

**TẠP CHÍ**

# **KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**

**Vietnam Journal of Hydro - Meteorology**

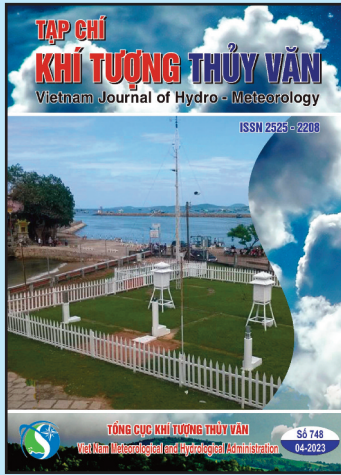
**ISSN 2525 - 2208**



**TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**  
**Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration**

**Số 748**

**04-2023**



## 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 Thục         | 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 sản xuất và in bao bì Thiên Hà  
ĐT: 0243.562.4399

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

Giá bán: 40.000 đồng

# TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

SỐ 748 - 4/2023

## MỤC LỤC

### Bài báo khoa học

- Lê Đình Quyết, Lê Xuân Hiền, Trịnh Xuân Hưng, Phạm Văn Tiến, Phạm Khánh Ngọc, Bùi Mạnh Hà, Nguyễn Bá Thủy:** Nghiên cứu xác định nguyên nhân gây triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau
- Lê Thị Ngọc Hân, Cấn Thu Văn, Nguyễn Đình Tuấn.** Nghiên cứu các phương pháp dập bụi than và định hướng xử lý cho nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 nhằm kiểm soát ô nhiễm không khí
- Phạm Anh Cường, Trương Quang Hải, Ngô Xuân Quý, Phạm Hạnh Nguyên:** Nghiên cứu đề xuất Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên tại Việt Nam
- Nguyễn Thiên Phương Thảo, Phạm Đức Thắng, Trần Thị Hiền, Nguyễn Thị Thu Hà, Phạm Quang Vinh:** Đánh giá và mô hình hóa hiện trạng phú dưỡng nước hồ Quan Sơn theo không gian và thời gian
- Nguyễn Văn Sơn, Phùng Chí Sỹ, Nguyễn Thế Tiến:** Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai
- Tạ Thu Hằng, Đặng Thị Mai Anh, Nguyễn Minh Thư, Tăng Thị Chính, Phùng Thị Thu Trang, Ngô Kim Anh, Đỗ Thị Thanh Bình, Vũ Văn Đàm:** Ảnh hưởng của một số yếu tố lên sinh trưởng của *Bacillus thuringiensis* trong môi trường sử dụng bùn hoạt tính của nhà máy bia
- Trần Minh Hiếu, Vũ Thanh Hằng, Phạm Thị Thanh Nga, Phạm Thanh Hà:** Đặc điểm phân bố mưa khi bão đổ bộ vào Việt Nam sử dụng số liệu vệ tinh GSMaP
- Hoàng Thị Thu Hương, Nguyễn Văn Lượng, Phan Văn Vinh, Phạm Thanh Hà:** Nghiên cứu hiệu chỉnh sản phẩm dự báo mưa hạn nội mùa cho khu vực Bắc Trung Bộ bằng phương pháp phân vị với xấp xỉ Gamma (QM-G)



Bài báo khoa học

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

Lê Đình Quyết<sup>1</sup>, Lê Xuân Hiền<sup>1</sup>, Trịnh Xuân Hưng<sup>1</sup>, Phạm Văn Tiến<sup>2</sup>, Phạm Khánh Ngọc<sup>3</sup>, Bùi Mạnh Hà<sup>3</sup>, Nguyễn Bá Thủy<sup>3\*</sup>

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

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

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

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

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

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

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

### 1. Mở đầu

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

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

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

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

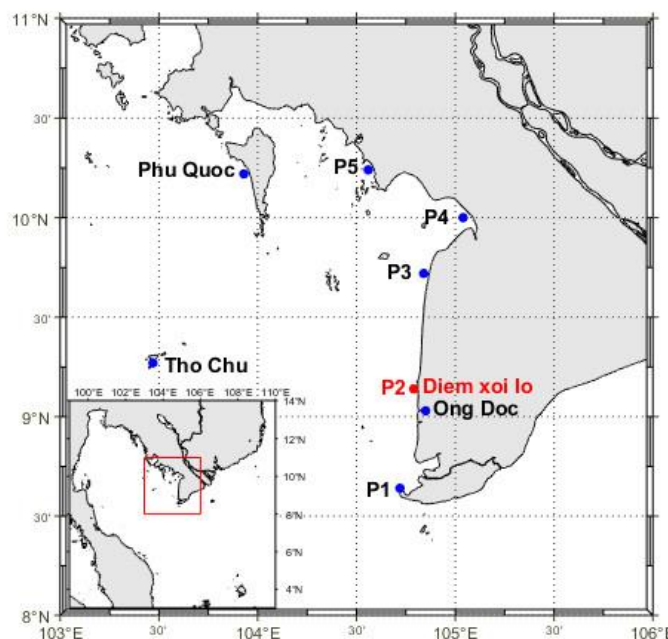
## 2. Số liệu và phương pháp phân tích

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



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

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



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

### 3. Kết quả và thảo luận

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

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

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



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

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

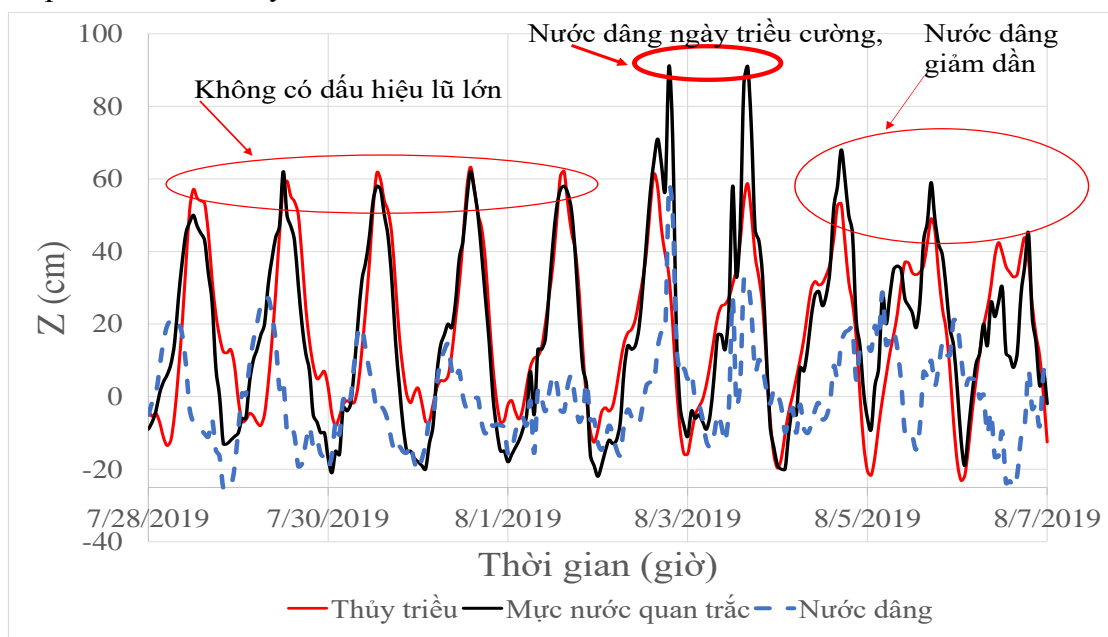
Đê khăng định có hiện tượng nước dâng cũng như đánh giá định lượng các thành phần mực nước tại ven biển, số liệu quan trắc mực nước tại khu vực sẽ là nguồn tin cậy nhất. Tuy nhiên, do tại ven biển Tây Cà Mau không có trạm quan trắc mực nước tại cửa biển, mà chỉ có trạm thủy văn cửa sông, trạm Sông Đốc,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





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

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



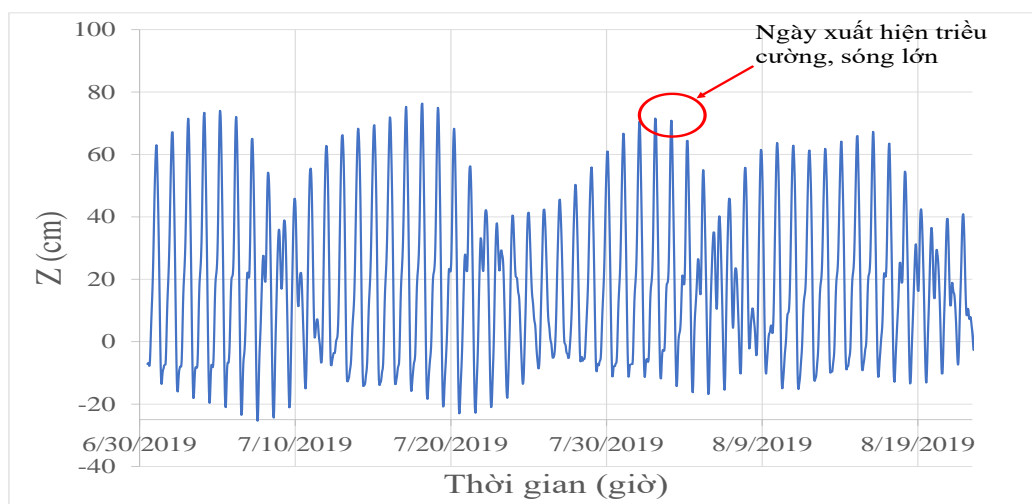
**Hình 4.** Biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng tại trạm thủy văn Sông Đốc trong đợt triều cường 2–3/8/2019 tại ven biển Tây Cà Mau.

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

#### a) Thủy triều tại khu vực

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

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

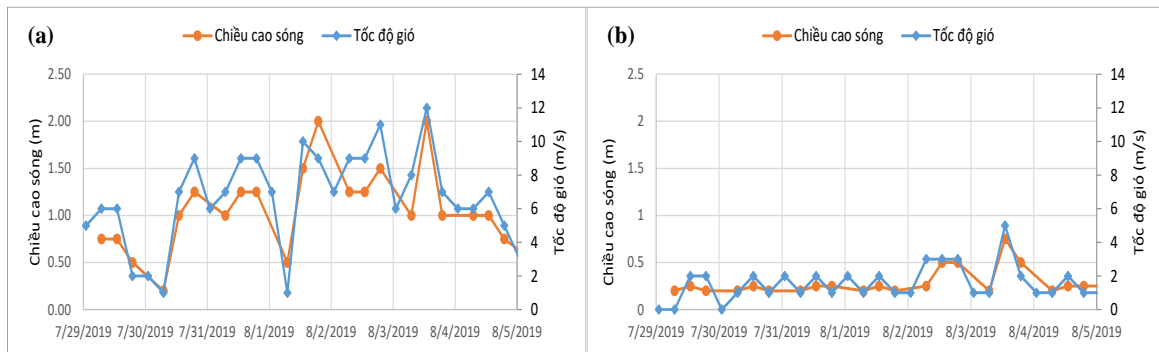


**Hình 5.** Diễn biến thủy triều tại xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, Cà Mau trong tháng 7–8 năm 2019.

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

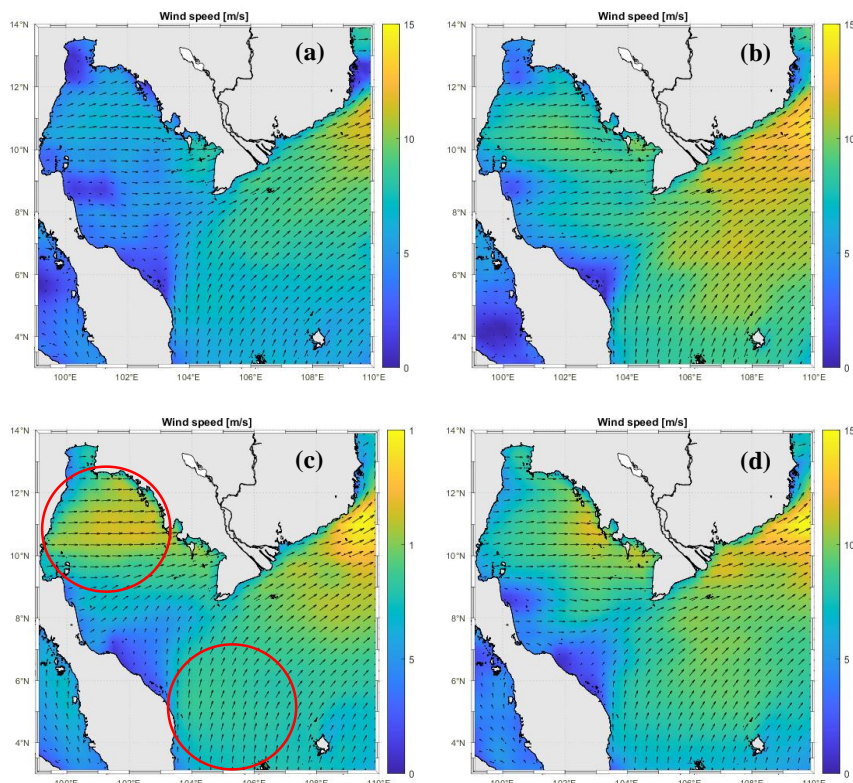
Trên hình 6 thể hiện diễn biến vận tốc gió và độ cao sóng tại trạm khí tượng hải văn Phú Quốc và Thổ từ ngày 29/7/2019–5/8/2019. Kết quả cho thấy bắt đầu từ ngày 31/7/2019 đến hết ngày 04 tháng 8, vận tốc gió và độ cao sóng tại Phú Quốc (ở phía Bắc biển Tây Nam Bộ) cao hơn hẳn những ngày trước và sau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

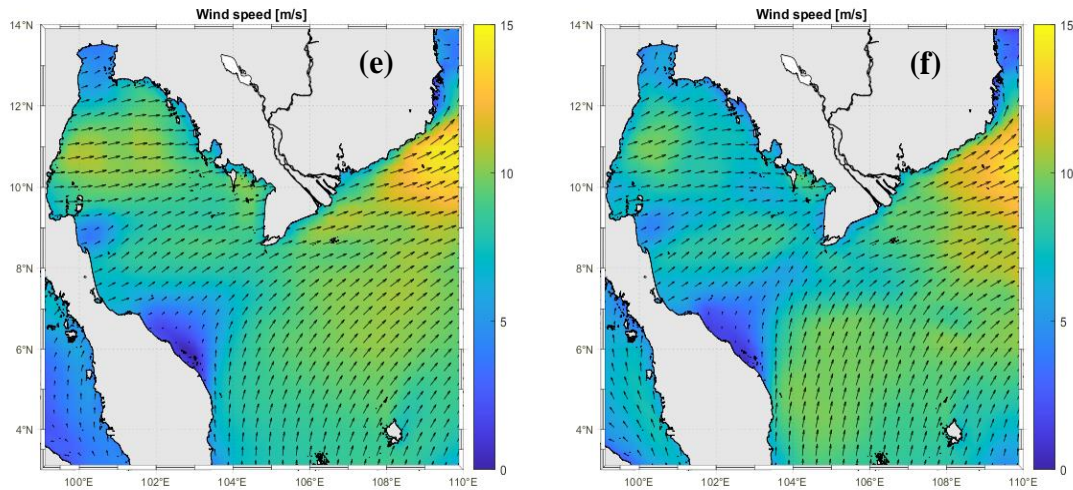




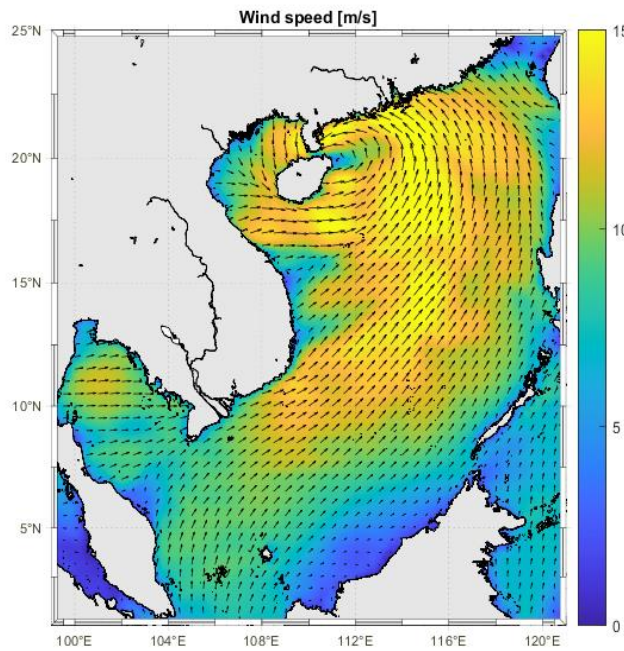
**Hình 6.** Diễn biến vận tốc gió và độ cao sóng từ 29/7/2019–05/8/2019: (a) Tại Phú Quốc; (b) tại Thổ Chu.

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

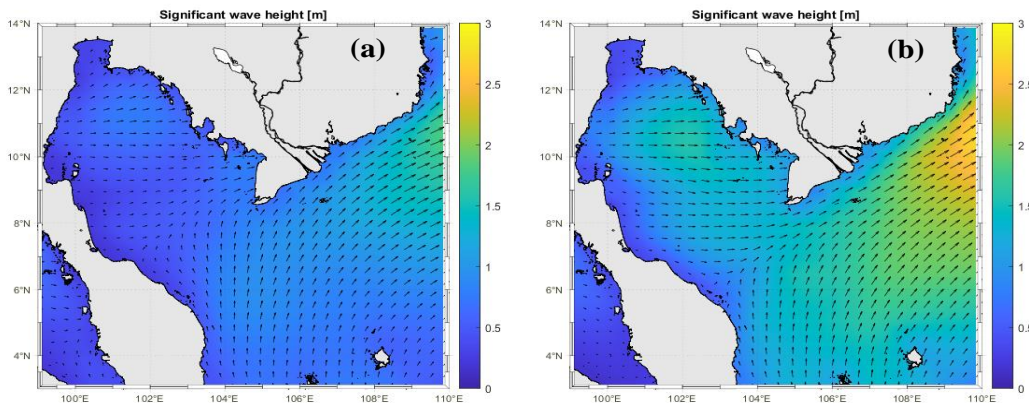




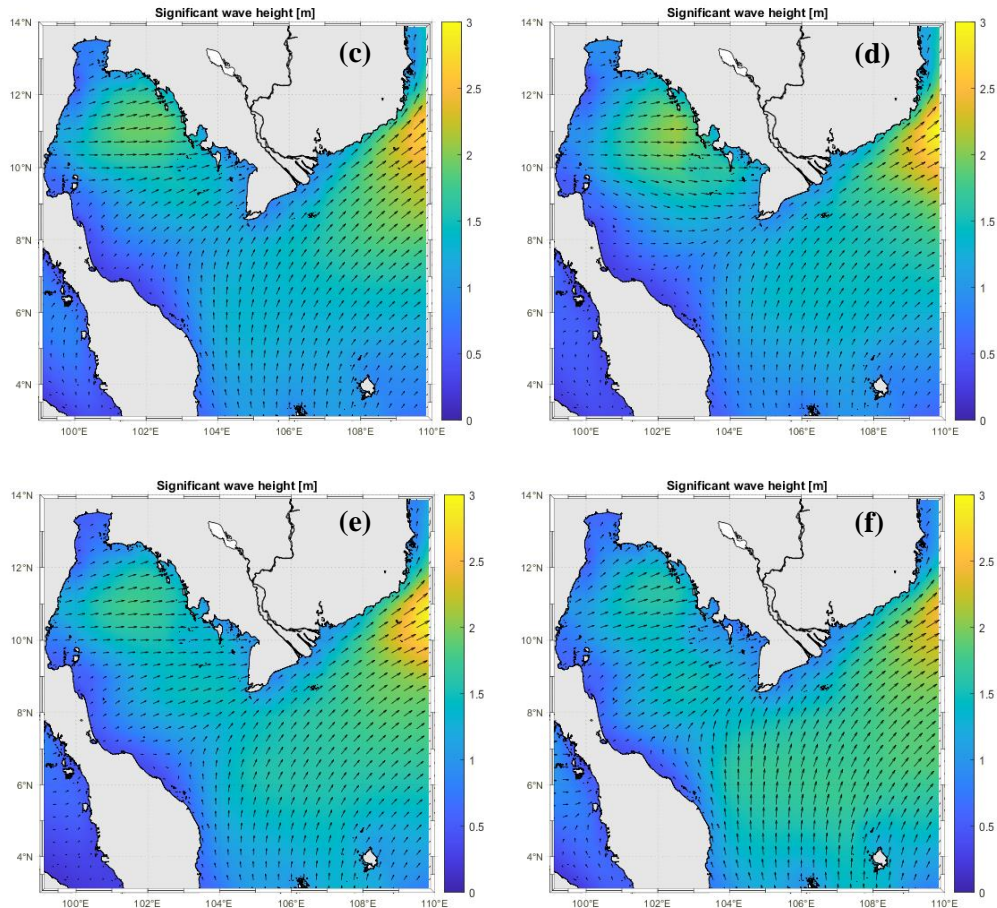
**Hình 7.** Phân bố trường gió tại các thời điểm trước, trong và sau ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau: (a) 13h ngày 29/7/2019; (b) 13 giờ ngày 31/7/2019; (c) 13h ngày 02/8/2019; (d) 13h ngày 03/8/2019; (e) 13h ngày 04/8/2019; (f) 13h ngày 04/8/2019.



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







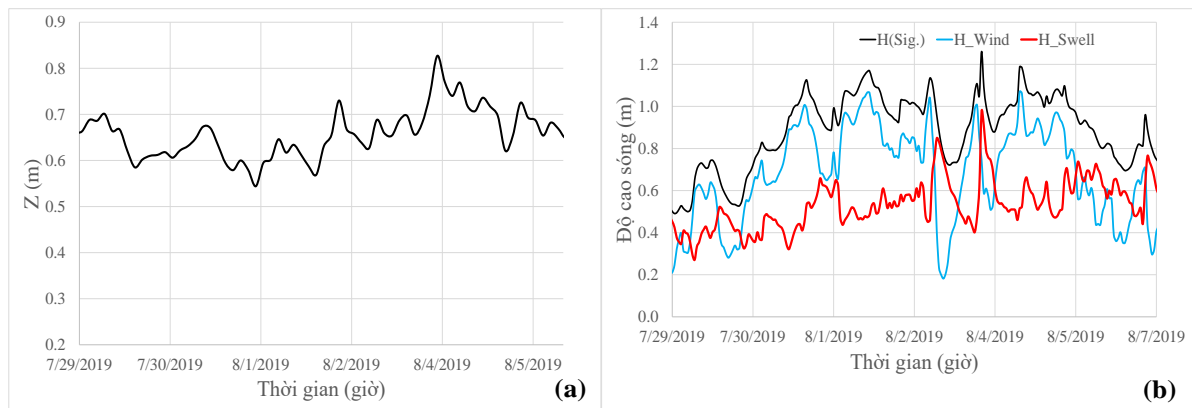
**Hình 9.** Phân bố trường sóng có nghĩa ( $H_{Sig}$ ) tại các thời điểm trước, trong và sau ngày xuất hiện triều cường cao kèm theo sóng lớn tại ven biển Tây Cà Mau: (a) 13h ngày 29/7/2019; (b) 13 giờ ngày 31/7/2019; (c) 13h ngày 02/8/2019; (d) 13h ngày 03/8/2019; (e) 13h ngày 04/8/2019; (f) 13h ngày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

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

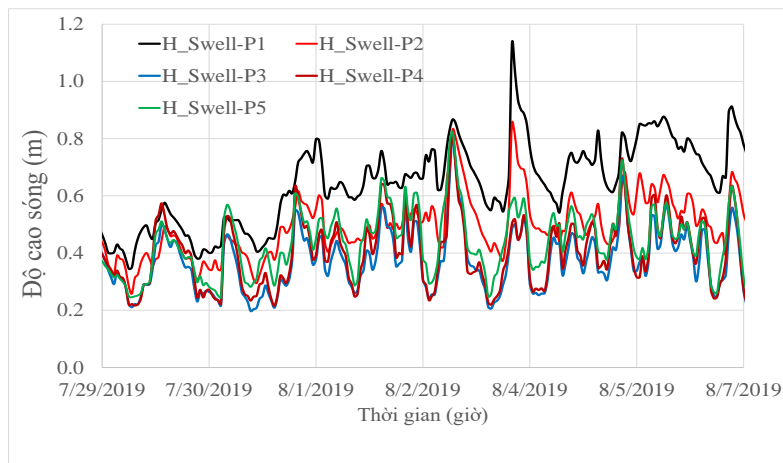
Kết quả trích xuất số liệu tái phân tích dao động mực nước, độ cao sóng gió ( $H_{Wind}$ ), sóng có nghĩa ( $H_{Sig}$ ), sóng lừng ( $H_{Swell}$ ) tại vị trí sạt lở đê biển (vị trí P2, hình 1) thể hiện trên hình 10a (mực nước) và Hình 10b (sóng). Có thể thấy rằng, về xu thế, do tác động của gió Tây Nam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

