, ứng với lũ tần suất P = 1,5%, từ 56 m<sup>3</sup>/s theo tài liệu BVTKTC lên 83 m<sup>3</sup>/s theo kết quả của WB8-2019 và đạt 106m<sup>3</sup>/s theo kết quả của nghiên cứu này; ứng với lũ tần suất P = 0,5%, từ 74 m<sup>3</sup>/s theo tài liệu BVTKTC lên 107 m<sup>3</sup>/s theo kết quả của WB8-2019 và đạt 159 m<sup>3</sup>/s theo kết quả của nghiên cứu này. Việc xả lũ tăng cao cho thấy nguy cơ rủi ro trong vận hành điều tiết đảm bảo an toàn lũ hạ du là điều hết sức chú ý và cần được quan tâm thích đáng. Cần xây dựng quy trình ứng phó khẩn cấp trong điều kiện xả lũ với các tần suất thiết kế và cực đoan.

Kết quả nghiên cứu cho thấy để vận hành an toàn hồ chứa Tà Ranh, cần thiết phải xem xét đến các đặc trưng gây mưa lũ trên lưu vực; cũng như cập nhật lại số liệu, tính toán đánh giá lại tần suất, lưu lượng lũ của hồ so với thiết kế và có xét đến các yếu tố cực đoan của chuỗi số liệu để tăng độ tin cậy trong vận hành, điều tiết công trình.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.T.V., V.T.H.T.; Xử lý số liệu: T.A.N., D.T.V., C.T.V.; Viết bản thảo bài báo: D.T.V.; Chỉnh sửa bài báo: T.A.N.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ: “Xây dựng quy trình vận hành hồ chứa Tà Ranh”.

**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. Luật Phòng chống thiên tai số 33/2013/QH13. 2013.
2. Fiscal Impact of Natural Disasters in Vietnam. 2011.
3. Luo, T.; Maddocks, A.; Iceland, C.; Ward, P.; Winsemius, H. World's 15 countries with the most people exposed to river floods. 2015.
4. Liên, M.K.; Đại, H.V.; Thảo, V.T.P.; Hải, B.V. Đánh giá tính dễ bị tổn thương do tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến các ngành nông nghiệp, lâm nghiệp và thủy sản vùng Nam Trung Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2018, 693, 30–40.
5. Trung, T.T. Thực trạng và giải pháp xây dựng hoàn chỉnh hệ thống thủy lợi nội đồng đáp ứng phát triển nền nông nghiệp đa dạng và hiện đại. Trung tâm PIM, 2015, 1–9.
6. Tuấn, N.Đ.; Dũng, L.H.; Sỹ, N.V. Đặc điểm lưu vực sông Ba trong vận hành hồ chứa và đánh giá môi trường tích lũy. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 2015, 49, 80–85.
7. Đặng, X.T. Đánh giá khả năng tháo lũ công trình tràn hồ chứa nước Cây Khế, huyện Đức Phổ trong điều kiện biến đổi khí hậu. Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng, 2019.
8. Kiên, N.T.; Thành, L.Đ. Nghiên cứu đánh giá cập nhật mưa lũ và lũ thiết kế các hồ chứa thủy lợi Cam Ranh và Vực Tròn. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*. 2014, 45, 3–9.
9. Văn, T.T.; Bích, N.N.T.; Nguyệt, M.H.T. Nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ đến hồ chứa Buôn Kuốp trên lưu vực sông Srêpôk. *Sci. J. Nat. Resour. Environ.* 2017, 18, 92–102.
10. An, N.L.; Long, N.L.; Tâm, H.T.; Yên, L.T.H. Tính toán lại lũ thiết kế hồ chứa A Vương có xét đến tác động của BĐKH. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* 2015, 29, 1–6.
11. Fiedler, F.R. Simple, practical method for determining station weights using Thiessen polygons and isohyetal maps. *J. Hydrol. Eng.* 2003, 8(4), 219–221.
12. Croley II, T.E.; Hartmann, H.C. Resolving thiessen polygons. *J. Hydrol.* 1985, 76(3-4), 363–379.
13. Kopec, R.J. An alternative method for the construction of Thiessen polygons. *Professional Geographer* 1963, 15, 24–26.
14. Ngô, V.K. So sánh các phương pháp nội suy mưa cho khu vực tỉnh Bình Định, Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng, 2018.
15. Chanh, B.V.; Anh, T.N.; Trường, N.H. Khôi phục số liệu lưu vực sông Cái Phan Rang bằng phương pháp tích hợp các mô hình. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2016, 668, 39–44.