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

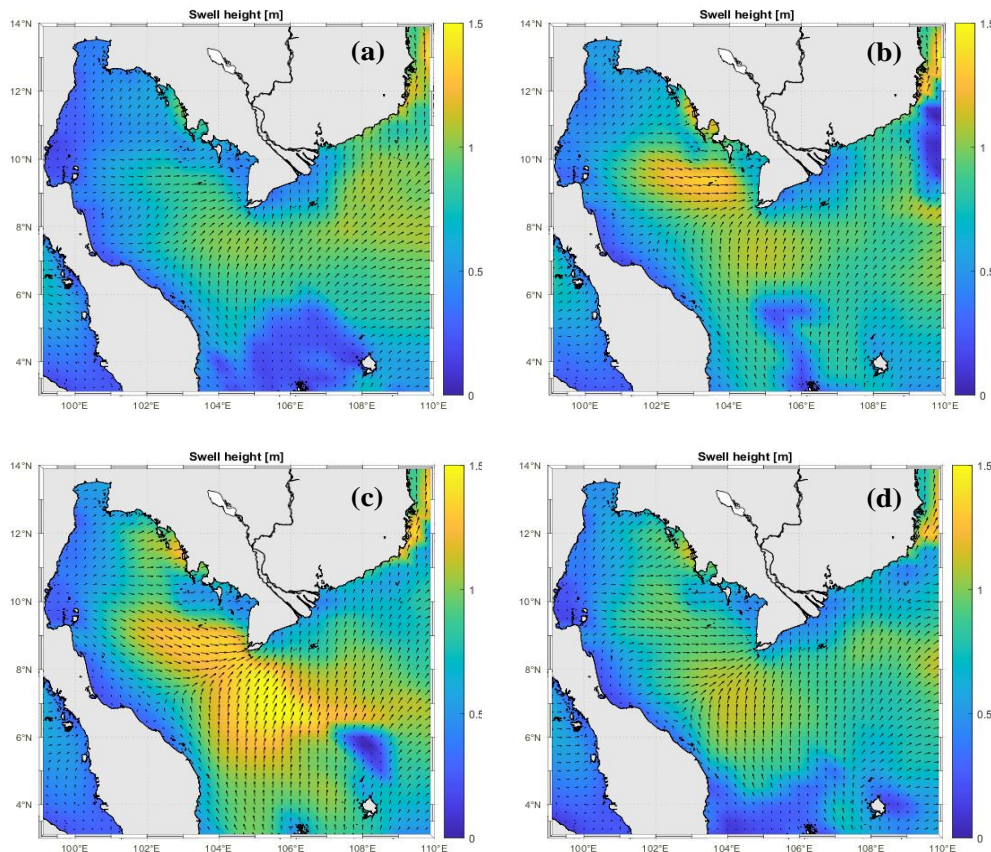
Để xác định nguyên nhân gây sóng lừng cao vào buổi chiều ngày 02–03 tháng 8 năm 2019, số liệu tái phân tích trường sóng lừng trên hình 12 vào lúc 13 giờ các ngày 31/7, 02/8, 03/8 và 04/8 năm 2019 sử dụng để minh họa phân tích. Có thể thấy rằng, trong buổi chiều ngày 02 và 03 tháng 8 năm 2019, ven biển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



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



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



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

#### 4. Kết luận

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

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

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

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

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



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

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

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

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

### Tài liệu tham khảo

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

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

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

**Le Dinh Quyet<sup>1</sup>, Le Xuan Hien<sup>1</sup>, Trinh Xuan Hung<sup>1</sup>, Pham Van Tien<sup>2</sup>, Pham Khanh Ngoc<sup>3</sup>, Bui Manh Ha<sup>3</sup>, Nguyen Ba Thuy<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup> Southern regional hydrometeorological center; quiet.le74@gmail.com; lexuanhienkttv@gmail.com; trinxuanhung77@gmail.com

<sup>2</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate; phamvantienbn@gmail.com

<sup>3</sup> National Hydrometeorological Forecasting Center; ngocpkchibo@gmail.com; manhhahc@gmail.com; thuybanguyen@gmail.com

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

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

*Bài báo khoa học*

# **Nghiên cứu các phương pháp dập bụi than và định hướng xử lý cho nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 nhằm kiểm soát ô nhiễm không khí**

**Lê Thị Ngọc Hân<sup>1</sup>, Cấn Thu Văn<sup>1\*</sup>, Nguyễn Đình Tuấn<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; ltnhan@hcmunre.edu.vn;  
ctvan@hcmunre.edu.vn; dinhantuan1@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: ctvan@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-983738347

Ban Biên tập nhận bài: 15/2/2023; Ngày phản biện xong: 27/3/2023; Ngày đăng: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Hoạt động sản xuất điện từ than đem lại hiệu quả kinh tế cao, đáp ứng nhu cầu bức bách về điện năng ở nước ta song cũng là loại hình công nghiệp có nhiều tiềm năng gây ô nhiễm. Cùng với lượng phát thải lớn, các nhà máy nhiệt điện than còn tác động nhiều mặt đến môi trường và sức khỏe con người, trong đó nguy cơ ô nhiễm không khí đang hiện hữu. Hiện nay ở nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 đã và đang giải quyết các vấn đề ô nhiễm không khí đạt quy chuẩn kỹ thuật hiện hành. Kho chứa than trong nhà máy phần lớn được đặt lộ thiên với việc ô nhiễm bụi phát sinh tại khu vực làm ảnh hưởng đến các khu dân cư lân cận. Mặc dù tại đây đã lắp đặt hệ thống phun sương kiểm soát bụi nhưng hệ thống lại vận hành thủ công, việc này lại có nhược điểm lớn là không đảm bảo loại bỏ bụi. Vì thế, để hạn chế nhược điểm trên đồng thời tiết kiệm nước sử dụng và hạn chế bụi phát tán ra ngoài một cách tối ưu thì ngoài việc nâng cao hiệu suất làm việc của béc phun sương, phương án nâng cao hiệu quả điều khiển là rất cần thiết như việc nghiên cứu chuyển từ dập bụi phun sương thủ công sang tự động hóa là vấn đề cấp thiết. Từ hiện trạng kiểm soát bụi tại kho than hở của Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 mở ra một hướng nghiên cứu mới về thiết lập điều kiện phun sương kiểm soát bụi khuếch tán làm cơ sở chuyển từ phun sương dập bụi thủ công sang tự động hóa với bước đầu thiết lập mối liên hệ giữa các cặp thông số khí tượng và nồng độ bụi là hướng nghiên cứu đáng được quan tâm và triển khai trong tương lai.

**Từ khóa:** Ô nhiễm bụi than; Kiểm soát ô nhiễm không khí; Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4.

## **1. Mở đầu**

Nhu cầu lớn về năng lượng trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước sẽ là động lực gia tăng mạnh số lượng các dự án sản xuất điện năng ở mọi quy mô. Hoạt động sản xuất này sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cao, đặc biệt là các nhà máy nhiệt điện than. Theo Quy hoạch điện VII điều chỉnh đã được phê duyệt, tới năm 2025 tổng công suất các nhà máy nhiệt điện than của nước ta chiếm 49,3% tổng công suất các nhà máy nhiệt điện (96.500 MW), năm 2030 con số này là 42,6% của tổng công suất các nhà máy điện (129.500 MW) [1]. Hiện nay và trong tương lai gần, nhiệt điện than vẫn là một trong những trụ cột chính của an ninh năng lượng nước ta. Nhiều nghiên cứu cho thấy, khói thải từ các nhà máy nhiệt điện than có các thành phần như CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO và các chất dạng hạt (PM) [2–3] và hầu hết đều có hại đối với môi trường và sức khỏe. Tuy nhiên, ở hầu hết các nhà máy điện than nói chung và nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 nói riêng đều đã và đang giải quyết các vấn đề ô nhiễm môi trường trên đạt quy chuẩn kỹ thuật hiện hành ví dụ như QCVN 22:2009/BTNMT, QCVN 05:2013/BTNMT và QCVN 19:2009/BTNMT [4],... với các công



trình và thiết bị hiện đại có thể kể đến như thiết bị thu bụi tĩnh điện (ESP) loại bỏ bụi từ dòng khói thải; thiết bị khử lưu huỳnh trong khói thải (FDG) làm giảm SO<sub>2</sub>; khử bằng chất xúc tác chọn lọc (SCR) làm giảm NO<sub>x</sub> và lắp đặt trên các ống khói của nhà máy hệ thống giám sát phát thải liên tục (CEMS), các công trình hóa lý và sinh học xử lý nước thải,... Tuy nhiên, các kho chứa than trong nhà máy nhiệt điện được đặt lộ thiên với việc ô nhiễm bụi phát sinh tại khu vực làm ảnh hưởng đến các khu dân cư lân cận. Một số các nghiên cứu đã đưa ra các giải pháp để kiểm soát bụi phát sinh tại khu vực kho than hồ chủ yếu là phun sương kiểm soát bụi với hiệu suất công trình cao. [5] đã thực hiện nghiên cứu vòi phun khí nén với kích thước hạt nước cầu 40–50 μm, vận tốc nước làm việc của vòi phun tưới 20–30 m/s, để nâng cao hiệu quả phun cần đưa vòi phun tới nguồn sinh bụi với vận tốc phun khỏi vòi từ 60–100 m/s thì khoảng cách tối ưu tới nguồn là 0,2–0,8 m. Độ ẩm của than sau khi phun tăng 0,25% dưới mức cho phép, không ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm than [5]. Ngoài ra, khi hệ thống phun hoạt động hàm lượng bụi giảm xuống hơi nước bốc lên làm cho nhiệt độ môi trường giảm 2–3°C [5]. [6] đã mô tả khái quát về công nghệ chống bụi bằng hệ thống phun sương kết hợp nước và khí nén với thông số hoạt động hệ thống với áp suất khí 3–5 bar, áp suất chất lỏng 1–3 bar, góc phun từ 15–90°, khoảng cách phun từ 1,5–2,5 m, diện tích phun 4–10 m<sup>2</sup> và tiêu hao từ 8–23 lít nước/giờ. Điều kiện tự nhiên trước khi phun sương ở nhiệt độ dao động 24,1–24,3°C, tốc độ gió từ 1,1 đến 1,2 m/s và độ ẩm từ 93,4–95,3% [6]. Kết quả nghiên cứu cho thấy nồng độ bụi hô hấp trung bình sau 4 lần đo từ 4,161 mg/m<sup>3</sup> vượt quá QCVN 02:2019/BYT quy định bụi than hô hấp (hàm lượng silic tự do ≤ 5%) 2 mg/m<sup>3</sup> giảm xuống còn 0,591 mg/m<sup>3</sup>; nhiệt độ trung bình giảm từ 24,2°C xuống còn 23,4°C và độ ẩm tăng lên 96,4% tăng không quá mức cho phép, đảm bảo điều kiện làm việc cho người lao động trong mỏ hầm lò [6]. Liên hiệp Các hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam (2007) cũng đã nghiên cứu bụi trong các cơ sở chế biến đá xây dựng có kích thước hạt 3,3–10 μm (chiếm 88–90%), bụi có kích thước hạt < 3 μm, chiếm một tỷ lệ không đáng kể (10–12%) với lưu lượng trung bình của mỗi vòi phun là 0,7–1,4 l/ph, giá trị áp suất tối ưu của máy bơm là 5–2,0 at và hiệu quả xử lý bụi đạt 71–89% [7].

Theo [8], việc ứng dụng phương pháp hệ thống mềm (SSM) với cách xác định 5 câu hỏi: what, where, when, why và who nhằm lắp đặt tường chắn bụi tại khu vực dỡ than tại tàu, lắp đặt lưới chắn gió tại khu vực bãi tập kết để giảm thiểu sự phát tán của bụi. Nghiên cứu áp dụng phương pháp xử lý bụi tại các khu vực kho chứa than, băng tải, ... tại cảng Hoàng Hoa, Trung Quốc, các phương pháp hiệu quả được nghiên cứu áp dụng tại đây bao gồm lưới chắn gió có tỷ lệ mở lưới epsilon  $\epsilon = 40\%$ , bán kính lỗ 6 mm, tấm chống gió 140°, chiều cao là 17 m chống lại hiệu quả gió từ 80 đến 85%; hệ thống dập bụi bằng nước với hiệu quả trên 96%; và dự án trồng cây xanh quanh khu vực phát sinh bụi [9]. [10] đã đưa ra quy trình đánh giá mối nguy và rủi ro xảy ra trong quá trình vận hành Nhà máy Nhiệt điện, trong đó có đề cập đến biện pháp giảm thiểu bụi than bằng các vòi phun nước dập bụi thủ công khi bụi phân tán vào môi trường. Nghiên cứu về đặc tính và hiệu quả loại bỏ bụi trung bình đối với tổng lượng bụi và bụi mịn của Fangwei [11] sử dụng vòi phun dập bụi bằng quạt lần lượt là 88,1% và 86,5% ứng dụng loại bỏ bụi tại khu vực lộ thiên. [12] nghiên cứu về hệ thống phun sương đã chỉ ra được các thông số thiết kế và điều kiện tự nhiên trước khi phun sương. Cụ thể là hệ thống hoạt động với đường kính giọt phun lên đến 50 μm, chiều cao của thiết bị phun sương tối đa là 1,4 m, góc nghiêng 45°, khoảng cách giữa hai thiết bị phun sương là 2,65 m và phun khi vận tốc không khí khoảng 1,5 m/s; kết quả cho thấy độ ẩm không khí sau khi phun sương lớn hơn tối đa là 0,26% tăng không quá mức cho phép. [13] đã nghiên cứu về ứng dụng hệ thống phun sương dập bụi loại bỏ được hiệu quả đạt hơn 70%, với các thông số vận hành hệ thống là chỉ cần một lượng nước nhỏ (từ 0,1 đến 0,4 dm<sup>3</sup>/phút). Tăng độ ẩm có thể loại bỏ bụi trong phạm vi 100 m.

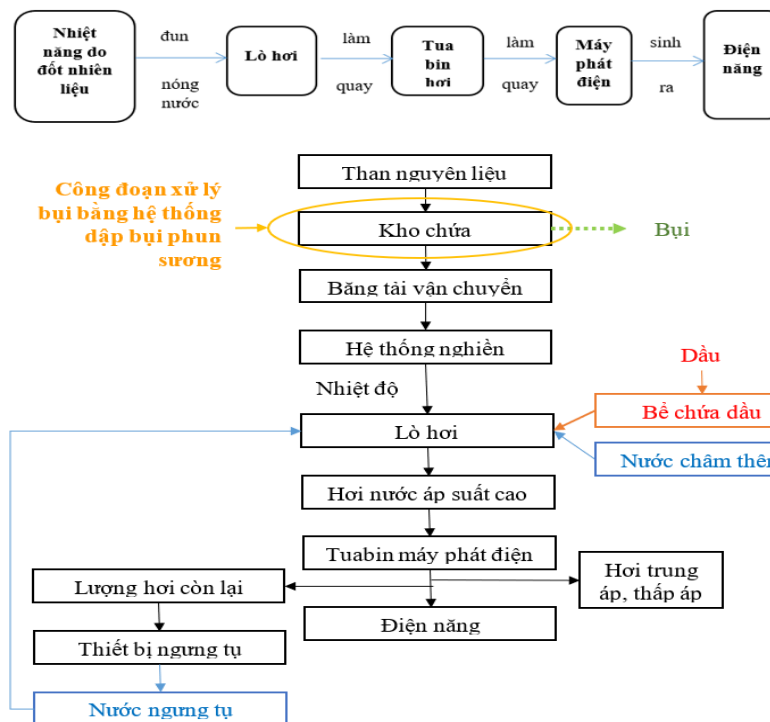
Qua khảo sát thực tế tại nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 và các tài liệu liên quan cho thấy nhà máy đã lắp đặt hệ thống tránh phát tán bụi bao gồm tường chắn gió xung quanh khu vực kho than và hệ thống phun nước kiểm soát bụi nhưng hệ thống phun sương lại vận hành thủ

công với nhược điểm lớn là không đảm bảo kiểm soát bụi. Vì thế, để hạn chế nhược điểm trên đồng thời tiết kiệm nước sử dụng và hạn chế bụi phát tán ra ngoài một cách tối ưu thì ngoài việc nâng cao hiệu suất làm việc của béc phun sương, phương án nâng cao hiệu quả điều khiển là rất cần thiết.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Công nghệ và nhiên liệu sử dụng trong nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4

Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 được Tập đoàn Điện lực Việt Nam đầu tư quy mô tầm cỡ, công nghệ nhiệt điện đốt than phun, ngưng hơi truyền thống, nhưng với thông số hơi siêu tới hạn có nhiệt độ khoảng 593°C, áp suất 242 bar. Lò hơi được thiết kế đốt than trộn (*bitum và sub-bitum*), ứng dụng công nghệ tiên tiến, sử dụng công nghệ vòi đốt than Low-NO<sub>x</sub> để giảm thiểu phát thải NO<sub>x</sub>.



**Hình 1.** Quy trình, công nghệ sản xuất điện từ nhà máy Nhiệt điện.

Đặc biệt, lưu lượng than tiêu thụ khi hai tổ máy vận hành đầy tải là 520 tấn/giờ, tương đương khoảng 12.480 tấn/ngày, hàm lượng tro xỉ thấp (trung bình chiếm khoảng 6%). Do đó, lượng tro xỉ phát sinh trong ngày tối đa chỉ xấp xỉ 1.000 tấn/ngày khi 2 tổ máy vận hành đầy tải. Tro xỉ phát sinh sau khi được thu gom chứa tại các silo sẽ được vận chuyển bằng xe chuyên dụng đến bãi xỉ để lưu trữ theo đúng quy trình xử lý tro xỉ đã được tỉnh Bình Thuận phê duyệt, đảm bảo các quy định về môi trường. Có thể nói, Vĩnh Tân 4 là một nhà máy được đầu tư máy móc thiết bị hiện đại bậc nhất từ các nước công nghiệp phát triển như: Nhật Bản, Hàn Quốc, G7, được trang bị đầy đủ các hệ thống thiết bị bảo vệ môi trường, đáp ứng yêu cầu của báo cáo đánh giá tác động môi trường và quy chuẩn môi trường Việt Nam quy định (bao gồm hệ thống xử lý khí thải, nước thải và hệ thống thu gom, xử lý tro xỉ, chất thải rắn). Thực hiện chỉ đạo của tỉnh Bình Thuận và Bộ Tài nguyên và Môi trường, Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 đã lắp đặt hệ thống quan trắc khí thải, nước thải tự động, truyền tín hiệu liên tục về Sở Tài nguyên Môi trường tỉnh Bình Thuận để tiện theo dõi, giám sát liên tục 24/24.

Quy trình sản xuất điện của Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 như sau: Nhiên liệu than được vận chuyển bằng tàu thủy có trọng tải 100.000 DWT đến cầu cảng chuyên dụng của Nhà máy, sau khi được nghiền theo kích cỡ yêu cầu, rồi được phun vào buồng đốt lò hơi cùng

với dầu DO (dầu được sử dụng kèm trong giai đoạn khởi động lò hơi và đốt hỗ trợ). Lò hơi có nhiệm vụ sinh hơi dẫn sang các gian máy tuabin để quay máy phát điện. Các máy phát điện được đấu nối vào hệ thống điện 500 kV được xây dựng mới tại khu vực phía Bắc NMT Vĩnh Tân 4 bằng 2 mạch đường dây trên không 500 kV [14].

## 2.2. Các vấn đề môi trường và tác hại của bụi và khí thải phát sinh

Đi cùng với sự phát triển của nhiệt điện than là những con số đáng chú ý về chất lượng sống và những vấn đề về môi trường. Năm 2017, các nhà máy nhiệt điện than trong nước thải ra khoảng 12,2 triệu tấn tro, xỉ sau quá trình đốt, (miền Bắc (60%), miền Trung (21%), miền Nam (19%)). Năm 2019, Tổng công ty điện lực Việt Nam (EVN) dự kiến sẽ đốt khoảng 54 triệu tấn than để đảm bảo đủ sản lượng điện cung cấp cho hệ thống, như vậy bình quân mỗi ngày có khoảng 150 nghìn tấn than được tiêu thụ. Trong khi đó, cứ đốt 10 tấn than sẽ có 3,3 tấn tro, xỉ. Theo tính toán, với lượng tiêu thụ 129 triệu tấn năm 2030 sẽ thải ra hơn 40 triệu tấn tro, xỉ, con số này có thể sẽ tăng lên nữa nếu như nhu cầu về điện vẫn tiếp tục tăng cao. Việc xử lý khối lượng chất thải này là bài toán nan giải do lượng tro, xỉ được tận dụng làm vật liệu xây dựng (chủ yếu là gạch không nung) vẫn còn rất thấp. Năm 2017, cả nước chỉ tiêu thụ được 4 triệu tấn (tương đương 30%), biện pháp tạm thời chúng ta sử dụng đó là chôn lấp thành các bãi thải. Tuy nhiên, giải pháp này rất tốn kém diện tích và có thể ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước, đất đai, môi trường,... Nếu xử lý tốt tro, xỉ, Việt Nam có thể tiết kiệm hàng trăm ha đất làm bãi thải và quan trọng hơn là đảm bảo phát triển bền vững cho nhiệt điện than. Ngoài các vấn đề chưa xử lý được với chất thải rắn, những vấn đề với chất thải khí cũng đang là mối đe dọa đối với môi trường sống và sức khỏe con người. Như đã nêu trên, nhiên liệu chính dùng trong các lò đốt than của các nhà máy nhiệt điện Việt Nam là than đá, than nâu và than bitum nhập khẩu. Trong đó, than đá có thành phần chính là cacbon, quá trình đốt than sẽ sản sinh ra nhiều chất khí gây ô nhiễm gồm sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), các vi hạt rắn (PM), các kim loại nặng và các đồng vị phóng xạ. Than Bitum (than nhựa đường: bituminous coal) chứa nhiều lưu huỳnh (2%), tạp chất (nhựa đường, hắc ín), vì vậy khi đốt thường gây ô nhiễm không khí. Mặc dù vậy, than bitum vẫn được sử dụng rộng rãi, nhất là làm nhiên liệu cho các nhà máy điện vì loại than này sinh ra nhiệt lượng cao. Nghiên cứu của đại học Stuttgart (Đức) năm 2010 đã phát hiện ra rằng, mỗi năm, một nhà máy nhiệt điện than với công suất 500MW sẽ sinh ra gần 85kg thủy ngân, hơn 100kg thạch tín, đồng thời nồng độ chất phóng xạ cũng tăng từ 0,03% lên mức 0,12% ở lớp đất bề mặt dày 30 cm tại khu vực đất nằm xung quanh bán kính 20 km của nhà máy. Những chất thải này đều có ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người như: Thủy ngân có thể gây ảnh hưởng đến quá trình phát triển tâm thần và hệ thần kinh; chì và thạch tín gây ra các bệnh về da, ung thư phổi, bàng quang, bệnh đường hô hấp, rối loạn phát triển...; ngoài ra, khí thải CO<sub>2</sub> từ các nhà máy nhiệt điện than là một trong những tác nhân gây hiệu ứng nhà kính, khiến nhiệt độ bầu khí quyển ngày càng tăng dẫn đến các biến đổi thời tiết và thiên tai khó lường [15]. Hầu hết các nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam đều được trang bị các hệ thống xử lý khí thải, nhưng hiệu quả của các hệ thống xử lý này chưa cao, chưa thực sự đáp ứng được lượng khí thải sinh ra mỗi năm, chưa tính đến lượng khí rò rỉ trong quá trình đốt than và xử lý thải [16–17].



Hình 2. Khu vực kho than hở tại nhà máy.



Bên cạnh đó, các kho chứa than trong nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 được đặt lộ thiên với việc ô nhiễm bụi phát sinh tại khu vực làm ảnh hưởng đến các khu dân cư lân cận (Hình 2). Vấn đề này hiện nay đang là một vấn đề nan giải cần được giải quyết.

### 2.3. Các phương pháp xử lý bụi tại kho than hở

#### 2.3.1 Phương pháp khô

Thiết bị thu hồi bụi khô hoạt động dựa trên các cơ chế lắng khác nhau: trọng lực (các buồng lắng bụi), quán tính (lắng bụi nhờ thay đổi hướng chuyển động của dòng khí hoặc nhờ vào vách ngăn) và ly tâm (các cyclone đơn, nhóm và tổ hợp, các thiết bị thu hồi bụi xoáy và động). Các thiết bị thu hồi bụi nêu trên chế tạo và vận hành đơn giản, được áp dụng phổ biến trong công nghiệp. Tuy nhiên, hiệu quả thu bụi không phải lúc nào cũng đạt yêu cầu nên chúng thường đóng vai trò xử lý sơ bộ và cần phải lắp đặt hệ thống ống dẫn thu gom và vận chuyển bụi.

#### 2.3.2 Phương pháp ướt

Quá trình thu hồi bụi theo phương pháp ướt dựa trên sự tiếp xúc của dòng khí bụi với chất lỏng, được thực hiện bằng các biện pháp cơ bản sau: (1) Dòng khí bụi đi vào thiết bị và được rửa bằng chất lỏng. Các hạt bụi được tách ra khỏi khí nhờ va chạm với các giọt nước; (2) Chất lỏng tưới ướt bề mặt làm việc của thiết bị, còn dòng khí tiếp xúc với bề mặt này. Các hạt bụi bị hút bởi màng nước và tách ra khỏi dòng khí; (3) Dòng khí bụi được sục vào nước và bị chia ra thành các bọt khí. Các hạt bụi bị dính ướt và loại ra khỏi khí. Chất lỏng tưới thiết bị thường là nước. Nếu hạt bụi trơ (như bụi cao su, nhựa, ...), ta dùng dầu nhờn. Khi kết hợp quá trình thu hồi bụi với xử lý hóa học, chất lỏng được chọn theo quá trình hấp thụ. Do tiếp xúc giữa dòng khí nhiễm bụi với chất lỏng hình thành bề mặt tiếp xúc pha. Bề mặt này bao gồm các bọt khí, tia khí, tia lỏng, giọt lỏng và màng lỏng. Trong đa số thiết bị thu hồi bụi ướt tồn tại các dạng bề mặt khác nhau, do đó bụi được thu hồi theo nhiều cơ chế khác nhau [18].

Hiện nay, trên thế giới, các giải pháp kỹ thuật xử lý ô nhiễm bụi được khuyến cáo áp dụng gồm: giải pháp hệ thống hút lọc bụi cục bộ và giải pháp phun sương ngay tại nguồn [19–21, 24]. Về nguyên tắc, giải pháp hệ thống hút lọc bụi có khả năng xử lý bụi triệt để hơn so với giải pháp phun sương [19]. Tuy nhiên, việc lắp đặt các hệ thống hút lọc bụi cục bộ tại các khu vực ô nhiễm lộ thiên có chi phí đầu tư lớn mà hiệu quả thực tế và tuổi thọ của hệ thống không cao do ảnh hưởng mạnh của các yếu tố tự nhiên, đặc biệt là gió ngang [19]. Vì vậy, giải pháp phun sương vẫn là lựa chọn hợp lý cả về mặt hiệu quả kỹ thuật và kinh tế tại khu vực ô nhiễm lộ thiên, đặc biệt trong giai đoạn hiện nay ở Việt Nam. Có hai nguyên tắc để loại bỏ bụi bằng vòi phun nước: (a) làm ướt bề mặt vật liệu để ngăn bụi bay vào không khí, và (b) vòi xịt đánh bay bụi lơ lửng trong không khí. Khi các hạt bụi bị nước làm ướt, trọng lượng của mỗi hạt hiển nhiên sẽ tăng lên [21]. Khả năng bụi bị gió cuốn đi giảm đáng kể. Tốc độ lắng của bụi lơ lửng được cải thiện đáng kể.

### 3. Giải pháp giảm thiểu bụi bằng phun sương tại kho chứa than hở của nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4

Kho than hở của Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 đã được thiết kế với khả năng lưu trữ đảm bảo sự vận hành nhà máy  $2 \times 600$  MW trong 30 ngày. Kho than được thiết kế với 04 đống than, mỗi đống than có mặt cắt hình thang (đáy 42 m, đỉnh 8,6 m, cao 14 m và dài 341 m). Mỗi đống than có sức chứa khoảng 93.000 tấn và tổng sức chứa kho than là 371.968 tấn. Kho chứa than trong nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 được đặt lộ thiên với việc ô nhiễm bụi phát sinh tại khu vực làm ảnh hưởng đến các khu dân cư lân cận. Vì thế, tại kho than lắp đặt hệ thống tránh phát tán bụi bao gồm tường chắn gió xung quanh khu vực kho than và hệ thống phun nước kiểm soát bụi (Hình 3).



**Hình 3.** Tường chắn gió kho than hồ.

Nhà máy lắp đặt hệ thống tường chắn gió kết hợp lưới với mục đích giảm thiểu tác động của gió đến việc khuếch tán bụi trong kho chứa than hồ với bán kính lỗ lưới là 4 mm cho hiệu suất chống lại hiệu quả gió khoảng 80% [16]. Tường chắn gió được xây dựng bao phủ toàn bộ kho than. Từ mặt nền kho than lên đến chiều cao 1,5 m là tường bê tông cốt thép, từ độ cao 1,5 m lên độ cao 18,75 m là trụ kết cấu thép, bao xung quanh là thép tấm cuộn sóng có độ dày là 1,0 mm, khoét lỗ đều trên thân [16, 22, 23].

Xung quanh kho than còn được thiết kế hệ thống súng phun nước tạo ẩm bề mặt và dập bụi kho than. Đường ống chính cấp nước là đường ống thép không rỉ có đường kính là DN150 được đấu nối vào hệ thống cấp nước dịch vụ của nhà máy (nước ngọt trên địa bàn) hoặc từ nước thải sau xử lý, bao gồm 2 máy bơm với lưu lượng 105 m<sup>3</sup>/h và H = 1,13 MPa, 6 dãy phun nước với tổng cộng 52 súng phun nước vật liệu hợp kim nhôm, lưu lượng phun mỗi súng là 51 m<sup>3</sup>/h, áp suất làm việc 0,7 MPa, bán kính phun bao phủ 50 m. Súng phun nước được cài đặt tự động phun để phun giữ ẩm bề mặt cho toàn bộ kho than. Trên mạch vòng ống chính cấp nước được đấu nối vào các ống nhánh đường kính DN50, thép carbon cung cấp nước cho các súng phun nước. Trên mỗi máy đánh đồng, phá đồng được trang bị một hệ thống phun sương dập bụi để tránh phát tán bụi trong khi vận hành máy đánh đồng phá đồng tương ứng. Hệ thống phun sương dập bụi bao gồm một bồn nước 10 m<sup>3</sup>, một bơm ly tâm có công suất 4 m<sup>3</sup>/h, cột áp 150 m, 31 đầu phun [16, 19] (Hình 4).



**Hình 4.** (a) Vòi phun sương tại kho than; (b) Thiết bị phun sương tại kho than.

Nhà máy hiện nay đang vận hành hệ thống dập bụi phun sương thủ công, ứng với thời điểm có gió mạnh, bụi phân tán, công nhân mở vòi phun dập bụi. Điều này làm cho việc kiểm soát bụi thủ công lại có nhược điểm lớn là không đảm bảo khi lượng bụi phát sinh trong quá trình vận hành. Bên cạnh đó, hiệu quả giảm thiểu bụi tại đây còn phụ thuộc hoàn toàn vào tính chủ quan của người vận hành, có thể người vận hành không túc trực tại vị trí, người vận hành đánh giá sai tình huống.

Đề hạn chế nhược điểm trên nghĩa là khắc phục đi tính chủ quan của con người đồng thời tiết kiệm nước sử dụng và hạn chế bụi phát tán ra ngoài một cách tối ưu thì ngoài việc nâng cao hiệu suất làm việc của béc phun sương (như tuổi thọ béc phun, bán kính phun sương, kích thước giọt lỏng, ...) được chú trọng nghiên cứu cải tiến thì phương án nâng cao hiệu quả điều khiển là rất cần thiết như việc nghiên cứu chuyển từ dập bụi phun sương thủ công sang tự động hóa với bước đầu thiết lập các cặp giá trị thể hiện mối liên hệ giữa bốn thông số là hướng gió, vận tốc gió ( $v$ ), nhiệt độ ( $t$ ) tại kho chứa than và nồng độ bụi tại môi trường không khí xung quanh ( $C_0$ ). Ứng với hướng gió bất lợi nhất kết hợp vận tốc gió và nhiệt độ tại môi trường cùng với nồng độ bụi tại các khu vực nhạy cảm được truyền tín hiệu về hệ thống tự động vận hành hệ thống khi nồng độ bụi tại khu vực nhạy cảm vượt ngưỡng cho phép của quy chuẩn hiện hành.

Chính vì thế, từ hiện trạng kiểm soát bụi tại kho than hở của Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 mở ra một hướng nghiên cứu mới về thiết lập điều kiện phun sương kiểm soát bụi khuếch tán làm cơ sở chuyển từ phun sương dập bụi thủ công sang tự động hóa với bước đầu thiết lập mối liên hệ giữa các cặp thông số khí tượng và nồng độ bụi là hướng nghiên cứu đáng được quan tâm và triển khai trong tương lai.

#### 4. Kết luận

Theo kết quả nghiên cứu thấy được hiện nay phương pháp chủ yếu được áp dụng giảm thiểu bụi than khu vực kho chứa than tại Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 bằng hệ thống dập bụi được thiết kế thủ công: thời điểm có gió mạnh, bụi phân tán, công nhân mở vòi phun dập bụi. Tuy nhiên, việc dập bụi thủ công lại có nhược điểm lớn là không đảm bảo dập khi một lượng bụi phát sinh, cũng như phụ thuộc hoàn toàn vào tính chủ quan của người vận hành (có thể người vận hành không túc trực tại vị trí hoặc người vận hành đánh giá sai tình huống). Vì thế, đề hạn chế nhược điểm trên đồng thời tiết kiệm nước sử dụng và hạn chế bụi phát tán ra ngoài một cách tối ưu thì ngoài việc nâng cao hiệu suất làm việc của béc phun sương, phương án nâng cao hiệu quả điều khiển là rất cần thiết như việc nghiên cứu chuyển từ dập bụi phun sương thủ công sang tự động hóa với các cặp giá trị thể hiện mối liên hệ giữa các thông số là hướng gió, vận tốc gió ( $v$ ), nhiệt độ ( $t$ ) tại kho chứa than và nồng độ bụi tại môi trường không khí xung quanh ( $C_0$ ) là vấn đề cấp thiết.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.T.N.H., N.Đ.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.T.N.H., C.T.V.; Tổng quan: L.T.N.H., C.T.V.; Phân tích và Lựa chọn giải pháp: L.T.N.H., N.Đ.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.Đ.T., C.T.V.

**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. Trung, N.Q.; Thống, N.Đ.; Cảnh, Đ.N.; Mạnh, V.Đ.; Tuấn, T.N.; Hải, T.N. Về một giải pháp vận chuyển tro xỉ từ nhà máy nhiệt điện than tới bãi xỉ, giảm phát tán bụi nhằm bảo vệ môi trường. *Thông tin Khoa học Công nghệ mở* 2019, 6, 35–41.
2. Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo, Viện Năng lượng, Công ty Ea Energy Analyses, Cục Năng lượng Đan Mạch và Đại sứ quán Đan Mạch tại Hà Nội. Cẩm nang Công nghệ Việt Nam – dữ liệu công nghệ phục vụ mô hình hóa hệ thống điện Việt Nam, 2019.
3. Choi, Y.L.; Choi, J.S.; Yang, J.K.; Park, S.H.; Joo, H.S.; Chang, Y.Y. Application of Chemical Dust Suppressants for Control of Fugitive Dust in Ash pond of Thermal Power Plant. *J. Soil Groundwater Environ.* 2018, 23(6), 82–89.
4. Linh, N.V.P. Tổng quan về chất lượng không khí trên thế giới. *Tạp chí Môi trường, Chuyên đề môi trường không khí*, 2022. <http://tapchimoitruong.vn/nhin-ra-the-gioi-65/tong-quan-ve-chat-luong-khong-khi-tren-the-gioi-26990>.



5. Lợi, L.N. Một số kết quả nghiên cứu vòi phun nước khí nén dùng trong công nghệ dập bụi. Hội nghị Khoa học Kỹ thuật mở toàn quốc lần thứ XVIII, **2007**, 357–360.
6. Chi, Đ.V.; Dũng, V.T.T.; Dũng, L.T. Đánh giá hiệu quả chống bụi trong mỏ hầm lò tại Công ty 35 – Tổng Công ty Đông Bắc bằng hệ thống phun sương kết hợp nước và khí nén. *Tạp chí Thông tin Khoa học Công nghệ mỏ* **2022**, 1, 45–50.
7. Liên hiệp Các hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam. Ứng dụng công nghệ phun sương áp suất thấp để xử lý ô nhiễm bụi trong các cơ sở chế biến đá xây dựng, 2007. <https://vusta.vn/ung-dung-cong-nghe-phun-suong-ap-suat-thap-de-xu-ly-o-nhiem-bui-trong-cac-co-so-che-bien-da-xay-dung-p76528.html>.
8. Shiwei, D.; Bin, L. Analysis of coal dust source strength in open storage yard of coal port area of Huanghua Port. *E3S Web Conf.* **2020**, 206, 1–4.
9. Chandran, Mr.A.; Kaviyarasan, R. Hazard Identification and Risk Assessment in Thermal Power Plant. *J. Inf. Comput. Sci.* **2020**, 10(4), 20–27.
10. Han, F.; Liu, J. Flow field characteristics and coal dust removal performance of an arc fan nozzle used for water spray. *PLoS ONE* **2018**, 13(9), e0203875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203875>.
11. Santosh, R.; Singh, R.P.; Ghosh, A.K. Water mist – An emerging fire suppression system to control coal mine fire. *J. Mines Metals Fuels* **2008**, 56, 129–134.
12. Prostański, D. Use of Air-and-Water Spraying Systems for Improving Dust Control in Mines. *J. Sustainable Min.* **2013**, 12(2), 29–34.
13. Tập đoàn điện lực Việt Nam (EVN). Báo cáo đánh giá tác động môi trường của dự án “Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh tân 4 mở rộng – 1 × 600 MW tại xã Vĩnh Tân, huyện Tuy Phong, tỉnh Bình Thuận”. Bình Thuận, 2015.
14. Hiền, T. Nhiệt điện than – Thực trạng và giải pháp. Tạp chí Con số Sự kiện, 2019. <http://consosukien.vn/nhiet-dien-than-thuc-trang-va-giai-phap.htm>.
15. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo Hiện trạng Môi trường Quốc gia giai đoạn 2016–2020. NXB Dân trí, 2021.
16. Ban Quản lý dự án Nhiệt điện Vĩnh Tân. Báo cáo hoàn thành công trình bảo vệ môi trường phục vụ giai đoạn vận hành của dự án “Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 – Tổ máy 1”. Bình Thuận, 2018.
17. Hạnh, N.T. và cs. Thực trạng và giải pháp cho vấn đề ô nhiễm không khí ở Việt Nam. Đại học Quốc gia Hà Nội, 2022, tr. 1-6. Doi:10.31219/osf.io/jrxmd.
18. Hằng, N.T.M. Nghiên cứu lan truyền nhiệt khu vực cửa xả nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên, 2020, ISBN: 978-604-82-3869-8.
19. Chấn, T.N. Ô nhiễm không khí và xử lý khí thải (Tập 2). NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2004.
20. Lợi, N.T.; Khánh, N.Q.; Toàn, T.H. Áp dụng thử nghiệm vòi phun sương sủi bọt chế tạo trong nước trong hệ thống phun sương dập bụi máy kẹp hàm, Công ty CP khai thác đá và sản xuất VLXD Cẩm Phả, Quảng Ninh. *Tạp chí Hoạt động KH-CN An toàn – Sức khỏe và Môi trường lao động* **2016**, 4,5&6, 3–8.
21. Han, Y.; Xu, H.; Bi, X.; Lin, F.; Jiao, L.; Zhang, Y.; Feng, Y. The effect of atmospheric particulates on the rainwater chemistry in the Yangtze River Delta, China. *J. Air Waste Manage. Assoc.* **2019**, 69(12), 1452–1466.
22. Tuấn, N.Đ. Kiểm soát ô nhiễm không khí. NXB Đại học Quốc Gia TP.HCM, 2019.
23. Zuniawan, A.; Sriwana, I.K. Handling of Coal Dust at Coal Handling Facility in Coal Power Plant using Soft System Methodology (SSM) Approach. *Sinergi* **2019**, 23(3), 223–232.
24. Shen, J.; Feng, X.; Zhuang, K.; Lin, T.; Zhang, Y.; Wang, P. Vertical Distribution of Particulates within the Near-Surface Layer of Dry Bulk Port and Influence Mechanism: A Case Study in China. *Sustainability* **2019**, 11, 7135. Doi:10.3390/su11247135.

## **Study on coal dust suppression methods and suggest solutions for Thermal Power Plant Vinh Tan 4 to reduce air pollution**

**Le Thi Ngoc Han<sup>1</sup>, Can Thu Van<sup>1\*</sup>, Nguyen Dinh Tuan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> HCMC University of Natural Resources and Environment; ltnhan@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn; dinhantuan1@gmail.com

**Abstract:** The production of electricity from coal brings high economic efficiency, meets the urgent demand for electricity in our country, but it is also an industry with a lot of potential for pollution. Currently, in our country, coal-fired power plays an important role in national energy security and in the near future, coal-fired power is still one of the main pillars of our country's energy security. Along with large emissions, coal-fired power plants also have many impacts on the environment and human health, in which the risk of air pollution is present. Recently, Vinh Tan 4 thermal power plant has been solving the above environmental pollution problems with current technical regulations. However, coal storage in thermal power plants is mostly located in the open air, with dust pollution generated in the area affecting neighboring residential areas. At the same time, the factory now is operating a manual misting dust suppression system, which is having the major disadvantage of not guaranteeing to stamp when a large amount of dust is being generated. Therefore, a plan to improve control efficiency is very necessary.

**Keywords:** Coal dust pollution; Air pollution control; Thermal power plant Vinh Tan 4.

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu đề xuất Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên tại Việt Nam

Phạm Anh Cường<sup>1</sup>, Trương Quang Hải<sup>2\*</sup>, Ngô Xuân Quý<sup>3</sup>, Phạm Hạnh Nguyên<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Viện Phát triển Tài nguyên và Môi trường, Hội Nước sạch và Môi trường Việt Nam; pacuong@yahoo.com

<sup>2</sup> Viện Việt Nam học và Khoa học Phát triển, Đại học Quốc gia Hà Nội; haitq.ivides@gmail.com

<sup>3</sup> Cục Bảo tồn thiên nhiên và Đa dạng sinh học, Bộ Tài nguyên và Môi trường; nguyennh.nbca@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: haitq.ivides@gmail.com; Tel.: +84-913283922

Ban biên tập nhận bài: 2/3/2023; Ngày phản biện xong: 3/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này, chúng tôi tham khảo các tài liệu của các quốc gia, các tổ chức quốc tế có uy tín và của Việt Nam về đánh giá tác động môi trường đến di sản thiên nhiên, cảnh quan và đa dạng sinh học để tổng hợp, phân tích, sàng lọc và lựa chọn ra các thông tin, dữ liệu, phương pháp cần thiết cho việc đề xuất Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên tại Việt Nam. Kết quả của nghiên cứu này là cơ sở để xây dựng Hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động môi trường chi tiết của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên.

**Từ khóa:** Di sản thiên nhiên; Đa dạng sinh học; Cảnh quan; Đánh giá tác động môi trường.

### 1. Mở đầu

Di sản thiên nhiên là một trong ba (03) loại di sản thế giới (Di sản thiên nhiên thế giới, Di sản văn hóa thế giới và Di sản hỗn hợp thế giới) theo Công ước về Bảo vệ di sản văn hóa và thiên nhiên thế giới [1]. Theo Công ước này, di sản thiên nhiên là khu vực hoặc nơi chứa các đặc điểm hoặc nhóm các đặc điểm tự nhiên (gồm cả vật lý và sinh học) với các giá trị còn nguyên vẹn, nổi bật về thẩm mỹ và khoa học; các hệ địa chất, địa lý và khu vực có ranh giới rõ ràng tạo thành sinh cảnh sống của các loài động thực vật đang bị đe dọa có giá trị nổi bật toàn cầu về khoa học hoặc bảo tồn. Tính đến năm 2020, trên thế giới có 1.121 di sản thế giới được công nhận, trong đó có 213 di sản thiên nhiên và 39 di sản hỗn hợp nằm trên lãnh thổ của 107 quốc gia với tổng diện tích 369.685.919 ha [2].

Nhận thức được tầm quan trọng của các di sản thiên nhiên thế giới, các quốc gia, đặc biệt các nước phát triển như Liên minh châu Âu, Mỹ, Canada, Úc, Vương quốc Anh, ... đều đã có các quy định pháp luật rất chặt chẽ và đồng thời, ban hành các hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá tác động của dự án đầu tư đến di sản thế giới, di sản thiên nhiên thế giới như là một đối tượng tự nhiên hoàn chỉnh hoặc đến một số giá trị nổi bật toàn cầu riêng biệt của di sản thiên nhiên như đa dạng sinh học hoặc cảnh quan [3-7]. Về cơ bản, các hướng dẫn kỹ thuật này đều phù hợp với các khuyến cáo, khung hướng dẫn kỹ thuật của các tổ chức bảo tồn toàn cầu như Liên minh bảo tồn thiên nhiên thế giới (IUCN), Công ước về các vùng đất ngập nước có tầm quan trọng quốc tế Ramsar, Công ước Đa dạng sinh học, Công ước về Bảo vệ di sản văn hóa và thiên nhiên thế giới [8-11]. Nhờ có hệ thống pháp luật và hướng dẫn kỹ thuật đầy đủ này, các dự án đầu tư tại các quốc gia phát triển đều được đánh giá tác động môi trường



một cách bài bản, do đó, các giá trị nổi bật toàn cầu của các di sản thiên nhiên và tính toàn vẹn của chúng đang được bảo vệ, bảo tồn một cách bền vững.

Việt Nam chính thức tham gia Công ước về Bảo vệ di sản văn hóa và thiên nhiên thế giới từ năm 1987 và đến nay, có 22 di sản thế giới được Tổ chức Giáo dục, Khoa học và Văn hóa Liên Hợp Quốc (UNESCO) công nhận, trong đó có các di sản thiên nhiên thế giới. Tuy nhiên, khái niệm kèm theo các tiêu chí và phân loại di sản thiên nhiên của Việt Nam lần đầu tiên mới được quy định trong Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 [12]. Luật này và các văn bản pháp luật hướng dẫn Luật cũng lần đầu tiên đưa ra khái niệm về cảnh quan thiên nhiên, cảnh quan sinh thái [13–14], đồng thời, yêu cầu các chủ dự án đầu tư phải thực hiện đánh giá tác động môi trường đến di sản thiên nhiên, chú trọng đến cảnh quan, đa dạng sinh học và thực hiện bồi hoàn đa dạng sinh học. Kết quả rà soát các công trình nghiên cứu trong nước cho thấy, Việt Nam (chủ yếu là Bộ Tài nguyên và Môi trường, Bộ Xây dựng và các Tổ chức Khoa học công nghệ) đã xây dựng thành công hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động của nhiều loại hình dự án đầu tư (sản xuất hóa chất cơ bản, sản xuất xi măng, luyện thép, xây dựng cảng, chôn lấp chất thải, xây dựng đường giao thông, xây dựng hạ tầng cơ sở khu công nghiệp, nhà máy giấy, nhà máy điện, sản xuất phân hóa học, da giày, dầu khí, xăng dầu, khai thác mỏ, ...) đến môi trường. Mặc dù các hướng dẫn kỹ thuật này có nội dung về đánh giá tác động đến tài nguyên sinh vật, tuy nhiên, còn rất sơ sài, không đáp ứng các khuyến cáo của các điều ước quốc tế và yêu cầu của các nhà tài trợ. Ngoài ra, các hướng dẫn này không có nội dung hướng dẫn đánh giá tác động đến cảnh quan thiên nhiên của di sản thiên nhiên.

Trong khoảng mười (10) năm gần đây, có hai nghiên cứu trong nước về hướng dẫn đánh giá tác động môi trường đến đa dạng sinh học: (1) Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ (Tài nguyên và Môi trường) mã số TNMT.04.56 “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn của bồi hoàn đa dạng sinh học nhằm đề xuất các quy định về chính sách và pháp luật về bảo vệ môi trường và đa dạng sinh học” thực hiện trong các năm 2014–2016 [15]; (2) Dự án nhỏ do Ngân hàng phát triển châu Á (ADB) tài trợ cho Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường trong việc nghiên cứu xây dựng “Hướng dẫn đánh giá tác động đa dạng sinh học lồng ghép trong quy trình đánh giá tác động môi trường” năm 2015 [16]. Đây mới chỉ là những hướng dẫn bước đầu về đánh giá tác động của dự án đầu tư đến đa dạng sinh học nói chung, chưa xem xét đa dạng sinh học như là một đặc trưng của một khu di sản thiên nhiên.

Trước thực trạng nêu trên của Việt Nam, việc nghiên cứu và sớm đề xuất khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên với những cách tiếp cận và phương pháp mới, bổ sung để mô tả đầy đủ cũng như đánh giá tác động chi tiết của dự án đầu tư đến các đặc trưng của di sản thiên nhiên là cảnh quan và đa dạng sinh học. Kết quả của nghiên cứu này sẽ làm cơ sở cho việc xây dựng Hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động môi trường chi tiết của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên.

## **2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu**

### *2.1. Đối tượng nghiên cứu*

Đối tượng nghiên cứu là di sản thiên nhiên, các đặc trưng của di sản thiên nhiên theo Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 như: vẻ đẹp của thiên nhiên; các đặc điểm nổi bật về địa chất, địa mạo; đa dạng sinh học và các dịch vụ hệ sinh thái tự nhiên.

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

#### **2.2.1. Phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu tham khảo**

Nhóm tác giả tiến hành: (1) Thu thập một cách đầy đủ, toàn diện các tài liệu sẵn có, bao gồm các quy định pháp lý về đánh giá tác động môi trường, các nghiên cứu, hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá tác động môi trường đến di sản thế giới, di sản thiên nhiên, sinh thái/ đa dạng sinh học, cảnh quan được công bố chính thức, bảo đảm độ tin cậy, chính xác của các

quốc gia, các tổ chức quốc tế có uy tín trên thế giới; các quy định pháp luật hiện hành của Việt Nam và các nghiên cứu, hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá tác động môi trường của các loại hình dự án đầu tư đã được công bố; (2) Tổng hợp các thông tin, dữ liệu thu thập được để phân loại, phân tích, đánh giá, sàng lọc, lựa chọn cho phù hợp với các yêu cầu nhằm đề xuất Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên của Việt Nam.

### 2.2.2. Phương pháp chuyên gia

Di sản thiên nhiên là một đối tượng đặc biệt nhạy cảm với các đặc điểm đa dạng về địa hình, cảnh quan, đa dạng sinh học và các thành phần tự nhiên khác. Trong đó, các đặc điểm về cảnh quan và đa dạng sinh học là rất khó đánh giá do Luật Bảo vệ môi trường chưa có các quy định chi tiết về khái niệm, tiêu chí, phân loại cảnh quan và Việt Nam chưa có các công cụ phù hợp để lượng hóa đa dạng sinh học một cách đáng tin cậy. Do đó, trong quá trình nghiên cứu, Nhóm tác giả đã tiến hành tham vấn các chuyên gia về cảnh quan và đa dạng sinh học để tìm ra cách tiếp cận, phương pháp đánh giá phù hợp với các đặc điểm này của di sản thiên nhiên.

## 3. Kết quả nghiên cứu

### 3.1. Kết quả tổng hợp về các đối tượng là di sản thiên nhiên của Việt Nam

Theo quy định của Điều 20 Luật Bảo vệ môi trường 2020, các di sản thiên nhiên được chia thành ba (03) nhóm, bao gồm: (i) Di sản thiên nhiên là các Vườn quốc gia, khu dự trữ thiên nhiên, khu bảo tồn loài - sinh cảnh, khu bảo vệ cảnh quan được xác lập theo quy định của pháp luật về đa dạng sinh học, lâm nghiệp và thủy sản; danh lam thắng cảnh được công nhận là di sản văn hóa được xác lập theo quy định của pháp luật về di sản văn hóa. Đến nay, nhóm này có khoảng 176 khu, chiếm 2.512.530,78 ha trên cạn, vùng nước nội địa và trên biển thuộc các hệ sinh thái chính là rừng đặc dụng, biển và đất ngập nước [17]; (ii) Di sản thiên nhiên được tổ chức quốc tế công nhận, bao gồm: 02 di sản thiên nhiên thế giới và 01 di sản hỗn hợp thế giới; 09 khu dự trữ sinh quyển và 03 công viên địa chất toàn cầu phân bố khắp mọi miền của đất nước; (iii) Các di sản thiên nhiên khác đáp ứng tiêu chí quy định tại Khoản 2 Điều 20 Luật Bảo vệ môi trường, bao gồm các đối tượng như vùng đất ngập nước quan trọng [18]; hành lang đa dạng sinh học, khu vực có đa dạng sinh học cao, cảnh quan sinh thái quan trọng, cảnh quan thiên nhiên quan trọng [12–13]. Tuy nhiên, số lượng các di sản thiên nhiên của nhóm này hiện có chỉ là ba (03) hàng lang đa dạng sinh học cấp tỉnh được thành lập năm 2018 tại các tỉnh Quảng Trị, Thừa Thiên Huế và Quảng Nam.