16. Ngoc, T.A.; Chinh, L.V.; Hiramatsu, K.; Harada, M. Parameter identification for two conceptual hydrological models of upper Dau Tieng River watershed in Vietnam. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* **2011**, *56*(2), 335–341.
17. Ngoc, T.A. et al. Đánh giá ngập lụt và thiệt hại vùng hạ lưu thủy điện sông Ba Hạ khi xảy ra sự cố vỡ đập. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2022. 2022, 540–542.
18. Ngoc, T.A.; Hiramatsu, K.; Harada, M. Optimizing parameters for two conceptual hydrological models using a genetic algorithm: A case study in the Dau Tieng river watershed, Vietnam. *J. Agr. Res. Q.* **2013**, *47*, 85–96.
19. Ngoc, T.A.; Hiramatsu, K.; Harada, M. Optimizing the rule curves of multi-use reservoir operation using a genetic algorithm with a penalty strategy. *Paddy Water Environ.* **2014**, *12*, 125–137.
20. Ngoc, T.A.; Hiramatsu, K.; Quân, N.T. Xây dựng chương trình tối ưu bộ thông số mô hình Tank bằng thuật giải di truyền. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2011**, *35*, 124–130.
21. Ngoc, T.A. et al. Tối ưu hoá quy trình vận hành hồ chứa đa mục tiêu bằng giải thuật di truyền có định hướng. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2013. 2013, 241–243.
22. Ngoc, T.A. et al. Tính toán lại dòng chảy lũ làm biên cho bài toán thủy lực hạ lưu Đồng Nai - Sài Gòn. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2013. 2013, 245–247.
23. Tài liệu thiết kế bản vẽ thi công "Hồ Chứa nước Tà Ranh". 2005.

## Recalculating the design flood of Ta Ranh reservoir with updated data

Doan Thanh Vu<sup>1\*</sup>, Vu Thi Hoai Thu<sup>2</sup>, Trieu Anh Ngoc<sup>3</sup>, Can Thu Van<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; dtvu@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

<sup>2</sup> University of Transport Ho Chi Minh City; HoaiThu.vu@ut.edu.vn

<sup>3</sup> Thuyloi University; ngocta@tlu.edu.vn

**Abstract:** Usually, hydraulic works are calculated and designed flood based on survey documents, past measurements, even using similar basins for calculation. During the exploitation and operation process, these data are often quite old and do not ensure reliability, especially in the context of increasingly obvious climate change. This leads to major changes in water resources, especially characteristics such as flow regime, flood peaks, flood frequency,... Therefore, previously designed reservoirs have high risks during operating process due to changes in flood. This article has updated new data and used the basin rainfall method to recalculate the flood curves for Ta Ranh reservoir. The results show that the design flood peak tends to increase, leading to a higher flood prevention water level compared to the original design documents. The study has provided the scientific basis for the need to upgrade and renovate the Ta Ranh reservoir as well as rebuild the flood regulation operating process with updated data.

**Keywords:** Design flood; Ta Ranh reservoir; Thiessen method; Foro-N.



# Table of content

- 1** Tri, D.Q.; Hung, P.V.; Thuc, P.T. Researching and evaluating the tidal energy potential in the Truong Sa archipelago and the DK flatlform, Viet Nam. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 1–12.
- 13** Phat, L.T.; Hau, D.P.; Hieu, L.T.; Khuong, T.H.; Nga, H.T.T.; Phuoc, T.H.; Nam, L.N.H. Evaluating the effects of salinity on the properties of bentonite drilling fluid in salt-affected areas. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 13–22.
- 23** Hue, V.H. Construction solutions to cope with the mainstream close to the Co Chien River bank, Vinh Long City area. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 23–36.
- 37** Phu, H.; Han, H.T.N. Assessing plastic and microplastic waste in wastewater from residential communities discharged into the Saigon - Dong Nai River basin, proposing treatment solutions to ensure sustainable development goals. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 37–49.
- 50** Hai, N.D.; Trong, N.G.; Truong, C.H.; Quang, P.N. Method of visualization of seabed topography from multi-beam echo sounding data and side scan sonar data. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 50–59.
- 60** Vui, P.T.; Hung, T.V.; Tuan, P.V. Research impacts base forecast method of tropical cyclone: A case study for Darmrey typhoon land fall on Nha Trang City, Khanh Hoa Province. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 60–73.
- 74** Thuy, H.T.T.; Loan, T.T.C.; Dau, T.D.; Dat, H.T.; Van, C.T. Studying the impact of anthropogenic activities on heavy metal contents in Pleistocene aquifers in Ho Chi Minh City. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 74–84.
- 85** Vu, D.T.; Thu, V.T.H.; Ngoc, T.A.; Van, C.T. Recalculating the design flood of Ta Ranh reservoir with updated data. *J. Hydro-Meteorol.* **2023**, *753*, 85–93.