Như vậy, di sản thiên nhiên của Việt Nam phong phú về số lượng và đa dạng về các đặc điểm tự nhiên. Trong đó, nhóm các khu bảo tồn thiên nhiên tại các hệ sinh thái rừng đặc dụng, biển và đất ngập nước, nơi có đa dạng sinh học cao và các cảnh quan thiên nhiên đẹp, độc đáo đang chiếm đa số với tổng diện tích bao phủ lớn nhất và hiện đang cung cấp đa dạng các dịch vụ hệ sinh thái quan trọng. Do đó, hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động môi trường cần tập trung vào các giá trị của sinh thái/ đa dạng sinh học và cảnh quan của di sản thiên nhiên.

### 3.2. Tổng hợp các thông tin chính về cảnh quan cần biết trong đánh giá tác động môi trường

Trên thế giới có nhiều trường phái học thuật về cảnh quan. Tuy nhiên, khái niệm về cảnh quan theo Công ước Cảnh quan châu Âu [7] ngày càng được sử dụng phổ biến: “Cảnh quan” là một khu vực, theo cảm nhận của con người, có các thành phần và đặc điểm trực quan là kết quả tác động và tương tác của các yếu tố tự nhiên và/hoặc con người. Các thành phần của cảnh quan bao gồm: (i) Các thành phần có thể nhìn thấy mang tính khách quan, hữu hình như địa hình, tòa nhà,...; (ii) Lớp phủ đất, bao gồm các loại thảm thực vật khác nhau; (iii) Ảnh hưởng của hoạt động con người; và (iv) Chúng có thể bao gồm các thành phần không nhìn thấy được, ví dụ: sự yên tĩnh, xa xôi, hoang dã, âm thanh và liên tưởng văn hóa; và các thành

phần vô hình như quy mô, hoa văn, màu sắc,... Các bước chính trong quy hoạch cảnh quan bao gồm: (i) Hiểu bản chất của cảnh quan; (ii) Xác định dữ liệu, cơ hội và khó khăn; (iii) Sửa đổi vị trí, bố cục, thiết kế, ... của tất cả các lựa chọn để đạt được sự phù hợp nhất với môi trường; (iv) Chuẩn bị giải pháp để tránh các tác động và tận dụng các cơ hội; (v) So sánh các phương án, chọn phương án ít gây hại nhất; (vi) Xây dựng quy hoạch tổng thể cảnh quan; (vii) Chuẩn bị đánh giá tác động cảnh quan và hiệu ứng thị giác; (viii) Quy trình ra quyết định; (ix) Thiết kế chi tiết và đặc điểm kỹ thuật; (x) Thực hiện; (xi) Bảo dưỡng cảnh quan; (xii) Giám sát và báo cáo.

Cảnh quan theo Công ước Cảnh quan châu Âu là một khái niệm còn khá mới mẻ ở Việt Nam, được quan tâm đặc biệt từ khi ban hành Luật bảo vệ môi trường 2020. Đồng thời, các khái niệm “Cảnh quan sinh thái quan trọng” và “Cảnh quan thiên nhiên quan trọng” đã được Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định cụ thể [14] nhằm hướng dẫn Luật bảo vệ môi trường. Các kiến thức về cảnh quan của thế giới và Việt Nam hiện nay là cơ sở cho đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến cảnh quan của di sản thiên nhiên.

### 3.3. Đề xuất Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên

Để bảo đảm tính thống nhất với lý thuyết và thực hành đánh giá tác động môi trường trên thế giới, khung đánh giá tác động môi trường chuẩn [19] được áp dụng cho quá trình đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên tại Việt Nam. Điểm mới ở đây là các nội dung sinh thái/ đa dạng sinh học và quá trình đánh giá, thiết kế, quy hoạch cảnh quan được bổ sung, cấu trúc ở tất cả các giai đoạn thiết kế và thực hiện dự án đầu tư. Dưới đây là các nội dung chính của khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên của Việt Nam được lồng ghép vào quy trình lập báo cáo đánh giá tác động môi trường.

#### 3.3.1. Sàng lọc

Mục đích của sàng lọc là để xác định mức độ đánh giá tác động môi trường cần thiết đối với dự án đầu tư được đề xuất.

Chủ dự án cần căn cứ vào các quy định của pháp luật về bảo vệ môi trường [12–13], bảo tồn thiên nhiên và đa dạng sinh học [20–22] và cam kết của Việt Nam với quốc tế về bảo vệ môi trường, di sản thế giới, bảo tồn thiên nhiên và đa dạng sinh học để tiến hành sàng lọc theo các yếu tố như quy mô, đặc điểm, tính chất, vị trí của dự án đầu tư cũng như các đặc điểm của các tác động tiềm ẩn của dự án. Đối với các đối tượng nhạy cảm như di sản thiên nhiên thì các tác động môi trường của dự án cần sớm được xem xét - từ giai đoạn thiết kế ban đầu của dự án.

Kết quả của “Sàng lọc” sẽ khuyến cáo chủ các dự án đầu tư tiềm ẩn các tác động xấu đến di sản thiên nhiên phải thực hiện một trong các phương án sau đây theo quy định của pháp luật: (1) Dự án được đánh giá là không phù hợp với pháp luật và/ hoặc các cam kết quốc tế của Việt Nam, do vậy, không nên triển khai dự án; (2) Dự án phải thực hiện đánh giá tác động môi trường sơ bộ; (3) Dự án phải thực hiện đánh giá tác động môi trường chi tiết.

#### 3.3.2. Xác định phạm vi

Mục đích của xác định phạm vi là xác định các vấn đề quan trọng cần giải quyết đối với khu di sản thiên nhiên, đưa ra các phương pháp, nguồn lực được sử dụng và thiết lập các giới hạn về không gian, thời gian cho các cuộc khảo sát thực địa và đánh giá.

Kết quả của quá trình xác định phạm vi cần được trình bày thành báo cáo và bao gồm các nội dung sau: (i) Mô tả về (các) khu vực ảnh hưởng của dự án; (ii) Xác định các tác động môi trường chính (đến môi trường vật lý, cảnh quan, sinh thái/ đa dạng sinh học và dịch vụ hệ sinh thái) có thể được giải quyết thông qua các thay đổi trong thiết kế dự án, bao gồm cả việc xem xét các lựa chọn thay thế; (iii) Danh sách các đặc điểm điều kiện tự nhiên (bao gồm cảnh quan thiên nhiên), sinh thái và dịch vụ hệ sinh thái cần được xem xét chi tiết trong đánh



giá tác động môi trường và, trong một số trường hợp, các tác động cụ thể sẽ được xem xét liên quan đến từng giá trị, đặc điểm của Di sản thiên nhiên theo tiêu chí thành lập; (iv) Mô tả các cuộc khảo sát sẽ được thực hiện nhằm cung cấp dữ liệu cần thiết cho việc đánh giá, bao gồm các phương pháp và thời gian; (v) Danh sách các đặc điểm điều kiện tự nhiên, cảnh quan thiên nhiên, sinh thái và dịch vụ hệ sinh thái liên quan sẽ không được xem xét chi tiết trong đánh giá tác động môi trường vì chúng không chịu hoặc bị ảnh hưởng không đáng kể bởi các hoạt động của dự án đầu tư.

### 3.3.3. Mô tả hiện trạng nền

Mục đích của mô tả hiện trạng nền là mô tả các điều kiện tự nhiên, môi trường và kinh tế - xã hội khu vực dự kiến thực hiện dự án khi không có dự án.

Các nguyên tắc đặc thù khi mô tả hiện trạng khu di sản thiên nhiên là cần phải mô tả khu di sản thiên nhiên: (i) Ở mọi quy mô, bao gồm cảnh quan thiên nhiên; cảnh quan sinh thái, quần xã thực vật, loài và (nếu có thể) di truyền. Thông tin để mô tả được thu thập từ các nguồn chính thống và càng chi tiết càng tốt; (ii) Đầy đủ các điều kiện tự nhiên, các thành phần của khu di sản thiên nhiên và các đặc điểm, chức năng kèm theo vị trí, ranh giới của chúng và các tiêu chí đề xuất được áp dụng để đánh giá mức độ quan trọng của chúng nếu nằm ngoài các tiêu chí thành lập; (iii) Việc điều tra các giá trị, đặc điểm chính của khu di sản thiên nhiên nên được mở rộng ra các khu vực lân cận, tuy nhiên, chỉ ở mức tối thiểu, đủ để đánh giá; và (iv) Trong quá trình mô tả, cần phân tích mối quan hệ giữa thông tin về các điều kiện tự nhiên và sinh thái/ đa dạng sinh học để cung cấp một cái nhìn tổng quan về hệ sinh thái hiện có trong khu di sản thiên nhiên và xung quanh vì nó liên quan đến hệ sinh thái địa phương và khu vực rộng lớn hơn.

Các nội dung thực hiện chính của xác định phạm vi bao gồm: (i) Thu thập dữ liệu về các điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và môi trường khu vực dự án, tập trung vào khu di sản thiên nhiên và các khu vực xung quanh có liên quan; (ii) Mô tả các điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và môi trường khu vực dự án, tập trung vào khu di sản thiên nhiên và các khu vực xung quanh có liên quan; (iii) Đánh giá tầm quan trọng của khu di sản thiên nhiên, bao gồm: đánh giá tầm quan trọng của các điều kiện tự nhiên, cảnh quan thiên nhiên; đánh giá tầm quan trọng của đa dạng sinh học và đánh giá môi trường sống (nếu thấy cần thiết); đánh giá tầm quan trọng của các dịch vụ hệ sinh thái.

### 3.3.4. Đánh giá tác động

Mục đích của đánh giá tác động là: (i) Đánh giá chi tiết các tác động tiềm ẩn của dự án đầu tư đã được xác định trong quá trình sàng lọc, xác định phạm vi và được mô tả trong điều khoản tham chiếu; (ii) Xem xét và thiết kế lại các phương án thực hiện; đánh giá tác động; cân nhắc các biện pháp giảm nhẹ và tăng cường, cũng như bồi hoàn các tác động tồn dư; lập kế hoạch quản lý tác động.

Đánh giá các tác động sinh thái/ đa dạng sinh học là những nội dung đặc thù của đánh giá tác động môi trường đến di sản thiên nhiên. Nội dung của đánh giá tác động sinh thái bao gồm: (i) Xác định và mô tả các tác động và ảnh hưởng của chúng đến các đặc điểm sinh thái chính của khu di sản thiên nhiên, bao gồm mất môi trường sống, thay đổi môi trường sống, các tác động biên và tác động đến các loài hoặc quần thể nhạy cảm; ảnh hưởng đến sự kết nối, sự phân mảnh và cô lập của môi trường sống; (ii) Đề xuất, phân tích các biện pháp tránh hoặc giảm thiểu các tác động và ảnh hưởng tiêu cực; (iii) Đánh giá mức độ đáng kể của bất kỳ tác động tồn dư (còn lại) nào đến đa dạng sinh học sau khi đã giảm thiểu; (iv) Xác định các biện pháp bồi hoàn thích hợp để khắc phục ảnh hưởng tồn dư đã được xác định; và (v) Xác định các cơ hội để tăng cường, làm giàu đa dạng sinh học.

Các phương pháp đánh giá tác động sinh thái và cảnh quan [7, 23] được sử dụng bao gồm: (i) Phân tích sơ đồ và mạng lưới để xác định chuỗi các tác động và do đó rất hữu ích cho việc xác định hiệu ứng dây chuyền từ những tác động trực tiếp, gián tiếp; (ii) Mô hình

dự đoán định lượng có thể cung cấp dự báo chi tiết về các tác động giả định. Tuy nhiên, giới hạn về nguồn lực và thời gian thực hiện đánh giá tác động môi trường thường làm hạn chế việc sử dụng các phương pháp mô hình; (iii) Hệ thống thông tin địa lý (GIS) kết hợp với công nghệ viễn thám rất hữu ích khi xây dựng mô hình các mối quan hệ không gian, ví dụ như bản đồ sinh thái; đánh giá sự phân mảnh và biến động của cảnh quan, môi trường sống; (iv) Hồi cứu thông tin từ các dự án tương tự trước đó có thể có giá trị, đặc biệt khi các tác động của các dự án này đã được định lượng và giám sát trong thời gian dài; (v) Ý kiến chuyên gia luôn luôn là cần thiết cho việc giải thích các dữ liệu và dự báo tác động trong trường hợp không đủ số liệu định lượng về đa dạng sinh học; (vi) Mô tả và ngoại suy mối tương quan quan sát được giữa sự phân bố, phong phú của các loài và các yếu tố vật lý như chế độ nước, tiếng ồn,... để dự báo các thành phần đa dạng sinh học có thể tồn tại tại địa điểm đánh giá; (vii) Lấy mẫu hiện trường và nghiên cứu phòng thí nghiệm có thể được sử dụng để định lượng và đánh giá khả năng phản ứng của hệ sinh thái, tuy nhiên, việc thực hiện có thể tốn kém, khó khăn và sẽ không phải lúc nào cũng mang lại kết quả hữu ích khi mà thời gian đánh giá tác động môi trường có hạn; (viii) Đánh giá đặc điểm cảnh quan là một phương pháp tiêu chuẩn được sử dụng để xác định, mô tả, phân loại và lập bản đồ những điểm khác biệt về cảnh quan.

Cần lưu ý rằng các phương pháp đánh giá tác động chủ quan không được khuyến khích sử dụng trong đánh giá tác động sinh thái.

### 3.3.5. Các biện pháp giảm thiểu, phòng ngừa và ứng phó sự cố môi trường

Cần áp dụng một quy trình tuân tự để tránh, giảm thiểu và bồi hoàn các tác động, các hiệu ứng sinh thái tiêu cực. Đồng thời, nếu có thể thì tăng cường, làm giàu thêm đa dạng sinh học. Điều này thường được gọi là “Hệ thống phân cấp giảm thiểu”.

Hệ thống phân cấp giảm thiểu bao gồm các hoạt động chính sau đây: (i) Việc tránh và/hoặc giảm thiểu các tác động tiêu cực đạt được tốt nhất thông qua việc xem xét các tác động tiềm ẩn của một dự án từ giai đoạn đầu của thiết kế, quy hoạch chi tiết xây dựng dự án và trong suốt quá trình phát triển của dự án. Các biện pháp giảm thiểu được đưa vào chương trình thiết kế thường được mô tả là “giảm thiểu theo thiết kế”. Điều này có thể bao gồm việc thiết kế lại bố cục, sơ đồ bố trí, quy hoạch chi tiết xây dựng hoặc điều chỉnh vị trí của các hoạt động nhất định. Giảm thiểu bằng cách điều chỉnh thiết kế của dự án là đặc biệt có lợi vì nó bảo đảm chắc chắn cho sự thành công của biện pháp giảm thiểu; (ii) Bồi hoàn: các biện pháp được thực hiện để bù đắp các tác động tồn dư dẫn đến mất mát hoặc vĩnh viễn thiệt hại đối với các đặc điểm sinh thái/ đa dạng sinh học mặc dù đã được giảm thiểu. Việc bồi hoàn có thể ở dạng môi trường sống thay thế hoặc cải thiện môi trường sống hiện có. Về nguyên tắc, việc bồi hoàn phải được tập trung vào loại đặc điểm sinh thái bị ảnh hưởng và với mức độ tương đương. Việc bồi hoàn phải được cung cấp càng gần vị trí xảy ra các tác động càng tốt, mang lại lợi ích cho môi trường sống, các loài bị ảnh hưởng và có thể đo lường được với mục đích đạt được “không có lỗ rỗng” về đa dạng sinh học. Lượng bồi hoàn môi trường sống thường lớn hơn hoặc bằng so với môi trường sống bị suy giảm/ mất do tính chất khó khăn và mức độ thành công hạn chế khi tạo ra môi trường sống mới cho các loài sinh vật; (iii) Tăng cường, làm giàu đa dạng sinh học là việc cải thiện công tác quản lý các đặc điểm sinh thái đang hiện hữu hoặc cung cấp các đặc điểm sinh thái mới, dẫn đến đạt được lợi ích rỗng cho đa dạng sinh học. Điều này không liên quan đến tác động tiêu cực cần phải giảm thiểu. Các biện pháp này phải được đưa vào chương trình thiết kế, được đánh giá trong báo cáo đánh giá tác động môi trường; (iv) Việc thiết kế các biện pháp giảm thiểu và bồi hoàn là một quá trình lặp đi lặp lại. Các biện pháp cần được chủ dự án cam kết khi hồ sơ quy hoạch xây dựng chi tiết được trình cấp có thẩm quyền. Các biện pháp giảm nhẹ và bồi hoàn cần phải giải quyết các tác động, ảnh hưởng cụ thể, đạt được kết quả lâu dài, có các tiêu chí xác định để bảo đảm sự thành công và cho phép đo lường mức độ thành công hay thất bại thông qua giám sát. Trong một số trường hợp, các biện pháp bồi hoàn cần phải được thực hiện và “hoạt động” trước khi tác hại xảy ra đối với trường hợp dự án đầu tư có ảnh hưởng đến các khu bảo tồn

hoặc các loài được bảo vệ hợp pháp. Đồng thời, việc thiết kế các biện pháp giảm thiểu và bồi hoàn cần được tham vấn với các thành viên khác của nhóm thiết kế dự án. Các biện pháp giảm thiểu, bồi hoàn và tăng cường chi tiết cần phải được đưa vào Kế hoạch Quản lý Môi trường của dự án, trong đó phải nêu cụ thể thời gian triển khai và các tiêu chí chính để đánh giá mức độ thành công của các biện pháp được áp dụng.

### 3.3.6. Giám sát

Giám sát là việc thiết lập kế hoạch/ chương trình giám sát môi trường, trong đó có nội dung giám sát sinh thái và cảnh quan. Mục đích của giám sát sinh thái là để xác định: (i) liệu các biện pháp giảm thiểu đã được thực hiện như cam kết hay chưa; (ii) mức độ thành công/ hiệu quả của các biện pháp; (iii) cảnh báo sớm về các biện pháp không hiệu quả; và (iv) xây dựng các biện pháp mới thay thế các biện pháp không/ kém hiệu quả.

Để thực hiện giám sát, chủ dự án/ đơn vị tư vấn cần xác định nơi cần giám sát, đo đếm kết quả giảm thiểu, bồi hoàn và tăng cường. Chương trình giám sát phải bao gồm các phương pháp giám sát được sử dụng, các tiêu chí để xác định mức độ thành công/ thất bại, thời gian biểu triển khai hợp lý, cơ chế thực hiện, tần suất và thời gian giám sát (bao gồm giám sát ngắn hạn và dài hạn) và tần suất báo cáo.

### 3.3.7. Tham vấn cộng đồng và các Bên có liên quan

Tham vấn các bên có liên quan và cộng đồng là một nội dung xuyên suốt của quy trình đánh giá tác động môi trường, nên được thực hiện càng sớm càng tốt, bắt đầu từ khâu thiết kế ban đầu của dự án và sau đó, tiếp tục được triển khai ở các bước tiếp theo từ xác định phạm vi cho đến hoàn thành dự thảo báo cáo đánh giá tác động môi trường.

Các nguyên tắc thực hành tốt của tham vấn cộng đồng và các bên có liên quan bao gồm: (i) Tham vấn phải chân thành và cởi mở. Việc chủ dự án/ tổ chức tư vấn tận dụng tối đa tham vấn để thu thập thông tin, dữ liệu nhưng lại hạn chế trong việc cung cấp thông tin về dự án cho các bên được tham vấn sẽ bị phản ứng tiêu cực; (ii) Thời gian tham vấn nên được lên kế hoạch cẩn thận để ngăn chặn việc công bố quá sớm các thông tin nhạy cảm về thương mại, gây bất lợi cho chủ dự án; (iii) Các yêu cầu tham gia của các bên liên quan và công chúng phải kịp thời. Việc tham vấn không có ý nghĩa nếu các ý kiến, đề xuất sửa đổi thiết kế của dự án quá muộn; (iv) Phải có đủ thời gian để các bên được tham vấn xem xét và có ý kiến phản hồi; (v) Các mục tiêu của tham vấn cần được nêu rõ ràng. Thông tin được trình bày cho công chúng, các tổ chức, người đại diện phải phù hợp về nội dung và mức độ chi tiết, xác định rõ những vấn đề đang được đưa ra bình luận.

Pháp luật hiện hành [12–14] đã có các quy định rất cụ thể, chi tiết về: (i) các đối tượng cần tham vấn; (ii) nội dung và hình thức tham vấn; (iii) thời điểm và thời gian tham vấn; (iv) trách nhiệm tham vấn của chủ dự án; (v) trách nhiệm của cơ quan, tổ chức có liên quan trực tiếp đến dự án đầu tư phải trả lời đề nghị tham vấn của chủ dự án.

Sau khi hoàn thành các nội dung nêu trên, chủ dự án/ tổ chức tư vấn tiến hành lập báo cáo đánh giá tác động môi trường và trình hồ sơ lên cơ quan có thẩm quyền để thẩm định theo quy định của pháp luật.

## 4. Kết luận

Khung đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên được đề xuất với những nội dung, phương pháp mới được bổ sung về mô tả các giá trị nổi bật của di sản thiên nhiên; đánh giá, lượng hóa tối đa các tác động của dự án đầu tư đến sinh thái/ đa dạng sinh học và cảnh quan - những đặc trưng rất quan trọng của di sản thiên nhiên là cơ sở cho việc xây dựng hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động môi trường chi tiết của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên của Việt Nam, góp phần thực hiện Luật Bảo vệ môi trường năm 2020, hoàn thiện hệ thống các hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá tác động môi trường hiện có,



đáp ứng nhu cầu thực tiễn của các nhà đầu tư, các cơ quan quản lý, các nhà tài trợ cũng như các tổ chức, cá nhân tư vấn và học thuật.

Trong bối cảnh các quy định về cảnh quan trong Luật Bảo vệ môi trường và các văn bản hướng dẫn Luật còn chưa rõ, thiếu tính hệ thống; các tín chỉ để lượng hóa hiệu quả các giá trị đa dạng sinh học chưa được thiết lập tại Việt Nam, việc áp dụng khung hướng dẫn kỹ thuật này để đánh giá tác động của dự án đầu tư đến cảnh quan và đa dạng sinh học của di sản thiên nhiên sẽ gặp phải một số khó khăn nhất định. Do vậy, hai yếu tố hạn chế này cần sớm được nghiên cứu, khắc phục trong thời gian tới.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.A.C., T.Q.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.A.C., T.Q.H., P.H.N.; Thu thập tài liệu: P.A.C., P.H.N., N.X.Q.; Viết bản thảo bài báo: P.A.C.; Chỉnh sửa bài báo: P.A.C., T.Q.H.

**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.

**Lời cảm ơn:** Bài báo được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài Khoa học và Công nghệ của Bộ Tài nguyên và Môi trường: “Nghiên cứu cơ sở lý luận, thực tiễn đánh giá tác động môi trường của dự án đầu tư đến di sản thiên nhiên và đề xuất các quy định quản lý”. Mã số TNMT.2021.01.19.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. UNESCO. Công ước về Bảo vệ di sản văn hóa và thiên nhiên thế giới, 1972.
2. IUCN. IUCN World Heritage Outlook 3 - A conservation assessment of all natural World Heritage sites, IUCN, 11/2020, pp. 90.
3. Environmental Impact Assessment and Natural Habitats (Extraction of Minerals by Marine Dredging), (England and Northern Ireland) Regulations 2007 (S.I. 1067 of 2007). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/uk84862.pdf>.
4. USA. Habitat Evaluation. Guidance for the Review of EIA documents, NEPA, USSA, 2/1993, pp. 129.
5. Environmental Assessment (Forestry) Regulations. England, 1998. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/1998/1731/made>
6. CIEEM. Guidelines for Ecological Impact Assessment in UK and Ireland, England, 2018, pp. 86.
7. Landscape Institute and Institute of Environmental Management & Assessment. Guidelines for landscape and visual impact assessment, 3<sup>rd</sup> Eds., England, 2013, pp.169.
8. Voluntary Guidelines on Biodiversity. Inclusive Impact Assessment, COP8, Decision VIII/28, CBD, 31 March 2006, 324-344.
9. ICOMOS. Guidance on Heritage Impact Assessments for Cultural World Heritage, the International Council on Monument and Sites (ICOMOS), 2011, pp. 20.
10. Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment. 2013, Third Edition, Routledge, pp. 184.
11. IUCN. World Heritage Advice Note: Environmental Assessment. IUCN, 18 November 2013, pp. 15.
12. Luật Bảo vệ môi trường, 2020, số 72/2020/QH14
13. Nghị định 08/2022/NĐ - CP ngày 10 tháng 01 năm 2022 của Chính phủ Quy định chi tiết một số Điều của Luật Bảo vệ môi trường.
14. Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10 tháng 01 năm 2022 của Bộ Tài nguyên và Môi trường Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Bảo vệ môi trường.
15. Cường, P.A. Báo cáo tổng hợp Kết quả khoa học công nghệ “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn của bồi hoàn đa dạng sinh học nhằm đề xuất các quy định về chính sách và pháp luật về bảo vệ môi trường và đa dạng sinh học”, mã số TNMT.04.56.

Cục Bảo tồn đa dạng sinh học, Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016.

16. ADB. Hướng dẫn đánh giá tác động đa dạng sinh học lồng ghép trong quy trình đánh giá tác động môi trường, 2015.
17. Tổng cục Môi trường. Báo cáo tóm tắt tổng kết việc thực hiện Chiến lược quốc gia về Đa dạng sinh học đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030; 2021.
18. Nghị định số 66/2019/NĐ-CP của Chính phủ về Bảo tồn và sử dụng bền vững các vùng đất ngập nước.
19. World Bank. Environmental Assessment Sourcebook. 1996, pp.227.
20. Luật Đa dạng sinh học, 2008, số 20/2008/QH12 và các văn bản hướng dẫn.
21. Luật Lâm nghiệp, 2017, số 16/2017/QH14 và các văn bản hướng dẫn.
22. Luật Thủy sản, 2017, số 18/2017/QH14 và các văn bản hướng dẫn.
23. CIEEM. Guidelines for Ecological Impact Assessment in the UK and Ireland: Terrestrial, Freshwater, Coastal and Marine version 1.1. 2018, pp. 86.

## **Study to propose an environmental impact assessment framework for investment projects on natural heritage in Vietnam**

**Pham Anh Cuong<sup>1</sup>, Truong Quang Hai<sup>2\*</sup>, Ngo Xuan Quy<sup>3</sup>, Pham Hanh Nguyen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Institute for Natural Resources and Environment Development, Vietnam Association of Clean Water and Environment; pacuong@yahoo.com

<sup>2</sup> Institute of Vietnamese Studies and Development Sciences, Hanoi National University; haitq.ivides@gmail.com

<sup>3</sup> The Nature and Biodiversity Conservation Agency, The Ministry of Natural Resources and Environment; nguyentp.nbca@gmail.com

**Abstract:** In this study, we refer to the documents from countries, reputable organizations worldwide and in Vietnam on environmental impact assessment on natural heritage, landscape and biodiversity to synthesize, analyze, screen, and select necessary information, data and methods for the proposal of an environmental impact assessment framework of investment projects on natural heritage in Vietnam. The results of this study are the basis for developing detailed technical guidance on environmental impact assessment of investment projects on natural heritage.

**Keywords:** Natural heritage; Biodiversity; Landscape; Environmental Impact Assessment.

Bài báo khoa học

## Đánh giá và mô hình hóa hiện trạng phú dưỡng nước hồ Quan Sơn theo không gian và thời gian

Nguyễn Thiên Phương Thảo<sup>1</sup>, Phạm Đức Thắng<sup>1</sup>, Trần Thị Hiền<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Hà<sup>1\*</sup>, Phạm Quang Vinh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; nguyenthienphuongthao\_t57@hus.edu.vn; phamducthang\_t64@hus.edu.vn; tranthihien\_t62@hus.edu.vn; hantt\_kdc@vnu.edu.vn

<sup>2</sup> Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; pqvinh@ig.vast.vn

\*Tác giả liên hệ: hantt\_kdc@vnu.edu.vn; Tel.: +84–2435587062

Ban Biên tập nhận bài: 24/3/2023; Ngày phản biện xong: 4/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Hồ chứa Quan Sơn là nguồn cấp nước chủ yếu cho canh tác nông nghiệp, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản của huyện Mỹ Đức, thành phố Hà Nội. Do đó, thường xuyên đánh giá và giám sát chất lượng nước hồ là vô cùng cần thiết. Nghiên cứu này nhằm xác định hiện trạng phú dưỡng của hồ chứa Quan Sơn và sự thay đổi theo không gian và thời gian của chỉ số dinh dưỡng hồ (*trophic state index: TSI*) dựa vào số liệu đo thực tế hàm lượng chlorophyll-a (Chla), photpho tổng số (TP) và độ trong của nước (SD) thu được từ 78 điểm trong 4 đợt khảo sát từ tháng 11/2021 đến tháng 11/2022. Kết quả cho thấy hồ chứa Quan Sơn đang ở mức phú dưỡng cao với giá trị TSI > 60 ở tất cả các thời điểm đo. Mức độ phú dưỡng nước hồ Quan Sơn có sự thay đổi theo không gian và thời gian, phụ thuộc vào quá trình tích nước của hồ cũng như các hoạt động nhân sinh ven hồ. Kết quả nghiên cứu giúp hiểu rõ hơn hiện trạng và xu thế phú dưỡng nước hồ, từ đó có những giải pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường và cân bằng hiệu quả hệ sinh thái hồ hiệu quả.

**Từ khóa:** Phú dưỡng; Hồ chứa thủy lợi; Hồ Quan Sơn; TSI; Mô hình hóa.

### 1. Giới thiệu

Hiện tượng phú dưỡng được đánh giá là một trong những mối đe dọa hàng đầu đến các hệ sinh thái thủy sinh ở cả các thủy vực nội địa lẫn vùng ven biển trên khắp thế giới [1–2]. Theo khảo sát của Ủy ban môi trường hồ quốc tế, 40–50% các hồ và hồ chứa nội địa trên thế giới bị phú dưỡng từ những năm đầu thập kỷ 90 [3]. Hiện tượng này bắt nguồn từ sự dư thừa các chất dinh dưỡng do các nguồn chất thải từ xung quanh hồ dẫn đến sự phát triển quá mức của các loại tảo, rong rêu, vi tảo,... làm mất cân bằng sinh thái. Phú dưỡng có nguồn gốc tự nhiên thường diễn ra từ từ, kéo dài tới hàng chục năm do quá trình tích tụ tự nhiên của các chất dinh dưỡng, còn phú dưỡng có nguồn gốc do các hoạt động nhân sinh thường diễn ra nhanh chóng chỉ trong vòng vài năm cho đến một thập kỷ có thể dẫn đến suy thoái và mất đi toàn bộ hệ sinh thái trong một hồ [4]. Hiện tượng phú dưỡng diễn ra nhanh và gây nhiều hậu quả kinh tế, sinh thái hơn ở các hồ và hồ chứa ở các nước đang phát triển có điều kiện thời tiết khô nóng [3]. Do phú dưỡng có khả năng làm suy giảm các chức năng môi trường và dịch vụ sinh thái của hồ nên cần phải được kiểm soát và giám sát chặt chẽ [5].

Nước ta hiện nay có khoảng hơn 6.600 hồ chứa lớn nhỏ với tổng dung tích khoảng 11 tỷ mét khối [6]. Hệ thống hồ chứa này mang lại các nguồn lợi vô cùng to lớn về kinh tế, môi

trường và nguồn nước cho các địa phương. Tuy nhiên, cùng với quá trình vận hành, các hồ chứa này cũng đang phải đối mặt và tạo ra rất nhiều nguy cơ như các vấn đề an toàn hồ đập, vận hành chưa hợp lý hay suy thoái và ô nhiễm nguồn nước; đặc biệt, các nguy cơ này xảy ra càng cao ở các hồ đập có tuổi thọ lớn như các hồ chứa thủy lợi trên địa bàn Hà Nội với hơn 80% hồ được xây dựng trước những năm 1970 [7]. Cũng như các hồ chứa khác trên thế giới, hệ sinh thái và môi trường các hồ chứa ở nước ta nói chung và trên địa bàn thành phố Hà Nội nói riêng đang chịu tác động bởi các hiện tượng thời tiết cực đoan và ô nhiễm môi trường, đặc biệt là hiện tượng phú dưỡng xảy ra mạnh mẽ [8–10], gây suy thoái hệ sinh thái hồ, ảnh hưởng đến chất lượng cây trồng và sinh vật khi các hồ này được sử dụng là nguồn cấp nước. Chính vì vậy, các nghiên cứu nhằm xác định được mức độ phú dưỡng nước hồ và các nguy cơ có thể liên quan đến hiện tượng phú dưỡng của hồ này cần được tiến hành nhằm có đủ thông tin cung cấp cho công tác quản lý môi trường địa phương, từ đó có những hành động phù hợp để ứng phó chủ động, tránh các sự cố môi trường xảy ra.

Trên thế giới, mức độ phú dưỡng của nước hồ được đánh giá bằng nhiều phương pháp khác nhau thông qua việc xác định một số thông số chất lượng nước như hàm lượng photpho tổng số (TP) [11–12], ni-tơ tổng số [13], chlorophyll-a (Chla) [14–15] hay độ trong của nước (SD) [16–17] và các thang phân loại dinh dưỡng [18–19]. Dựa vào đặc trưng của từng thủy vực mà thang phân loại hay chỉ số dinh dưỡng phù hợp được sử dụng để đánh giá mức độ phú dưỡng [20]. Đối với các hồ nội địa, việc sử dụng chỉ số trạng thái dinh dưỡng (Trophic State Index: TSI) theo phương pháp của Carlson [21] thường được sử dụng nhiều hơn cả do các thông số để tính toán TSI theo phương pháp này tương đối dễ xác định và phản ánh đầy đủ các khía cạnh đa dạng về mức độ phú dưỡng của hồ [20]. Thêm vào đó, TSI được xác định theo giá trị số (nằm trong khoảng từ 0 đến 100) có thể giúp xác định không chỉ mức độ phú dưỡng của nước hồ mà còn xác định được định lượng trạng thái cao hay thấp trong cùng mức phú dưỡng ấy. Sử dụng TSI, sự chênh lệch trong mức độ phú dưỡng nước hồ theo không gian dễ dàng được khoanh định, từ đó giúp nhận diện các nguồn, điểm gây phú dưỡng được dễ dàng hơn [22]. Việc sử dụng giá trị TSI của Carlson cũng giúp cho việc phản ánh, mô tả hiện trạng phú dưỡng nước hồ theo không gian thuận tiện hơn, giúp cho thông tin này đến người sử dụng và ra quyết định được chính xác hơn [22].

Hồ chứa Quan Sơn được xây dựng từ năm 1960, có diện tích lưu vực vào khoảng 80 km<sup>2</sup> [23], là nguồn cung cấp nước chính cho hoạt động trồng trọt và chăn nuôi của các xã Hợp Tiến, Hồng Sơn, Tuy Lai và Thượng Lâm (huyện Mỹ Đức, Hà Nội) đồng thời đóng vai trò quan trọng trong điều tiết nước mặt giảm ngập lụt, cung cấp cảnh quan đẹp và điều hòa vi khí hậu cho các khu vực lân cận. Trong những năm gần đây, hồ Quan Sơn là một điểm du lịch được yêu thích ở Hà Nội. Tuy nhiên, qua hơn 60 năm khai thác và sử dụng, hiện nay hồ đang có nhiều biểu hiện suy thoái như nước hồ bị đục hóa, nhiều rong tảo, nhiễm bẩn hữu cơ, nông hóa đáy hồ, làm giảm giá trị cảnh đẹp của hồ. Tính đến hiện tại, chưa có bất cứ một công trình công bố nào về chất lượng nước cũng như đánh giá hiện trạng phú dưỡng của hồ Quan Sơn. Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp các thông tin, bằng chứng khoa học cần thiết cho việc quản lý môi trường nước và hệ sinh thái hồ. Mục tiêu của nghiên cứu này là làm rõ mức độ phú dưỡng nước hồ tại 4 thời điểm khảo sát từ tháng 11/2021 đến tháng 11/2022, phân tích và đánh giá sự thay đổi của mức độ phú dưỡng nước hồ theo không gian và thời gian trong mối quan hệ với các hoạt động nhân sinh và các yếu tố tự nhiên khác.

## **2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

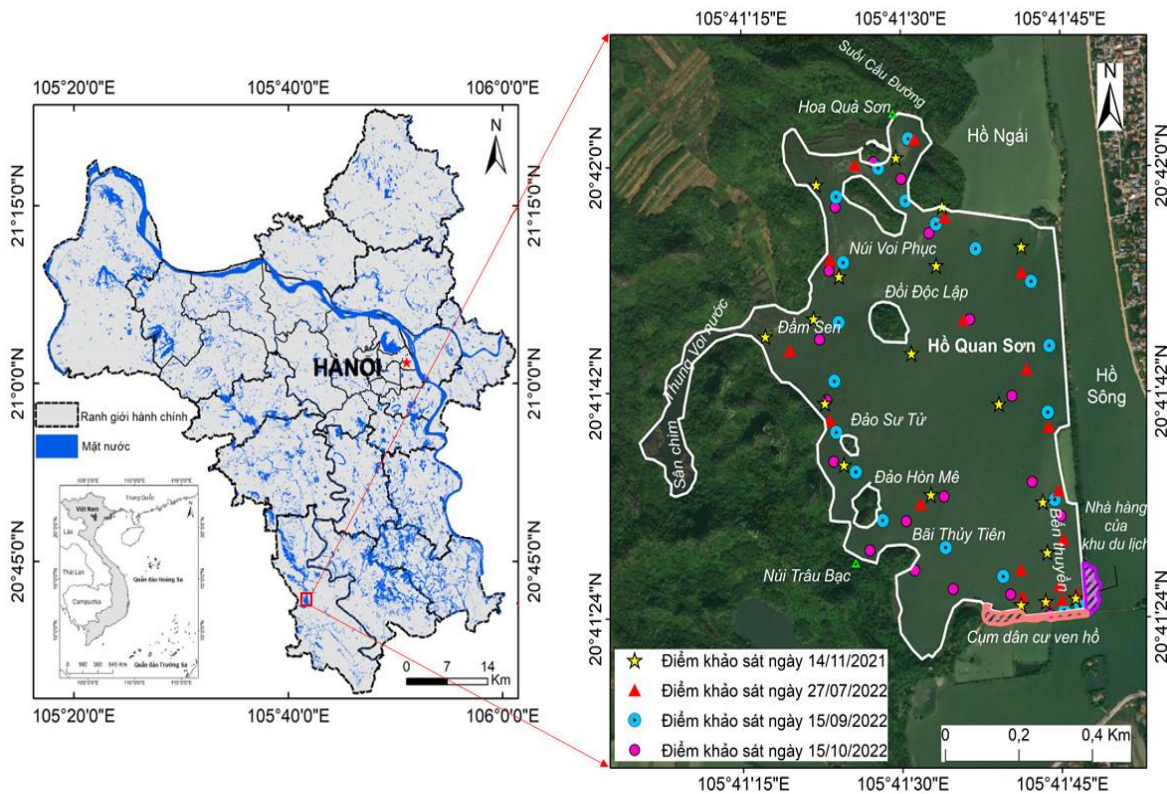
### *2.1. Phương pháp đo đạc và xác định các thông số*

Tổng số 78 kết quả đo từ các điểm khảo sát tại hồ Quan Sơn vào 4 đợt khảo sát đã được thu thập. Các đợt khảo sát này được diễn ra vào ngày 14/11/2021, 27/07/2022, 15/09/2022 và 15/10/2022. Các điểm đo trong 4 đợt khảo sát được phân bố và thể hiện trong hình 1. Các



điểm đo này được lựa chọn nhằm phản ánh được đầy sự thay đổi của các thông số chất lượng nước và thuận tiện cho việc khảo sát thay vì phân bố đồng đều trên mặt nước như khuyến cáo của Karabork [24]. Trong nghiên cứu này, các vùng nước ven bờ hồ là nơi có sự thay đổi rõ ràng về màu sắc, độ trong, nguồn cấp nước vào hồ và hoạt động nhân sinh nên được ưu tiên lựa chọn bố trí nhiều điểm đo đặc. Trong khi đó, vùng nước ở trung tâm hồ có sự trao đổi mạnh mẽ và tương đối đồng nhất nên số lượng các điểm đo dù ít vẫn phản ánh được hiện trạng.

Tại mỗi điểm khảo sát, độ trong của nước (SD) được đo bằng đĩa Secchi chuẩn (Model 58-B10) có đường kính 20 cm của hãng Wildco (Hoa Kỳ) theo phương pháp của Lind [25]. Mẫu nước được thu thập trên mặt nước (0–30 cm) và đưa về phân tích ngay trong ngày để xác định Chla và TP theo phương pháp đo phổ theo TCVN 6662: 2000 [26] và TCVN 6202: 2008 [27] bằng máy quang phổ tử ngoại khả kiến UV–VIS Hach DR6000 (Hoa Kỳ).



**Hình 1.** Vị trí hồ Quan Sơn tại thành phố Hà Nội và các điểm lấy mẫu.

## 2.2. Phương pháp đánh giá mức độ phú dưỡng

Giá trị TSI được xác định là giá trị trung bình cộng của các chỉ số đơn tính toán từ Chla ( $TSI_{Chla}$ ), SD ( $TSI_{SD}$ ) và TP ( $TSI_{TP}$ ) theo các công thức được đơn giản hóa bởi Carlson & Simpson [28] như sau:

$$TSI_{Chla} = 9,81 \times \ln(Chla) + 30,6 \tag{1}$$

$$TSI_{SD} = 60 - 14,4 \times \ln(SD) \tag{2}$$

$$TSI_{TP} = 14,42 \times \ln(TP) + 4,15 \tag{3}$$

$$TSI = (TSI_{Chla} + TSI_{SD} + TSI_{TP})/3 \tag{4}$$

Trong đó đơn vị của Chla là  $\mu\text{g/L}$ , SD là m, TP là  $\mu\text{g/L}$  và  $TSI_{Chla}$ ,  $TSI_{SD}$ ,  $TSI_{TP}$  là các đại lượng không thứ nguyên. Dựa vào giá trị TSI, trạng thái phú dưỡng của hồ được chia thành 4 mức: 1) nghèo dinh dưỡng (oligotrophy,  $TSI < 30$ ); 2) dinh dưỡng trung bình (mesotrophy,  $TSI = 30$  đến  $50$ ); 3) phú dưỡng (eutrophy,  $TSI = 50$  đến  $70$ ); 4) siêu phú dưỡng (hypereutrophy,  $TSI > 70$ ).

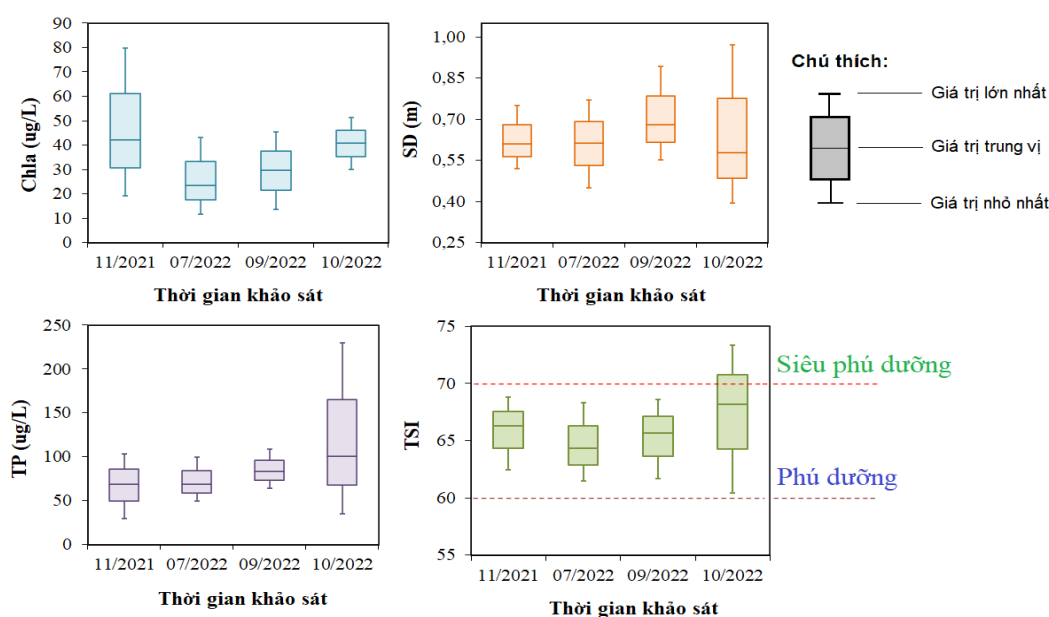
### 2.3. Phương pháp phân tích thống kê và lập sơ đồ

Để hiểu được sự thay đổi của giá trị TSI và hiện trạng phú dưỡng nước hồ theo không gian, phương pháp nội suy – địa thống kê đa biến (*co-kriging*) được lựa chọn để thành lập sơ đồ phân bố TSI tại các thời điểm đo. Với hệ số xác định ( $R^2$ ) giữa giá trị đo đạc thực tế và giá trị ước tính từ phép nội suy đều lớn hơn 0,80 (lần lượt là 0,81; 0,86; 0,99 và 0,98) cho bộ dữ liệu các ngày 14/11/2021, 27/07/2022, 15/09/2022 và 15/10/2022 và sai số toàn phương trung bình của các phép nội suy đều xấp xỉ hoặc nhỏ hơn 1 (lần lượt là 1,16, 1,02; 0,12; 0,32) cho thấy phương pháp này phù hợp để mô hình hóa sự phân bố không gian của giá trị TSI trong nước hồ nghiên cứu. Sơ đồ phân bố giá trị TSI được thành lập sử dụng công cụ phân tích địa thống kê tích hợp trong phần mềm ArcGIS 10.5. Ngoài ra, các phân tích thống kê cơ bản như xác định giá trị lớn nhất (GTLN), giá trị nhỏ nhất (GTNN) giá trị trung bình (GTTB), hệ số tương quan ( $r$ ) và biểu đồ hộp (*box-plot*) của dữ liệu thu được từ các đợt khảo sát cũng được thực hiện sử dụng phần mềm IBM SPSS 26.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Hiện trạng phú dưỡng nước hồ

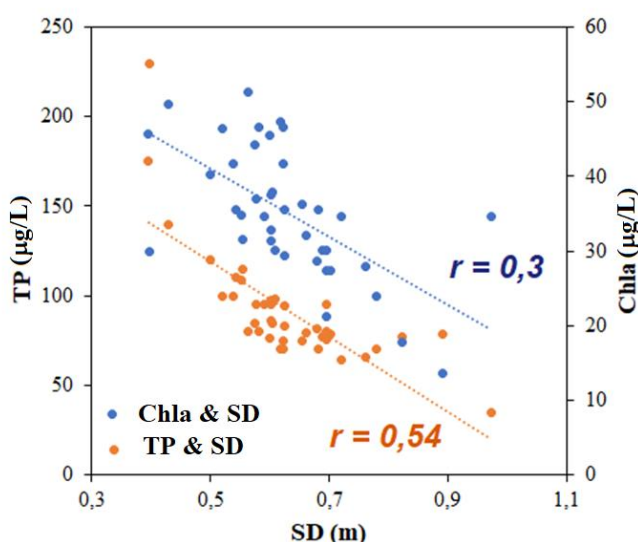
Kết quả Chla, SD, TP và TSI thu được trong nước hồ Quan Sơn của bốn đợt khảo sát được thể hiện trong Hình 2. Theo đó, Chla trong nước hồ dao động từ 19,13  $\mu\text{g/L}$  (vào tháng 11/2021) đến 51,25  $\mu\text{g/L}$  (vào tháng 10/2022), trung bình đạt 42,13  $\mu\text{g/L}$  vào ngày 14/11/2022, 23,62  $\mu\text{g/L}$  vào ngày 27/07/2022, 29,59  $\mu\text{g/L}$  vào ngày 15/09/2022 và 40,71  $\mu\text{g/L}$  vào ngày 15/10/2022. Kết quả này cho thấy mật độ tảo trong nước hồ có sự dao động mạnh giữa mùa mưa (tháng 7–9) và tăng lên cao vào mùa khô (cuối tháng 10 đến tháng 11) (Hình 2A). Nguyên nhân có thể do hồ Quan Sơn là khu vực úng trũng ngập nước, đặc biệt bao xung quanh là nhiều dãy núi đá vôi hang động Karst, vào mùa mưa, hồ là nơi trữ nước phục vụ mục đích tưới tiêu. Trước thời gian khảo sát ngày 27/07/2022 và 15/09/2022, khu vực hồ Quan Sơn có mưa rào và dông [29–30], lượng mưa lớn với mực nước tăng cao hòa loãng một phần mật độ tảo trong nước hồ. Trong thời điểm cuối tháng 10/2022 và tháng 11/2021, nhiệt độ ghi nhận tương đối cao lên đến 34°C [31], đồng thời do nguồn nước mưa cung cấp trong thời kỳ này giảm xuống nên làm cho tảo gia tăng hoạt động và tăng mật độ trong mùa khô.



**Hình 2.** Biến thiên các thông số chất lượng nước của hồ Quan Sơn trong các đợt khảo sát: A) Hàm lượng chlorophyll-a (Chla); B) hàm lượng photpho tổng số (TP); C) độ trong của nước (SD); D) chỉ số dinh dưỡng – TSI.

Tương tự với Chla, hàm lượng TP trong nước hồ dao động từ 30  $\mu\text{g/L}$  (vào tháng 11/2021) đến 230  $\mu\text{g/L}$  (vào tháng 10/2022) (Hình 2B), thể hiện mức độ biến động lớn của thông số này trong khoảng thời gian quan trắc. Vào thời gian mùa khô, TP có xu hướng cao hơn mức 100  $\mu\text{g/L}$  cho thấy nguồn dinh dưỡng bị cô đọng trong nước hồ vào mùa khô là rất cao. Kết quả đo đạc SD của nước hồ cũng tương đối phù hợp với kết quả xác định Chla và TP, nước hồ có độ trong dao động từ 0,52 m đến 0,97 m, trong hơn vào mùa mưa và đục hơn vào mùa khô (Hình 2C). Kết quả tính toán TSI từ bốn đợt khảo sát cho thấy giá trị TSI trung bình của hồ chứa dao động từ 64,3 (tháng 07/2022) đến 68,2 (tháng 10/2022), ứng với trạng thái phú dưỡng cao. Tuy nhiên, tại một số điểm lấy mẫu trong tháng 10/2022 đã có giá trị TSI cao hơn 70 cho thấy mức trạng thái siêu phú dưỡng (còn gọi là phì dưỡng) đã xuất hiện trên hồ Quan Sơn. Điều này cho thấy, chất lượng nước của hồ chứa đang có nguy cơ bị ô nhiễm, gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh của hồ.

Mối tương quan giữa ba thông số Chla, TP và SD thu thập được từ bốn đợt khảo sát được thể hiện trong hình 3. Theo đó, SD không tương quan với Chla ( $r = 0,3$ ) và tương quan trung bình với TP ( $r = 0,54$ ), điều này cho thấy việc suy giảm độ trong của nước hồ Quan Sơn không phải do mật độ tảo mà có thể liên quan đến các vật chất lơ lửng hữu cơ khác trong nước hồ.

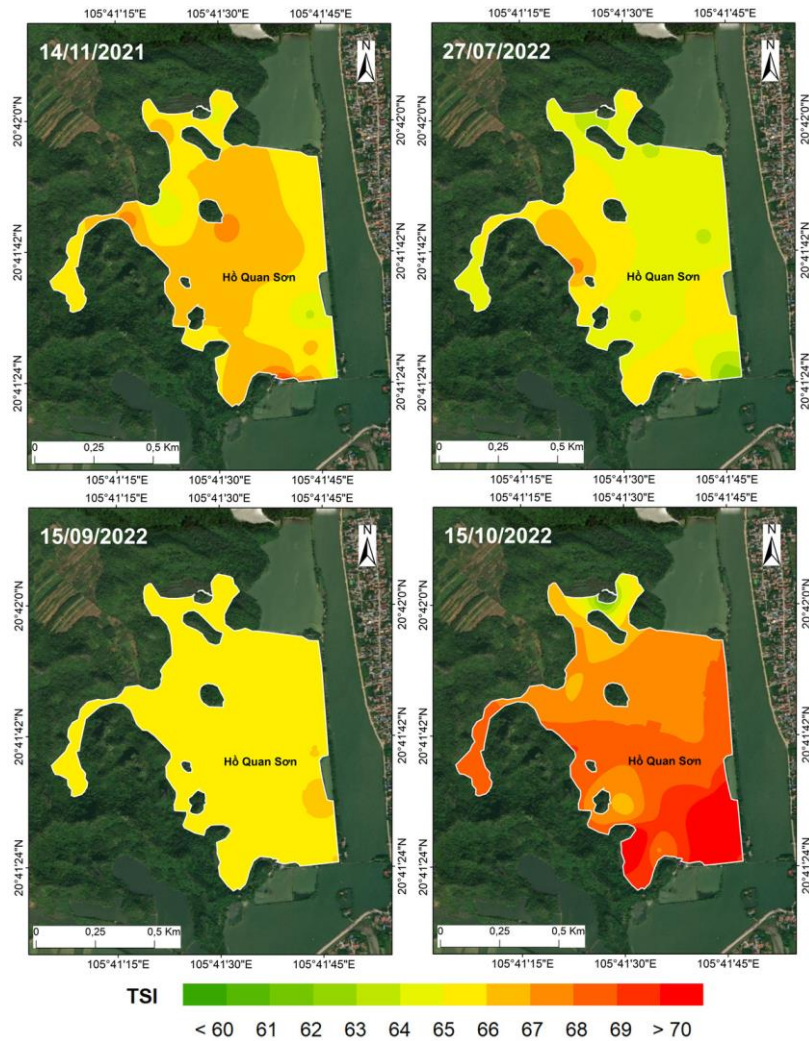


**Hình 3.** Mối quan hệ giữa ba thông số chất lượng nước Chla, SD và TP trong nước hồ Quan Sơn và hệ số tương quan Pearson ( $r$ ) của các thông số.

### 3.2. Sự thay đổi theo thời gian và không gian của TSI

Phân bố của giá trị TSI trong không gian tại bốn thời điểm khảo sát được thể hiện ở Hình 3. Theo đó, có thể nhận thấy có sự không đồng nhất giữa giá trị TSI trong hồ, ngoại trừ ngày 15/09/2022). Trong ngày này, giá trị TSI = 65 phân bố đồng đều gần như đồng nhất trên toàn mặt hồ, trừ sự xuất hiện của điểm có giá trị cao hơn tại khu vực nhà hàng của khu du lịch Quan Sơn. Tại 3 thời điểm còn lại, vùng nước phía bắc của hồ, xung quanh núi Voi Phục (Hình 1), có giá trị TSI thấp hơn các vùng nước còn lại do hầu như không có bất kỳ hoạt động nhân sinh nào tại khu vực này. Các khu vực có giá trị TSI cao thường phân bố ở gần các bến tàu thuyền, khu dân cư, nhà hàng hoặc khu du lịch ven hồ. Đáng chú ý, giá trị TSI > 70 tương ứng với mức siêu phú dưỡng đã xuất hiện và bao phủ toàn bộ phần phía đông nam của hồ (nơi có nhà hàng của khu du lịch Quan Sơn) trong tháng 10/2022, cho thấy nguy cơ xảy ra hiện tượng tảo nở hoa tại hồ. Do vậy, việc đánh giá chất lượng nước hồ cần được thực hiện thường xuyên để kịp thời có các giải pháp kiểm soát và xử lý ô nhiễm, đảm bảo nguồn nước phục vụ cho tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản cũng như phát triển du lịch sinh thái của hồ.





**Hình 4.** Phân bố giá trị TSI của nước Hồ Quan Sơn trong 4 đợt khảo sát.

Theo thời gian, có thể nhận thấy giá trị TSI của hồ có xu hướng giảm trong mùa mưa (tháng 7 và 9) và cao trong mùa khô (tháng 10 và tháng 11). Nguyên nhân có thể là trong mùa mưa, hồ tiếp nhận được một nguồn nước mặt dồi dào chảy từ khu vực núi đá vôi xung quanh, ít chịu tác động của các hoạt động nhân sinh nên chứa ít dinh dưỡng. Nguồn nước này giúp pha loãng các chất dinh dưỡng trong hồ, làm giảm mức độ phú dưỡng nước hồ. Mức độ phú dưỡng nước hồ trong tháng 10 năm 2022 cao hơn so với tháng 11 năm 2021, thể hiện sự gia tăng nồng độ chất dinh dưỡng có trong nước hồ. Nguyên nhân có thể là trong năm 2021, khu vực hồ Quan Sơn nói riêng và toàn bộ thành phố Hà Nội nói chung chịu ảnh hưởng bởi các đợt giãn cách xã hội do dịch bệnh COVID-19, nên hoạt động du lịch-dịch vụ cũng như chăn nuôi ven hồ bị ảnh hưởng, dẫn đến nguồn dinh dưỡng vào hồ chủ yếu là nguồn tự nhiên. Sang năm 2022, khi các hoạt động du lịch-dịch vụ đã được mở hoàn toàn, khu du lịch hồ Quan Sơn tiếp nhận nhiều đợt khách du lịch đến tham quan và ăn uống tại khu vực nhà hàng, bến thuyền ven bờ, nguồn dinh dưỡng chảy vào hồ nhiều hơn, đặc biệt ở khu vực nhà hàng góc đông nam hồ, dẫn đến giá trị TSI ở khu vực này tại thời điểm tháng 10/2022 cao hơn cùng thời điểm năm 2021 (11/2021).

### 3.3. Mức độ phú dưỡng của hồ Quan Sơn so với các hồ và hồ chứa khác

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ phú dưỡng của hồ Quan Sơn ở mức phú dưỡng cao (TSI > 60), tương tự với mức độ phú dưỡng của các hồ chứa nằm trong khu vực đồng bằng Bắc Bộ như hồ Suối Hai (TSI = 60–72) [22], hồ Đại Lải (TSI > 65) [32]. Các hồ này đều có tuổi thọ tương đối lớn (trên 60 năm), nằm giữa vùng đồng bằng nơi hoạt động sản xuất nông



nghiệp là hoạt động chính trong lưu vực. So với các hồ và hồ chứa nằm tại vùng địa hình cao hơn như Thác Bà (Yên Bái, TSI > 50 [33]), Ba Bể (Bắc Cạn, TSI = 34–48 [34]), Cao Vân (Quảng Ninh, TSI = 57,25 [35]) – nơi các hoạt động nhân sinh còn chưa gây tác động mạnh, các hồ chứa này đều có mức độ phú dưỡng cao hơn. Tuy nhiên, nếu so các hồ khu vực nội thành Hà Nội – nơi chịu tác động mạnh mẽ của các nguồn thải nhân sinh và hầu hết ở mức siêu phú dưỡng [36–38], thì mức độ phú dưỡng của các hồ chứa này thấp hơn. Như vậy, có thể thấy một sự phân hóa tương đối rõ ràng về mức độ phú dưỡng của các hồ và hồ chứa khu vực miền Bắc nước ta theo mức độ tác động của các hoạt động nhân sinh, càng gần các khu đô thị, càng chịu nhiều tác động của các hoạt động nhân sinh, càng có mức độ phú dưỡng lớn. Xu hướng này cần được quan tâm, đầu tư nghiên cứu trong tương lai nhằm sớm có giải pháp quản lý môi trường vùng hiệu quả.

#### 4. Kết luận

Kết quả đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước của hồ Quan Sơn dựa vào dữ liệu đo đạc thực tế các thông số Chla, SD và TP của nước cho thấy hồ chứa này đang ở trạng thái phú dưỡng cao. Giá trị TSI của nước hồ trong hơn hai năm qua (từ tháng 11/2021 đến tháng 11 năm 2022) đều lớn hơn 60 thể hiện hồ đang ở mức phú dưỡng và mức độ phú dưỡng của hồ có sự gia tăng nhẹ theo thời gian. Theo không gian, mức độ phú dưỡng nước hồ ở góc bờ phía đông nam và khu vực Thung Voi – nơi tập trung điểm du lịch - dịch vụ như đầm sen, nhà hàng ăn uống và hồ câu thường cao hơn mức độ phú dưỡng của các khu vực khác. Với mức phú dưỡng của hồ hiện nay, việc đánh giá chất lượng nước hồ cần được thực hiện thường xuyên để kịp thời có các giải pháp kiểm soát và xử lý ô nhiễm, đảm bảo nguồn nước phục vụ cho tưới tiêu, nuôi trồng thủy sản cũng như phát triển du lịch sinh thái của hồ. Kết quả nghiên cứu giúp hiểu rõ hơn hiện trạng và xu thế phú dưỡng nước hồ ở 4 thời điểm trong vòng một năm. Tuy nhiên, do hạn chế về kinh phí và nhân lực trong của việc lấy mẫu và phân tích mẫu, việc quan trắc mức độ phú dưỡng nước hồ ở tần suất hàng tháng, hàng tuần là rất khó khăn. Do đó, các phương pháp kỹ thuật mới trong việc đánh giá và giám sát nước hiện trạng phú dưỡng nước hồ như sử dụng các thông tin, dữ liệu phụ trợ từ ảnh vệ tinh cần được tiến hành.

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

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua nhiệm vụ khoa học và công nghệ theo Nghị định thư “Ứng dụng công nghệ viễn thám và trí tuệ nhân tạo nghiên cứu, giám sát chất lượng nước hồ nội địa, thí điểm trên địa bàn Hà Nội” có mã số NĐT/TW/21/16.

**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. Leng, R. The impacts of cultural eutrophication on lakes: A review of damages and nutrient control measures. *Writing* **2009**, 20, 33–39.
2. Chislock, M.F.; Doster, E.; Zitomer, R.A.; Wilson, A.E. Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nat. Educ. Knowl.* **2013**, 4(4), 10.
3. Istvánovics, V. Eutrophication of lakes and reservoirs. *Lake Ecosystem Ecology*: Elsevier: San Diego, CA, USA, 2010, pp. 47–55.
4. Addy, K.; Green, L.T. Phosphorus and lake aging. University of Rhode Island, College of Resource Development, Department of Natural Resources Science, 1996.

5. Henny, C.; Meutia, A.A. Urban Lake management strategy: effect of distinct types of lake surroundings and shoreline landscape development on water quality of urban lakes in Megacity Jakarta. *Lakes: The Mirrors of the Earth* 2014, pp. 275.
6. Tổng cục thủy lợi. Báo cáo nhanh công tác bảo đảm an toàn công trình và vận hành công trình thủy lợi phòng chống ngập lụt, úng, 2018.
7. Duy, Đ. Hanoimoi, Hanoi, Vietnam. Trục tuyến: <http://www.hanoimoi.com.vn/ban-in/Kinh-te/782347/ho-chua-thuy-loi-thap-thom-lo-xuong-cap>.
8. Trần, T.T.; Đoàn, N.H.; Bùi, N.L.H.; Nguyễn, T.T.T. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nguồn nước chảy vào hồ Đan Kia và áp dụng mô hình AQUATOX quản lý chất lượng nước hồ. *Tap chí sinh học* 2015, 38(1), 61–69.
9. Nghiệm, P.T. Đánh giá tổng hợp chất lượng nước và giải pháp bảo vệ nguồn nước hồ Phú Vinh. Đề tài Chi cục Tiêu chuẩn – Đo lường – Chất lượng Quảng Bình, 2007.
10. Thắng, L.V. Đánh giá chất lượng nước lưu vực hồ Đá Đen, xác định nguyên nhân gây ô nhiễm và đề xuất các giải pháp. *Tap chí khoa học và công nghệ – Trường đại học công nghiệp TP. Hồ Chí Minh* 2021, 53(05), 182–193.
11. Jiang, Y.; Ma, Z. An evaluation of water quality from locations of Huang Yang reservoir. *Procedia Environ. Sci.* 2012, 12, 280–284.
12. Clement, D.R.; Steinman, A.D. Phosphorus loading and ecological impacts from agricultural tile drains in a west Michigan watershed. *J. Great Lakes Res.* 2017, 43(1), 50–58.
13. Cabecinha, E.; Cortes, R.; Pardal, M.Â.; Cabral, J.A. A Stochastic Dynamic Methodology (StDM) for reservoir's water quality management: Validation of a multi-scale approach in a south European basin (Douro, Portugal). *Ecol. Indic.* 2009, 9(2), 329–345.
14. Hu, Z.; Guo, L.; Liu, T.; Chuai, X.; Chen, Q.; Shi, F.; ... Yang, L. Uniformisation of phytoplankton chlorophyll a and macrophyte biomass to characterise the potential trophic state of shallow lakes. *Ecol. Indic.* 2014, 37, 1–9.
15. Karadžić, V.; Subakov–Simić, G.; Krizmanić, J.; Natić, D. Phytoplankton and eutrophication development in the water supply reservoirs Garaši and Bukulja (Serbia). *Desalination* 2010, 255(1–3), 91–96.
16. Uttormark, P.D.; Wall, J.P. Lake classification, a trophic characterization of Wisconsin lakes. National Environmental Research Center, 1975.
17. Wang, L.; Liu, L.; Zheng, B. Eutrophication development and its key regulating factors in a water-supply reservoir in North China. *J. Environ. Sci.* 2013, 25(5), 962–970.
18. Vollenweider, R.A.; Giovanardi, F.; Montanari, G.; Rinaldi, A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity, and generalized water quality index. *Environmetrics* 1998, 9, 329–357.
19. Vollenweider, R.A.; Kerekes, J.J. (Eds). Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. O.E.C.D. Paris, 1982, pp. 154.
20. Cheng, K.S.; Lei, T.C. Reservoir trophic state evaluation using Landsat TM images. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 2001, 37(5), 1321–1334.
21. Carlson, R. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 1977, 22, 361–369.
22. Linh, N.T.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Pham, Q.V. Assessing trophic status of suoi hai reservoir using carlson's trophic state index. *VN J. Earth Sci.* 2021, 43(4), 509–523.
23. Ủy ban nhân dân huyện Mỹ Đức. Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế – xã hội huyện Mỹ Đức đến 2020, tầm nhìn đến 2030. Hà Nội, 2010.
24. Karabork, H. Selection of appropriate sampling stations in a lake through mapping. *Environ. Monit. Assess.* 2010, 163, 27–40.

25. Lind, O.T. Handbook of common methods in limnology. The CV Mosley Company, 1979.
26. TCVN 6662:2000 (ISO 10260:1992) về Chất lượng nước – Đo thông số sinh hóa – Phương pháp đo phổ xác định nồng độ Chlorophyll-a.
27. TCVN 6202:2008 (ISO 6878: 2004) về Chất lượng nước – Xác định phospho – Phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat.
28. Carlson, R.E.; Simpson, J. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society, 1996, pp. 96.
29. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Nhận định xu thế thời tiết từ ngày 21 tháng 7 đến ngày 20 tháng 8 năm 2022 các khu vực trên phạm vi cả nước, 2022a. Trục tuyến: <https://nchmf.gov.vn/Kttv/vi-VN/1/nhan-dinh-xu-the-thoi-tiet-tu-ngay-21-thang-7-den-ngay-20-thang-8-nam-2022-cac-khu-vuc-tren-pham-vi-ca-nuoc-post28206.html>.
30. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Bắc Bộ và Trung Bộ mưa lớn, chủ động ứng phó ngập lụt và sạt lở đất, 2022b. Trục tuyến: <http://vnmha.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/bac-bo-va-trung-bo-mua-lon-chu-dong-ung-pho-ngap-lut-va-sat-lo-dat-12940.html>.
31. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Chỉ số tia cực tím tại nhiều địa phương đạt ngưỡng nguy cơ gây hại cao, 2022c. Trục tuyến: <http://vnmha.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/chi-so-tia-cuc-tim-tai-nhieu-dia-phuong-dat-nguong-nguy-co-gay-hai-cao-13231.html>.
32. Nguyễn, T.T.H.; Nguyễn, T.H. Nghiên cứu diễn biến chất lượng nước hồ Đại Lải tỉnh Vĩnh Phúc qua một năm đo đạc và thu thập dữ liệu. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2010**, 31, 57–64.
33. Vinh, P.Q.; Ha, N.T.T.; Binh, N.T.; Thang, N.N.; Oanh, L.T.; Thao, N.T.P. Developing algorithm for estimating chlorophyll-a concentration in the Thac Ba Reservoir surface water using Landsat 8 Imagery. *Earth Sci.* **2019**, 41, 10–20.
34. Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Koike, K.; Nhuan, M.T. Selecting the best band ratio to estimate chlorophyll-a concentration in a tropical freshwater lake using sentinel 2A images from a case study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2017**, 6(9), 290.
35. Hạ, T.Đ. Nghiên cứu, đánh giá trạng thái dinh dưỡng hồ chứa nước Cao Vân phục vụ cấp nước sinh hoạt. *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE* **2018**, 12(4), 78–85.
36. Ha, N.T.T.; Koike, K.; Nhuan, M.T.; Canh, B.D.; Thao, N.T.P.; Parsons, M. Landsat 8/OLI two bands ratio algorithm for chlorophyll-a concentration mapping in hypertrophic waters: An application to West Lake in Hanoi (Vietnam). *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2017**, 10(11), 4919–4929.
37. Nguyen, T.L.; Pham, T.H.T.; Luong, T.P.; Vu, T.H.; Nguyen, T.T.H.; Pham, Q.V. Using Sentinel-2B Imagery to Estimate the Eutrophication Level of Linh Dam Lake, Hoang Mai District, Hanoi. *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci.* **2019**, 35(4), 88–96.
38. Vinh, P.Q.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Linh, N.T.; Oanh, L.T.; Phuong, L.T.; Huyen, N.T.T. Monitoring the trophic state of shallow urban lakes using Landsat 8/OLI data: a case study of lakes in Hanoi (Vietnam). *Front. Earth Sci.* **2022**, 1–16.

## Assessing and modelling the trophic state of Quan Son Reservoir in space and time

Nguyen Thien Phuong Thao<sup>1</sup>, Pham Duc Thang<sup>1</sup>, Tran Thi Hien<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thu Ha<sup>1\*</sup>, Pham Quang Vinh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geology, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; nguyenthienphuongthao\_t57@hus.edu.vn; phamducthang\_t64@hus.edu.vn; tranthihien\_t62@hus.edu.vn; hantt\_kdc@vnu.edu.vn

<sup>2</sup> Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology; pqvinh@ig.vast.vn

**Abstract:** The Quan Son Reservoir is the primary source of water supply for agricultural cultivation, farming, and aquaculture in My Duc district, Hanoi. Therefore, it is indispensable to assess and frequently monitor the reservoir's water quality. This study aims to determine the eutrophication status of Quan Son Reservoir and the spatial and temporal changes of the Trophic State Index (TSI) based on *in situ* datasets of Chlorophyll-a (Chla) concentration, total phosphorus (TP) concentration, and water transparency (SD) obtained from 78 points in four surveys from November 2021 to October 2022. The results show that Quan Son Reservoir is highly eutrophic with TSI value of > 60 at all measurement points. TSI values vary in space and time, depending on the water accumulation process of the reservoir as well as surrounding human activities. The results help better understand the state and trends of eutrophication in Quan Son Reservoir, thereby proposing solutions to respond to the reservoir's environmental issues proactively.

**Keywords:** Eutrophication; Irrigation Reservoir; Quan Son Reservoir; TSI; Modelling.



Bài báo khoa học

## Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai

Nguyễn Văn Sơn<sup>1\*</sup>, Phùng Chí Sỹ<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Tiến<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Nhiệt đới môi trường; sonvittep@gmail.com; entecvn@yahoo.com; thetien1960@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: sonvittep@gmail.com; Tel.: +84–909988410

Ban Biên tập nhận bài: 19/3/2023; Ngày phản biện xong: 10/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Các nghiên cứu về khả năng tự làm sạch của dòng sông tại Việt Nam đã được công bố với công cụ sử dụng là mô hình toán, các hệ số thực nghiệm được sử dụng theo gợi ý của mô hình vì vậy làm cho kết quả có độ chính xác không cao. Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ là thông số quan trọng liên quan đến khả năng tự làm sạch chất hữu cơ trong nước sông, trong đó nhiệt độ có ảnh hưởng đáng kể đến hệ số này. Trong nghiên cứu này mẫu nước là mẫu tổ hợp của 90 mẫu đơn lấy theo 2 thời điểm triều cường và triều kiệt tại 5 vị trí theo chiều dài dòng sông Cái. Các mẫu nước được phân tích BOD trong 20 ngày ở các nhiệt độ 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C. Tốc độ phân hủy chất hữu cơ được xác định theo phương pháp Slope. Kết quả cho thấy tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông tăng khi nhiệt độ tăng từ 20°C lên 30°C, đồng nghĩa với khả năng tự làm sạch chất hữu cơ trong nước sông Cái tăng. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng từ 30°C lên 40°C, hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ giảm. Bên cạnh đó, phương trình tương quan giữa hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ và nhiệt độ đã được xác định với  $R^2 = 0,93$ .

**Từ khóa:** Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ; Nhiệt độ; Sông Cái.

### 1. Giới thiệu

Khả năng tự làm sạch của dòng sông là khả năng loại bỏ, giảm thiểu các chất ô nhiễm thông qua các quá trình biến đổi vật lý, hóa học, sinh học xảy ra trong dòng chảy. Khả năng tự làm sạch dòng sông đóng vai trò hết sức quan trọng trong giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước, bảo vệ chất lượng nước sông [1]. Trên thế giới, các hướng nghiên cứu liên quan đến khả năng tự làm sạch của dòng sông tập trung vào 3 nội dung chính: (1) Nghiên cứu khả năng tự làm sạch dòng sông dựa vào đặc trưng của dòng chảy [2–3], (2) Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự loại bỏ chất ô nhiễm trong dòng chảy sông [4–7], (3) Nghiên cứu xác định các hệ số liên quan đến khả năng tự làm sạch của dòng sông [6, 8–11]. Các công trình nghiên cứu về khả năng tự làm sạch của dòng sông được thực hiện với công cụ sử dụng chính để đánh giá khả năng tự làm sạch của dòng sông là các mô hình toán như: MIKE, BASINS, SWAT, QUAL2 (QUAL2EU, QUAL2K), WASP7... [12–20]. Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kết quả đánh giá khả năng tự làm sạch của dòng sông là các hệ số thực nghiệm [13]. Đối với quá trình phân hủy các chất hữu cơ trong nước sông, hệ số thực nghiệm này chính là hệ số phân hủy chất hữu cơ bởi vi khuẩn hiếu khí [13]. Tại Việt Nam hệ số thực nghiệm này được sử dụng theo gợi ý của mô hình vì vậy làm cho kết quả đánh giá và dự báo có độ chính xác không cao [12]. Các công trình nghiên cứu thực nghiệm về hệ số phân hủy chất hữu cơ trong nước sông bởi vi khuẩn hiếu khí, đặc biệt là nghiên cứu ảnh hưởng của các

yếu tố đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông rất hạn chế [12]. Tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông bởi quá trình sinh hóa phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau như: Nhiệt độ, pH, độ mặn, oxy hòa tan (DO), thành phần chất hữu cơ, lưu lượng dòng chảy, sự ổn định của cột nước và sự phân tầng [21]. Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông là nhiệt độ [21]. Hiện nay có các phương pháp xác định tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông phổ biến như: Phương pháp Slope (phương pháp do Thomas phát triển dựa trên định luật Phelps và bình phương cực tiểu của phương trình phản ứng bậc 1), phương pháp Moment (phương pháp do Moore phát triển, Moore đã xây dựng các đồ thị cho BOD 3 ngày, 5 ngày và 7 ngày) và phương pháp Hydroscience (phương pháp do Hydroscience phát triển, Hydroscience dựa vào chiều sâu sông và hệ số thực nghiệm C) [1, 15]. Phương pháp Slope được sử dụng cho nghiên cứu này do có độ chính xác cao, độ tin cậy cao.

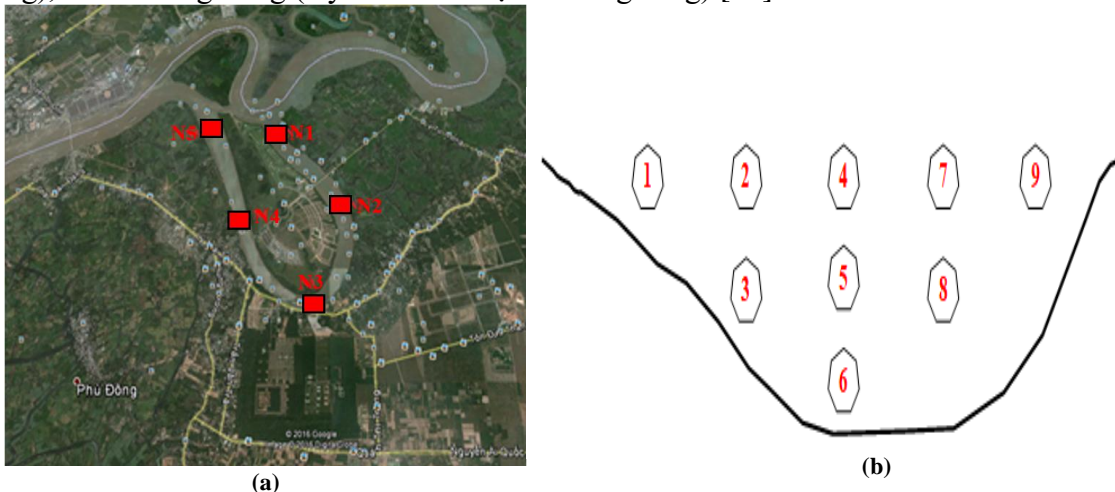
Sông Cái là một nhánh của sông Đồng Nai. Sông Cái chảy qua địa bàn xã Đại Phước, xã Long Tân và xã Phú Thạnh của huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai. Sông Cái có chiều dài khoảng 10km, chiều rộng dao động trong khoảng 220–380 m, độ sâu giữa dòng dao động trong khoảng 15–20 m tùy theo từng vị trí. Sông Cái có các chức năng: Vận tải (giao thông thủy, vận chuyển phù sa), sản xuất (cung cấp nước cho sinh hoạt, tưới tiêu), bảo vệ (thoát lũ, tiếp nhận, đồng hóa các chất ô nhiễm, điều hòa vi khí hậu). Với các chức năng ở trên cho thấy sông Cái – tỉnh Đồng Nai có vai trò hết sức quan trọng đối với khu vực.

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông là nhiệt độ. Khi nhiệt độ nước sông thay đổi làm cho tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông thay đổi, đồng nghĩa với khả năng tự làm sạch chất hữu cơ trong nước sông thay đổi theo. Vì vậy, xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai nhằm nâng cao hiệu quả, tính chính xác, độ tin cậy trong đánh giá khả năng tự làm sạch của dòng sông, từ đó làm cơ sở khoa học để đưa ra các giải pháp góp phần bảo vệ chất lượng nước sông.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu

Theo hướng dẫn tại tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663–6:2018: Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 6: Hướng dẫn lấy mẫu nước sông và suối, mẫu nước sông được lấy để phân tích có thể được thực hiện theo dạng mẫu tổ hợp (trộn các mẫu đơn) hoặc mẫu đơn tùy theo từng mục đích nghiên cứu. Sự hòa trộn của dòng nước sông xảy ra theo 3 chiều: Chiều dài dòng sông (lấy mẫu dọc theo chiều dài sông), chiều ngang (lấy mẫu từ bờ này sang bờ kia của sông), chiều thẳng đứng (lấy mẫu theo độ sâu dòng sông) [22].



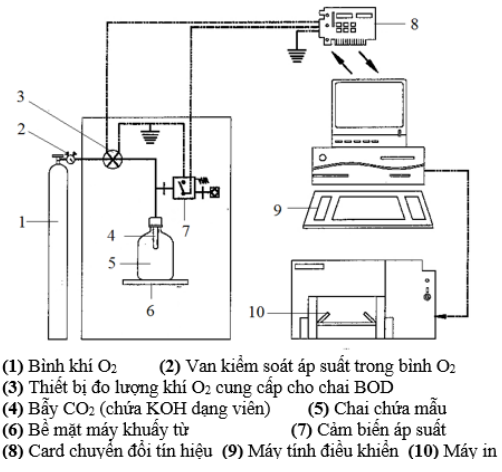
**Hình 1.** (a) Vị trí các điểm lấy mẫu theo chiều dài dòng sông; (b) Vị trí các điểm lấy mẫu theo chiều thẳng đứng và chiều ngang của sông (theo mặt cắt).

Mẫu nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai được lấy thực hiện cho nghiên cứu này là mẫu tổ hợp lấy theo chiều dài dòng sông, chiều thẳng đứng, chiều ngang và theo thủy triều (Hình 1a–1b). Sông Cái có chiều dài khoảng 10 km, lấy mẫu tại 5 vị trí, mỗi vị trí cách nhau 2,0–2,5 km theo chiều dài dòng sông. Tại từng vị trí, theo chiều ngang và chiều thẳng đứng, lấy 9 mẫu: Bờ phải lấy 1 mẫu và bờ trái lấy 1 mẫu, giữa bờ phải lấy 2 mẫu theo độ sâu, giữa bờ trái lấy 2 mẫu theo độ sâu, giữa dòng lấy 3 mẫu theo độ sâu. Tại từng vị trí, mẫu nước sông được lấy theo triều kiệt và triều cường. Mẫu nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai cho nghiên cứu này là mẫu tổ hợp của 90 mẫu đơn. Thiết bị lấy mẫu sử dụng là thiết bị lấy mẫu nước sông theo độ sâu của hãng Wildco (Mỹ). Mẫu được chứa trong can nhựa (lấy đầy can nhựa), bảo quản lạnh ở nhiệt độ 1–5°C, sau đó vận chuyển về phòng thí nghiệm trong ngày.

Thiết bị EZ–Oxyro 4R Respirometer của Hàn Quốc được sử dụng để xác định BOD (Hình 2a–2b). Sử dụng oxy tinh khiết (độ tinh khiết 99,999% của hãng Qingdao/Trung Quốc) cấp vào để cân bằng áp suất trong bình phản ứng. Sử dụng hóa chất KOH dạng hạt 85% của hãng Scharlau/Tây Ban Nha để hấp thụ CO<sub>2</sub> sinh ra do quá trình hô hấp. Thiết bị dựa trên sự sụt giảm áp suất được tạo ra do quá trình hô hấp của vi khuẩn hiếu khí. Trong môi trường kín, quá trình hô hấp diễn ra dẫn đến oxy bị giảm. Đồng thời, CO<sub>2</sub> sinh ra trong quá trình này với tỷ lệ tương đương CO<sub>2</sub> được hấp thụ bằng các hạt KOH, tạo thành K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Sự giảm sút áp suất trong bình phản ứng được đo bằng cảm biến áp suất. Cảm biến này dùng một điểm áp suất không đổi khác để làm điểm tham chiếu áp suất. Khi cảm biến được kích hoạt, hệ thống tự động bơm một lượng oxy vào bình phản ứng. Nhiệt độ bình phản ứng được kiểm soát thông qua bộ ổn nhiệt DB400C+ đi kèm thiết bị EZ–Oxyro 4R Respirometer (khoảng nhiệt độ hiệu chỉnh từ 5–60°C với bộ làm nóng heater 300W và bộ làm lạnh cooler 150W) [23].



(a)



(b)

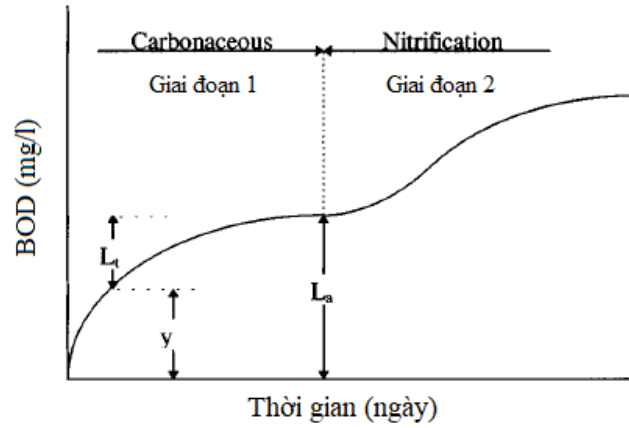
**Hình 2.** (a) Thiết bị đo EZ–Oxyro 4R Respirometer; (b) Nguyên lý đo BOD của thiết bị EZ–Oxyro 4R Respirometer.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các hợp chất hữu cơ và một vài hợp chất vô cơ ở điều kiện hiếu khí có thể được các vi khuẩn sử dụng để tạo thành tế bào mới, năng lượng, CO<sub>2</sub> và phần còn lại. Lượng oxy sử dụng để oxy hóa các hợp chất hữu cơ và các hợp chất nitơ trong khoảng 60–90 ngày được gọi là BOD toàn phần (uBOD). Lượng oxy sử dụng để oxy hóa các hợp chất hữu cơ (L<sub>a</sub>) ở ngày thứ 20 phản ánh 99% của L<sub>a</sub> [1].

Định luật Phelps cho rằng tốc độ oxy hóa sinh hóa chất hữu cơ tỷ lệ thuận với nồng độ chất hữu cơ còn lại chưa bị oxy hóa. Định luật Phelps được biểu diễn bằng phương trình như sau [1]:

$$\frac{dL_t}{dt} = -K_1 L_t \quad (1)$$



**Hình 3.** Đường cong biểu diễn BOD theo thời gian.

Tích phân 2 vế của (1):

$$\int_{L_a}^{L_t} \frac{dL_t}{L_t} = -K \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{L_t}{L_a} = -K_1 t \quad \text{hoặc} \quad \log \frac{L_t}{L_a} = -0,434 K_1 t = -k_1 t \quad (2)$$

$$\frac{L_t}{L_a} = e^{-K_1 t} \quad \text{hoặc} \quad \frac{L_t}{L_a} = 10^{-k_1 t}$$

$$L_t = L_a e^{-K_1 t} \quad \text{hoặc} \quad L_t = L_a 10^{-k_1 t}$$

Trong đó  $L_a$ : BOD toàn phần của giai đoạn 1 (mg/l);  $L_t$ : BOD còn lại sau thời gian  $t$  ngày (mg/l);  $k_1$ : hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số 10 ( $\text{ngày}^{-1}$ ),  $k_1 = 0,4343 K_1$ ;  $K_1$ : hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số  $e$  ( $\text{ngày}^{-1}$ ),  $K_1 = 2,303 k_1$ ;  $e =$  cơ số  $e$ ,  $e=2,7183$ .

Nhu cầu oxy theo thời gian  $t$ , hay còn gọi là BOD, kí hiệu là  $y$ , theo phương trình phản ứng bậc 1:

$$y = L_a - L_t$$

$$y = L_a(1 - e^{-K_1 t}) \quad (3)$$

Hoặc theo cơ số 10:

$$y = L_a(1 - 10^{-k_1 t}) \quad (4)$$

Phương pháp Slope do Thomas phát triển dựa trên bình phương cực tiểu của phương trình phản ứng bậc 1 [1, 24]:

$$\frac{dy}{dt} = K_1(L_a - y) = K_1 L_a - K_1 y \quad (5)$$

Trong đó  $t$ : thời gian;  $dy$ : BOD gia tăng trên một đơn vị thời gian;  $y$ : BOD (mg/l);  $K_1$ : hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số  $e$  ( $\text{ngày}^{-1}$ );  $L_a$ : BOD toàn phần của giai đoạn 1 (mg/l).

Phương trình này là tuyến tính giữa  $dy/dt$  và  $y$ . Đặc  $y' = dy/dt$  biểu thị mức độ thay đổi BOD và  $n$  là số lần đo BOD trừ đi 1. Hai phương trình xác định  $K_1$  và  $L_a$  là:

$$na + b \sum y - \sum y' = 0 \quad (6)$$

và

$$a \sum y + b \sum y^2 - \sum yy' = 0 \quad (7)$$

Các tính toán cho  $y'$ ,  $yy'$ ,  $y^2$  cho mỗi giá trị của  $y$ . Sau đó tính  $\sum y'$ ,  $\sum yy'$ ,  $\sum y^2$  để sử dụng cho phương trình (6) và (7).

Giá trị của độ dốc được tính toán từ các giá trị của  $y$  và  $t$  như sau:

$$\frac{dy_i}{dt} = y'_i = \frac{(y_i - y_{i-1}) \left( \frac{t_{i+1} - t_i}{t_i - t_{i-1}} \right) + (y_{i+1} - y_i) \left( \frac{t_i - t_{i-1}}{t_{i+1} - t_i} \right)}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (8)$$

Trong trường hợp đặc biệt, các khoảng thời gian gia tăng bằng nhau,  $t_{i+1} - t_i = t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = t$ ,  $\Delta y'$  được xác định như sau:

$$\frac{dy_i}{dt} = y'_i = \frac{(y_{i+1} - y_{i-1})}{2\Delta t} \quad (9)$$



hoặc

$$\frac{dy_i}{dt} = y'_i = \frac{(y_{i+1} - y_{i-1}))}{t_{i+1} - t_{i-1}} \tag{10}$$

Số lần đo BOD tối thiểu  $n > 6$ .

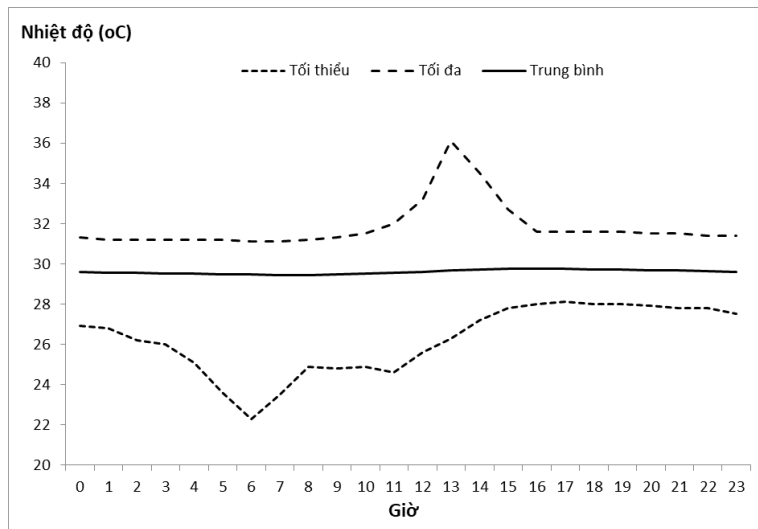
Giải phương trình (6) và (7) tìm được giá trị của a và b. Từ đó xác định được  $K_1$  và  $L_a$ :

$$K_1 = -b \text{ và } L_a = -a/b \tag{11}$$

Phương pháp xác định BOD dựa trên sự chênh lệch áp suất và lượng oxy cấp vào: Sử dụng thiết bị EZ-Oxyro 4R Respirometer của Hàn Quốc [23].

- Đo áp suất tại thời điểm ban đầu ( $P_0$ ).
- Quá trình hô hấp của vi khuẩn sinh khí  $CO_2$ ,  $CO_2$  bị KOH hấp thụ tạo thành  $K_2CO_3$ , làm giảm áp suất trong bình phản ứng.
- Tự động cấp một lượng oxy vào từ bình oxy để cân bằng so với áp suất ban đầu ( $P_0$ ).
- BOD được xác định dựa trên lượng oxy sử dụng (cấp vào).

Kết quả quan trắc chất lượng nước sông Cái từ tháng 1/2019 đến tháng 12/2019 cho thấy nhiệt độ nước sông dao động trong khoảng 22,3–36,1°C; trung bình  $29,6 \pm 0,11^\circ C$ . Trên cơ sở đó, lựa chọn xác định BOD ( $y$ ) ở 5 mức nhiệt độ khác nhau:  $T = 20^\circ C$ ,  $T = 25^\circ C$ ,  $T = 30^\circ C$ ,  $T = 35^\circ C$  và  $T = 40^\circ C$  (Hình 4).



Hình 4. Kết quả quan trắc nhiệt độ nước sông Cái từ 1/2019–12/2019.

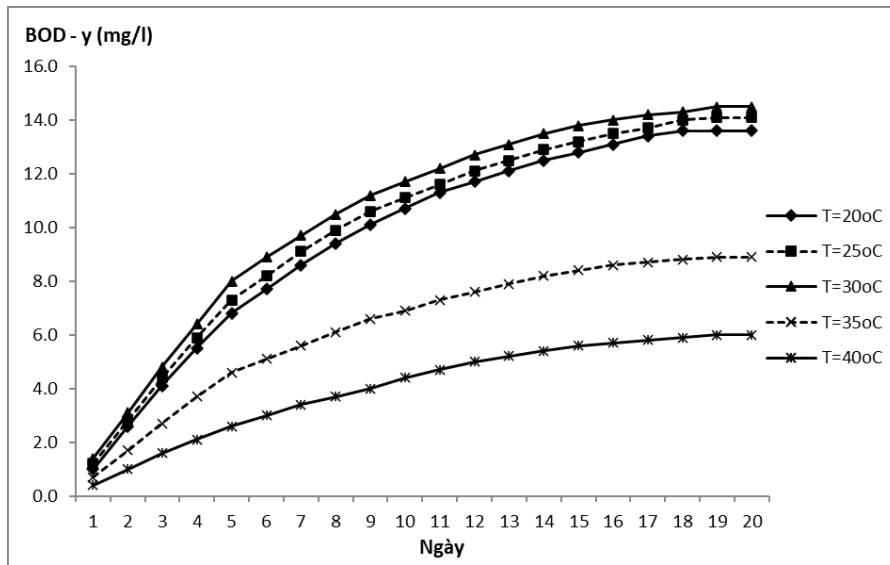
### 3. Kết quả và thảo luận

Kết quả đo đạc giá trị BOD của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tại các nhiệt độ khác nhau được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Giá trị BOD đo đạc của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tại các nhiệt độ khác nhau.

Ngày thứ	BOD – y (mg/l)				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
1	1,0	1,2	1,4	0,7	0,4
2	2,6	2,8	3,1	1,7	1,0
3	4,1	4,4	4,8	2,7	1,6
4	5,5	5,9	6,4	3,7	2,1
5	6,8	7,3	8,0	4,6	2,6
6	7,7	8,2	8,9	5,1	3,0
7	8,6	9,1	9,7	5,6	3,4
8	9,4	9,9	10,5	6,1	3,7
9	10,1	10,6	11,2	6,6	4,0
10	10,7	11,1	11,7	6,9	4,4
11	11,3	11,6	12,2	7,3	4,7
12	11,7	12,1	12,7	7,6	5,0
13	12,1	12,5	13,1	7,9	5,2

Ngày thứ	BOD - y (mg/l)				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
14	12,5	12,9	13,5	8,2	5,4
15	12,8	13,2	13,8	8,4	5,6
16	13,1	13,5	14,0	8,6	5,7
17	13,4	13,7	14,2	8,7	5,8
18	13,6	14,0	14,3	8,8	5,9
19	13,6	14,1	14,5	8,9	6,0
20	13,6	14,1	14,5	8,9	6,0
<b>Σy</b>	<b>180,6</b>	<b>188,1</b>	<b>198,0</b>	<b>118,1</b>	<b>75,5</b>



Hình 5. Biểu diễn giá trị BOD đo đạc của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tại các nhiệt độ khác nhau.

Kết quả ở Bảng 1 và Hình 5 cho thấy: Tại T = 20°C: BOD<sub>5</sub> = 6,8 mg/l; BOD<sub>10</sub> = 10,7 mg/l; BOD<sub>15</sub> = 12,8 mg/l, BOD<sub>20</sub> = 13,6 mg/l. Tại T = 25°C: BOD<sub>5</sub> = 7,3 mg/l; BOD<sub>10</sub> = 11,1 mg/l; BOD<sub>15</sub> = 13,2 mg/l, BOD<sub>20</sub> = 14,1 mg/l. Tại T = 30°C: BOD<sub>5</sub> = 8,0 mg/l; BOD<sub>10</sub> = 11,7 mg/l; BOD<sub>15</sub> = 13,8 mg/l, BOD<sub>20</sub> = 14,5 mg/l. Tại T = 35°C: BOD<sub>5</sub> = 4,6 mg/l; BOD<sub>10</sub> = 6,9 mg/l; BOD<sub>15</sub> = 8,4 mg/l, BOD<sub>20</sub> = 8,9 mg/l. Tại T = 40°C: BOD<sub>5</sub> = 2,6 mg/l; BOD<sub>10</sub> = 4,4 mg/l; BOD<sub>15</sub> = 5,6 mg/l, BOD<sub>20</sub> = 6,0 mg/l.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy giá trị Σy ở các nhiệt độ khác nhau như sau: Σy (20°C) = 180,6 mg/l; Σy (25°C) = 188,1 mg/l; Σy (30°C) = 198,0 mg/l; Σy (35°C) = 118,1 mg/l và Σy (40°C) = 75,5 mg/l.

Từ kết quả ở Bảng 1, tính toán giá trị y', Σy', yy', Σyy', y<sup>2</sup> và Σy<sup>2</sup> như sau:

Bảng 2. Tính toán giá trị y', Σy' tại các nhiệt độ khác nhau.

Ngày thứ	y'				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
1	1,30	1,40	1,55	0,85	0,50
2	1,55	1,60	1,70	1,00	0,60
3	1,45	1,55	1,65	1,00	0,55
4	1,35	1,45	1,60	0,95	0,50
5	1,10	1,15	1,25	0,70	0,45
6	0,90	0,90	0,85	0,50	0,40
7	0,85	0,85	0,80	0,50	0,35
8	0,75	0,75	0,75	0,50	0,30
9	0,65	0,60	0,60	0,40	0,35
10	0,60	0,50	0,50	0,35	0,35
11	0,50	0,50	0,50	0,35	0,30
12	0,40	0,45	0,45	0,30	0,25
13	0,40	0,40	0,40	0,30	0,20

Ngày thứ	y'				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
14	0,35	0,35	0,35	0,25	0,20
15	0,30	0,30	0,25	0,20	0,15
16	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
17	0,25	0,25	0,15	0,10	0,10
18	0,10	0,20	0,15	0,10	0,10
19	0,00	0,05	0,10	0,05	0,05
20					
<b>Σy'</b>	<b>13,1</b>	<b>13,5</b>	<b>13,8</b>	<b>8,6</b>	<b>5,8</b>

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy giá trị Σy' ở các nhiệt độ khác nhau như sau: Σy' (20°C) = 13,1; Σy' (25°C) = 13,5; Σy' (30°C) = 13,8; Σy' (35°C) = 8,6 và Σy' (40°C) = 5,8.

**Bảng 3.** Tính toán giá trị yy', Σyy' tại các nhiệt độ khác nhau.

Ngày thứ	yy'				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
1	1,30	1,68	2,17	0,60	0,20
2	4,03	4,48	5,27	1,70	0,60
3	5,95	6,82	7,92	2,70	0,88
4	7,43	8,56	10,24	3,52	1,05
5	7,48	8,40	10,00	3,22	1,17
6	6,93	7,38	7,57	2,55	1,20
7	7,31	7,74	7,76	2,80	1,19
8	7,05	7,43	7,88	3,05	1,11
9	6,57	6,36	6,72	2,64	1,40
10	6,42	5,55	5,85	2,42	1,54
11	5,65	5,80	6,10	2,56	1,41
12	4,68	5,45	5,71	2,28	1,25
13	4,84	5,00	5,24	2,37	1,04
14	4,38	4,52	4,73	2,05	1,08
15	3,84	3,96	3,45	1,68	0,84
16	3,93	3,38	2,80	1,29	0,57
17	3,35	3,43	2,13	0,87	0,58
18	1,36	2,80	2,14	0,88	0,59
19	0,00	0,70	1,45	0,44	0,30
20					
<b>Σyy'</b>	<b>92,5</b>	<b>99,4</b>	<b>105,1</b>	<b>39,6</b>	<b>18,0</b>

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy giá trị Σyy' ở các nhiệt độ khác nhau như sau: Σyy' (20°C) = 92,5; Σyy' (25°C) = 99,4; Σyy' (30°C) = 105,1; Σyy' (35°C) = 39,6 và Σyy' (40°C) = 18,0.

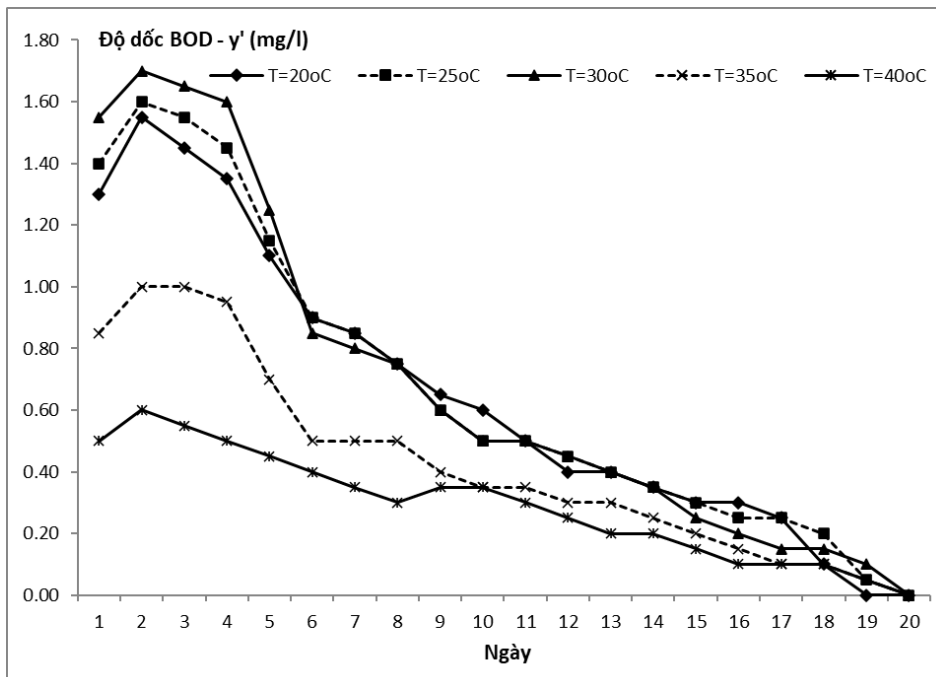
**Bảng 4.** Tính toán giá trị y<sup>2</sup>, Σy<sup>2</sup> tại các nhiệt độ khác nhau.

Ngày thứ	y <sup>2</sup>				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
1	1,0	1,4	2,0	0,5	0,2
2	6,8	7,8	9,6	2,9	1,0
3	16,8	19,4	23,0	7,3	2,6
4	30,3	34,8	41,0	13,7	4,4
5	46,2	53,3	64,0	21,2	6,8
6	59,3	67,2	79,2	26,0	9,0
7	74,0	82,8	94,1	31,4	11,6
8	88,4	98,0	110,3	37,2	13,7
9	102,0	112,4	125,4	43,6	16,0
10	114,5	123,2	136,9	47,6	19,4
11	127,7	134,6	148,8	53,3	22,1
12	136,9	146,4	161,3	57,8	25,0

Ngày thứ	$y^2$				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
13	146,4	156,3	171,6	62,4	27,0
14	156,3	166,4	182,3	67,2	29,2
15	163,8	174,2	190,4	70,6	31,4
16	171,6	182,3	196,0	74,0	32,5
17	179,6	187,7	201,6	75,7	33,6
18	185,0	196,0	204,5	77,4	34,8
19	185,0	198,8	210,3	79,2	36,00
20					
$\Sigma y^2$	<b>1991,3</b>	<b>2143,0</b>	<b>2352,3</b>	<b>848,8</b>	<b>356,1</b>

Kết quả ở Bảng 4 cho thấy giá trị  $\Sigma y^2$  ở các nhiệt độ khác nhau như sau:  $\Sigma y^2$  (20°C) = 1991,3;  $\Sigma y^2$  (25°C) = 2143,0;  $\Sigma y^2$  (30°C) = 2352,3;  $\Sigma y^2$  (35°C) = 848,8 và  $\Sigma y^2$  (40°C) = 356,1.

Từ số liệu ở Hình 5, độ dốc BOD ( $y'$ ) của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tại các nhiệt độ khác nhau như sau:



**Hình 6.** Độ dốc BOD ( $y'$ ) của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tại các nhiệt độ khác nhau.

Kết quả ở Hình 6 cho thấy độ dốc BOD lớn nhất trong 7 ngày đầu tiên, độ dốc ổn định ở ngày thứ 19, 20.

Dựa vào số liệu ở Bảng 1–4 và Hình 5–6, hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai theo các nhiệt độ khác nhau được xác định theo phương pháp Slope như sau:

**Bảng 5.** Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai.

Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ	Giá trị (ngày <sup>-1</sup> )				
	T = 20°C	T = 25°C	T = 30°C	T = 35°C	T = 40°C
K1 (theo cơ số e)	0,117	0,122	0,134	0,118	0,090
k1 (theo cơ số 10)	0,051	0,053	0,058	0,051	0,039

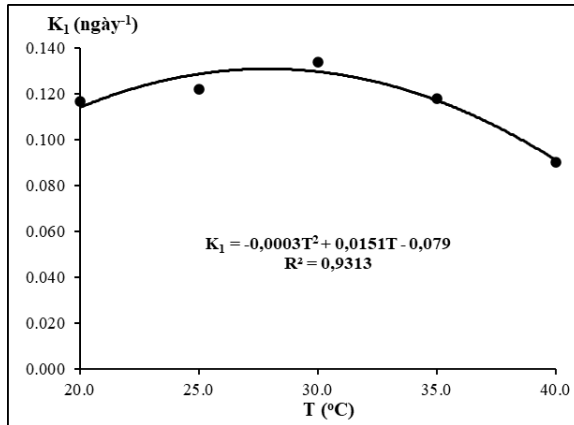
Kết quả ở Bảng 5 cho thấy tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tăng khi nhiệt độ tăng từ 20°C lên 30°C và giảm khi nhiệt độ tăng từ 30°C lên 40°C vì khi nhiệt độ quá thấp vi khuẩn không phát triển, khi nhiệt độ gia tăng, tốc độ phân hủy chất hữu cơ bởi vi khuẩn tăng, còn ở nhiệt độ quá cao vi khuẩn sẽ bị tiêu diệt.



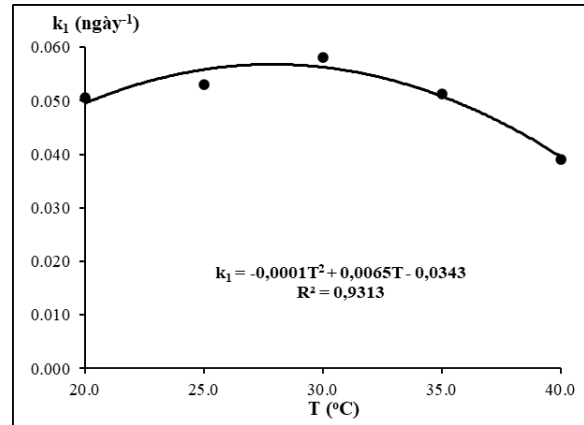
- Hệ số  $K_1$  của nước sông Cái ở  $T = 20^\circ\text{C}$  là  $0,117 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$  là  $0,122 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 30^\circ\text{C}$  là  $0,134 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 35^\circ\text{C}$  là  $0,118 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 40^\circ\text{C}$  là  $0,090 \text{ ngày}^{-1}$ .

- Hệ số  $k_1$  của nước sông Cái ở  $T = 20^\circ\text{C}$  là  $0,051 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$  là  $0,053 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 30^\circ\text{C}$  là  $0,058 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 35^\circ\text{C}$  là  $0,051 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 40^\circ\text{C}$  là  $0,039 \text{ ngày}^{-1}$ .

Kết quả ở Bảng 5 cho thấy mối tương quan giữa hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ và nhiệt độ của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai như sau:



Hình 7. Mối tương quan giữa  $K_1$  và  $T$ .



Hình 8. Mối tương quan giữa  $k_1$  và  $T$ .

Hệ số tương quan Pearson giữa  $K_1$  và  $T$  trong khoảng nhiệt độ  $20\text{--}30^\circ\text{C}$  là  $0,98$  và  $30\text{--}40^\circ\text{C}$  là  $-0,99$ . Phương trình tương quan giữa  $K_1$  và  $T$  theo cơ số e:  $K_1 = -0,0003T^2 + 0,0151T - 0,079$  và cơ số 10:  $k_1 = -0,0001T^2 + 0,0065T - 0,0343$  với hệ số xác định  $R^2 = 0,9313$  (Hình 7–8).

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xác định tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái – tỉnh Đồng Nai tăng khi nhiệt độ tăng từ  $20^\circ\text{C}$  lên  $30^\circ\text{C}$ , giảm khi nhiệt độ tăng từ  $30^\circ\text{C}$  lên  $40^\circ\text{C}$ : Hệ số  $K_1$  của nước sông Cái ở  $T = 20^\circ\text{C}$  là  $0,117 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$  là  $0,122 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 30^\circ\text{C}$  là  $0,134 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 35^\circ\text{C}$  là  $0,118 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 40^\circ\text{C}$  là  $0,090 \text{ ngày}^{-1}$ ; Hệ số  $k_1$  của nước sông Cái ở  $T = 20^\circ\text{C}$  là  $0,051 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$  là  $0,053 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 30^\circ\text{C}$  là  $0,058 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 35^\circ\text{C}$  là  $0,051 \text{ ngày}^{-1}$ ,  $T = 40^\circ\text{C}$  là  $0,039 \text{ ngày}^{-1}$ . Hệ số tương quan Pearson giữa  $K_1$  và  $T$  trong khoảng nhiệt độ  $20\text{--}30^\circ\text{C}$  là  $0,98$  và  $30\text{--}40^\circ\text{C}$  là  $-0,99$ . Phương trình tương quan giữa  $K_1$  và  $T$  theo cơ số e:  $K_1 = -0,0003T^2 + 0,0151T - 0,079$  và cơ số 10:  $k_1 = -0,0001T^2 + 0,0065T - 0,0343$  với hệ số xác định  $R^2 = 0,9313$ . Hạn chế của kết quả nghiên cứu này được thực hiện cho bước nhảy nhiệt độ tới  $5^\circ\text{C}$  và chưa kiểm chứng giữa phương trình và thực nghiệm cho các giá trị nhiệt độ khác.

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

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của luận án tiến sĩ kỹ thuật “Nghiên cứu quá trình phân hủy chất hữu cơ trong nước sông Cái bởi vi sinh vật”.

**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. Lee, C.C.; Shun, D.L. Handbook of Environmental Engineering Calculations. Mc Graw Hill, Second Edition, 2007, pp. 1712.
2. Ines, H.; Uta, L.; Volker, L. Self-purification in upland and lowland streams. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* **2001**, 29(1), 22–33.

3. Roberta, V. Self-purification ability of a resurgence stream. *Chemosphere* **2003**, 52, 1781–1795.
4. Mala, J.; Maly, J. Effect of heavy metals on self-purification processes in rivers. *Appl. Ecol. Environ. Res.* **2009**, 7(4), 330–340.
5. McColl, R.H.S. Self-purification of small freshwater streams: Phosphate, nitrate and ammonia removal. *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.* **2010**, 8(2), 375–388.
6. Zaki, Z.; Maketab, M.; Mohd, R.R. Effects of induced salinity on BOD<sub>5</sub> reaction kinetics of river water samples. *Malays. J. Anal. Sci.* **2010**, 14(1), 24–31.
7. Shimin, T. Study on the self-purification of Juma river. *Procedia Environ. Sci.* **2011**, 11, 1328–1333.
8. Joao, P.C.M.; Ricardo, P.B.; Matheus, D.S.F.; Italoema, P.B.; Luiz Fernando Coutinho de Oliveira, Ronaldo Fia. Deoxygenation rate, reaeration and potential for self-purification of a small tropical urban stream. *Ambiente Água Interdiscip. J. Appl. Sci.* **2015**, 10(4), 748–757.
9. Evy, H.; Nieke, K. Deoxygenation rate of carbon in upstream Brantas river in the City of Malang. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* **2015**, 5(12), 36–41.
10. Yonik, M.Y.; Mia, N.; Neneng, S.; Annisa, N. Influencing parameter of self purification process in the urban area of Cikapundung river, Indonesia. *Int. J. Geomater.* **2017**, 14(43), 50–54.
11. Yonik, M.Y.; Sri, W.; Anna, A.; Mia, N.; Neneng, Suliasih. Determination of deoxygenation rate coefficient as component in water quality modeling of middle segment of Citarum river, Indonesia. *Int. J. Recent Technol. Eng.* **2019**, 8(2), 1057–1061.
12. Sơn, N.V. Nghiên cứu tác động do phát triển kinh tế – xã hội đến chất lượng nước rạch Vàm Búng và đề xuất biện pháp quản lý tổng hợp bảo vệ nguồn nước. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ, Viện Nhiệt đới môi trường, 2013, tr. 248.
13. Chí, T.M.; Dũng, N.N.; Sơn, N.V. Đánh giá hiện trạng môi trường và đề xuất các giải pháp tổng hợp quản lý chất lượng nước lưu vực sông Thị Tính – tỉnh Bình Dương. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Nhiệt đới môi trường, 2008, tr. 197.
14. Bá, L.H. Đánh giá khả năng chịu tải các hệ sinh thái để làm cơ sở cho quy hoạch phát triển, bảo vệ môi trường lưu vực sông Vàm Cỏ. Báo cáo tổng kết đề tài, Chương trình KHCN cấp Nhà nước KC 08/06–10, Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường: 2011, tr. 223.
15. Trình, L. Nghiên cứu khả năng tiếp nhận tải lượng ô nhiễm do nước thải, khả năng tự làm sạch của các sông Sài Gòn, Đồng Nai, Nhà Bè; xây dựng cơ sở khoa học, đề xuất các phương án xử lý nước thải và quản lý môi trường các sông lớn tại TP.HCM. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Môi trường và Tài nguyên: 1995, tr. 217.
16. Thăng, L.V.; Vân, H.N.T.; Lộc, T.Q. Nghiên cứu đánh giá khả năng tự làm sạch của nhánh sông Đông Ba và Bạch Yến ở thành phố Huế. *Tap chí Môi trường* **2011**, 8, 55–58.
17. Phùng, N.K.; Bảy, N.T. Đánh giá khả năng tự làm sạch các sông chính huyện Cần Giờ dưới ảnh hưởng của nước thải nuôi tôm. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2008**, 569, 40–46.
18. Lâm, N.M. Nghiên cứu đánh giá khả năng chịu tải và đề xuất các giải pháp bảo vệ chất lượng nước sông Vàm Cỏ Đông, tỉnh Long An. Luận án tiến sĩ, Viện Môi trường và Tài nguyên/Đại học Quốc gia TP.HCM, 2013, tr. 239.
19. Sỹ, P.C. Đánh giá ngưỡng chịu tải và đề xuất các giải pháp quản lý, khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường nước sông Đồng Nai. Báo cáo tổng kết đề tài, Trung tâm Công nghệ Môi trường, 2010, tr. 275.
20. Đắc, N.T. Cơ sở khoa học đánh giá khả năng tự làm sạch của sông Đồng Nai. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam: 2000, tr. 211.

21. Whitehead, P.G.; Lack. T. Dispersion and self-purification of pollutants in surface water systems: A contribution to the international hydrological programme. Paris: UNESCO, Technical Papers in Hydrology 23, 1982, pp. 98.
22. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-6:2018. Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 6: Hướng dẫn lấy mẫu nước sông và suối, tr. 27.
23. Dream Bios. Operation Manual for EZ-Oxyro 4R Respirometer. Seoul Korea, 2015.
24. Thomas, H.A. The Slope method of evaluating the constants of the first-stage biochemical oxygen demand curve. *Sewage Works J.* **1937**, *9(3)*, 425–430.

## **Determine the effect of temperature on deoxygenation rate for Cai river – Dong Nai province**

**Nguyen Van Son<sup>1\*</sup>, Phung Chi Sy<sup>1</sup>, Nguyen The Tien<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam Institute for Tropical Technology and Environmental Protection;  
sonvittep@gmail.com; entecvn@yahoo.com; thetien1960@gmail.com

**Abstract:** A number of studies on the self-cleaning capacity of rivers in Vietnam have been published with the tools used to evaluate by mathematical model, the experimental coefficients are used as suggested by the model so the results of evaluation and prediction are not very accurate. The decomposition rate coefficient is an important parameter related to the self-cleaning capacity of organic matter in river water, where temperature has a significant effect on this factor. In this study, the composite sample from 90 water amounts which were collected at five sites in two different tide conditions along Cai river. The sample was separated into five parts to analyzed BOD in five temperature values including 20°C, 25°C, 30°C, 35°C and 40°C. The deoxygenation rate was determined using Slope method. According to these results, the deoxygenation rate increased during the temperature ranging between 20°C and 30°C and decreasing when the temperature decreased from 30°C to 40°C. It meant that the ability of river self-cleaning improved when the temperature raises from 20°C to 30°C and reduce when the temperature keeps raising to 40°C. In addition, the correlation between deoxygenation rate and temperature by Slope method is determined with  $R^2 = 0,93$ .

**Keywords:** Deoxygenation rate; Temperature; Cai river.

Bài báo khoa học

## Ảnh hưởng của một số yếu tố lên sinh trưởng của *Bacillus thuringiensis* trong môi trường sử dụng bùn hoạt tính của nhà máy bia

Tạ Thu Hằng<sup>1</sup>, Đặng Thị Mai Anh<sup>2\*</sup>, Nguyễn Minh Thu<sup>2</sup>, Tăng Thị Chính<sup>2</sup>, Phùng Thị Thu Trang<sup>1</sup>, Ngô Kim Anh<sup>1</sup>, Đỗ Thị Thanh Bình<sup>1</sup>, Vũ Văn Đàm<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu; tathuhang311@gmail.com; phungtrang80@gmail.com; kimanhhn2422gmail.com; tbinh2009@gmail.com; vuvandam@gmail.com

<sup>2</sup> Viện Công nghệ môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; maianh058@gmail.com; minhthuiet@gmail.com; tangthichinh@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: maianh058@gmail.com; Tel.: +84-983829899

Ban Biên tập nhận bài: 2/3/2023; Ngày phản biện xong: 13/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này đề cập đến ảnh hưởng của một số yếu tố (pH, nồng độ chất rắn, độ thoáng khí và lên men) lên sinh trưởng của *B. thuringiensis* (Bt) trong môi trường nuôi cấy sử dụng bùn hoạt tính của nhà máy bia. Vi khuẩn *B. thuringiensis* có khả năng sinh trưởng trong môi trường có độ pH từ pH 6–8 và hình thành delta-endotoxin cao nhất (617,67 mg/l) ở pH 7. Nồng độ chất rắn cho delta-endotoxin cao nhất là 20–25 g/l. Ở tỷ lệ môi trường nuôi cấy trong bình nón 2:10 (v/v) chủng *B. thuringiensis* sinh trưởng tốt nhất, mật độ tế bào đạt cực đại  $2,9 \times 10^8$  CFU/ml và nồng độ delta-endotoxin đạt 619,06 mg/l. Quá trình cấp khí liên tục là cần thiết đối với *B. thuringiensis* trong quá trình nuôi, ngưng cấp khí dù ở giai đoạn nào cũng ảnh hưởng đến delta-endotoxin của Bt. Khi nuôi cấy trong hệ lên men với điều kiện pH = 7, oxy hòa tan 4 mg/l, Bt cho độc tính cao hơn khi nuôi bình tam giác, delta-endotoxin đạt 725,05 mg/l sau 48h. Kết quả nghiên cứu cho thấy, *B. thuringiensis* có khả năng sinh trưởng tốt trên bùn hoạt tính từ nước thải bia và có triển vọng ứng dụng trong thực tế.

**Từ khóa:** *B. thuringiensis*; Bùn; pH; Nồng độ chất rắn và tỷ lệ môi trường.

### 1. Mở đầu

Ngày nay, bên cạnh sự phát triển của công nghiệp phục vụ cho đời sống, con người cũng tạo ra một lượng chất thải lớn. Một trong những chất thải đó là bùn thải. Bùn thải từ các nhà máy, kênh mương chứa nước thải sinh hoạt, bệnh viện... Bùn hầu hết chỉ được loại bỏ bằng phương pháp chôn lấp và một phần được tận dụng làm phân bón. Tuy nhiên, khả năng tận dụng không nhiều và hiệu quả chưa cao. [1] đã sử dụng axit xitric ở pH 3–4 để loại bỏ kim loại trong bùn thải, hiệu quả loại bỏ Cu 60–70% và Zn 90–100%, còn các loại kim loại khác thì chưa thấy đề cập. [2] cũng đề cập đến việc thu hồi phèn trong bùn bằng axit sunfuric. [3] cũng đưa ra các công nghệ xử lý bùn thải như biến bùn thành phân bón, thành nhiên liệu. [4] đã cho thấy nguy cơ tích lũy kim loại nặng trong cải bắp rất cao bởi việc sử dụng phân bón từ bùn thải (As, Cd, Cr, Zn vượt quá giới hạn cho phép rất nhiều. [5] đã đưa ra những rủi ro và kẽ hở trong quản lý bùn đối với sức khỏe con người và môi trường. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng bùn thải làm nguyên liệu nuôi cấy vi sinh vật phục



vụ cho nông nghiệp và đời sống sẽ góp phần giảm thiểu bùn thải và giảm một số nguy cơ tích lũy kim loại nặng trong cây trồng. Bởi các loại bùn được lựa chọn nuôi cấy vi sinh vật thường là các loại có hàm lượng dinh dưỡng cao, kim loại nặng ở ngưỡng cho phép. Canada là một trong những nước đã nghiên cứu thành công sử dụng bùn thải sinh học để sản xuất các chế phẩm sinh học. [6–8] đã thu nhận được thuốc trừ sâu sinh học khi nuôi cấy Bt trên nước thải và bùn thải có hàm lượng tinh bột cao. [9–10] đã sử dụng bùn thải sinh hoạt, bùn thải công nghiệp nuôi vi sinh tạo phân bón vi sinh cố định đạm, với mật độ đạt 109 CFU/ml. Ngày nay nông nghiệp đang hướng tới nông nghiệp sạch nên việc tìm kiếm các nguồn thuốc trừ sâu sinh học cũng đã được nghiên cứu từ rất sớm, [11–12] đã đề cập đến việc hình thành độc tính của *Bacillus thuringiensis*. Một số nghiên cứu về nuôi cấy *Bacillus thuringiensis* trên bùn thải nước thải ở Canada cũng thu được kết quả khả quan. Kết quả các nghiên cứu [13–17] cho thấy có thể thu nhận thuốc trừ sâu sinh học từ việc nuôi cấy Bt trên nước thải, bùn thải công nghiệp sản xuất tinh bột, hàm lượng *delta-endotoxin* có thể đạt trên 600 mg/l. Nghiên cứu [18] cho thấy khi tạo thuốc trừ sâu sinh học sử dụng bùn thải làm nguyên liệu trong hệ lên men 150 lít có thể tăng lượng bào tử 38–55%, độc tố tăng 30%. [19] cho thấy các chủng *Bacillus thuringiensis* được phân lập lại từ bùn thải lại cho hoạt tính trừ sâu cao hơn hẳn so với chủng tiêu chuẩn. Ở Việt Nam, các năm qua cũng đã có một số công trình nghiên cứu nuôi cấy *Bacillus thuringiensis* trên bùn thải sinh học (độc tính *delta-endotoxin* cũng đạt trên 600 mg/l) [20–21]. Tuy nhiên, các nghiên cứu mới dừng ở các quy mô nhỏ trong phòng thí nghiệm, để có thêm dữ liệu và cơ hội mở rộng ứng dụng thuốc trừ sâu sinh học cần có các nghiên cứu thêm về nuôi cấy Bt trên bùn thải. Vì vậy, nghiên cứu này đề cập tới ảnh hưởng của một số yếu tố lên sinh trưởng của *Bacillus thuringiensis* trong môi trường sử dụng bùn hoạt tính của nhà máy bia định hướng cho sản xuất thuốc trừ sâu sinh học.

## 2. Nguyên liệu và phương pháp

### 2.1. Quy trình nghiên cứu

Bước 1. Thủy phân bùn hoạt tính lấy từ nhà máy bia tạo nguyên liệu cơ sở cho nuôi cấy *Bacillus thuringiensis*.

Bước 2. Điều chỉnh các thông số theo các yêu cầu thí nghiệm.

Bước 3. Xác định các chỉ tiêu trong các thí nghiệm.

Bước 4. Tổng hợp số liệu, đánh giá số liệu, đưa ra các chỉ số thích hợp cho nuôi cấy *Bacillus thuringiensis*.

### 2.2. Nguyên liệu

**Bảng 1.** Đặc tính của bùn thải của Nhà máy bia Hà Nội.

Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Số lượng	Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Số lượng
Bùn thải	m <sup>3</sup> /ngày	10	Mg	mg/kg	4238 ± 7,9
TOC	g/kg	213,5 ± 11,2	K	mg/kg	2736 ± 9,7
VSS	%	52,7 ± 0,5	Na	mg/kg	8320,4 ± 11,2
TNK	g/kg	22,2 ± 1,2	As	mg/kg	9,7 ± 0,4
TN	g/kg	24,1 ± 1,8	Hg	mg/kg	1,2 ± 0,05
TP	g/kg	18 ± 0,9	Pb	mg/kg	17,2 ± 0,3
Ca	mg/kg	9541 ± 8,9			

Chủng vi khuẩn *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1, nguồn gốc Canada.

Môi trường nuôi cấy và hoạt hóa *B. thuringiensis*: TSB (*Tryptone Soya Broth*), TSA (*Tryptone Soya Agar*).

### 2.3. Phương pháp xác định mật độ tế bào và bào tử

Để xác định số lượng tế bào, mẫu được pha loãng bằng muối sinh lý (0,85% w/v) đã khử trùng. Mẫu pha loãng (0,1 ml) được cấy trên đĩa thạch chứa môi trường TSA và được ủ ở 30°C trong 24h để cho khuẩn lạc phát triển hoàn thiện.

Để xác định bào tử, mẫu pha loãng được làm nóng trong bể dầu 80°C 10 phút sau đó để lạnh trong nước đá 5 phút. Số lượng tế bào và bào tử được xác định thông qua đếm khuẩn lạc sinh trưởng trên môi trường thạch TSA. Công thức xác định:

$$X = a \times b \times 10 \text{ (CFU/ml)} \quad (1)$$

Trong đó a là số lượng khuẩn lạc xuất hiện trên đĩa petri; b là nghịch đảo của nồng độ pha loãng.

### 2.4. Phương pháp xác định nồng độ độc tố delta-endotoxin trong dịch nuôi cấy

Delta-endotoxin được xác định trên cơ sở hòa tan tinh thể protein độc trong môi trường kiềm: 1ml mẫu dịch nuôi cấy được ly tâm 10000 g trong 10 phút ở 4°C. Phần cặn bao gồm bào tử, tinh thể protein độc, mảnh vụn tế bào và phần rắn lơ lửng còn lại được sử dụng để xác định nồng độ tinh thể protein độc hòa tan (*delta-endotoxin*). Phần cặn được rửa 3 lần mỗi lần bằng 1 ml 0.14M NaCl-0,01% Triton X - 100. Việc rửa này giúp loại bỏ các protein và các *proteaza* còn bám vào phần cặn. Phần cặn đã rửa chứa tinh thể protein được thủy phân trong dung dịch NaOH 0,05N (pH 12,5) trong 3h ở 30°C trong điều kiện có khuấy. Dịch huyền phù sau đó được ly tâm ở 10000 g trong 10 phút ở 4°C, phần cặn sau khi ly tâm sẽ được loại bỏ còn phần dịch nổi sẽ được dùng để xác định hàm lượng delta-endotoxin theo phương pháp Bradford sử dụng BSA làm chất chuẩn [22].

### 2.5. Các phương pháp nghiên cứu:

#### 2.5.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của pH

Bùn thải được tiền xử lý bằng phương pháp thủy phân, sau đó được điều chỉnh về các pH khác nhau trước khi khử trùng ở 121°C trong 15 phút. Các mẫu bao gồm: TSB (*Tryptone Soya Broth*), pH5 (bùn được điều chỉnh về pH = 5), pH6 (bùn được điều chỉnh về pH = 6), pH7 (bùn được điều chỉnh về pH = 7) và pH8 (bùn được điều chỉnh về pH = 8). Các môi trường sử dụng bùn làm nguyên liệu có hàm lượng rắn là 20 g/l, thể tích dịch nuôi cấy 2:10 (v/v).

Từ giống gốc *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 hoạt hóa trên môi trường dịch thể TSB ở 30°C, 200 vòng/phút trong 12h cấy vào các phương án thí nghiệm trên với tỷ lệ 1% về thể tích. Sau đó nuôi cấy ở 30°C, 200 vòng/phút. Tiến hành lấy mẫu ở 0h, 12, 24, 36, 48, 60, 72 h để xác định mật độ tế bào, bào tử và nồng độ *delta-endotoxin*.

#### 2.5.2. Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ chất rắn

Bùn lấy từ nhà máy bia tại công đoạn lắng được ly tâm để tách chất rắn sau đó tái huyền phù bằng dịch nổi ly tâm với các nồng độ rắn khác nhau để tiến hành thí nghiệm. Thí nghiệm được chia làm 6 phương án: TN1 (môi trường TSB), TN2 (môi trường bùn thải bia chứa 1,5% chất rắn), TN3 (môi trường bùn thải bia chứa 2,0% chất rắn), TN4 (môi trường bùn thải bia chứa 2,5% chất rắn) và TN5 (môi trường bùn thải bia chứa 3,0% chất rắn). Tất cả các môi trường pH ban đầu đều được điều chỉnh bằng 7.

Cấy giống với tỷ lệ 1% (v/v) vào các mẫu trên và nuôi cấy lắc ở 200 vòng/phút, 30°C. Lấy mẫu ở các thời điểm 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72h để xác định số lượng tế bào, sự hình thành bào tử và *delta-endotoxin*.

#### 2.5.3. Ảnh hưởng của độ thoáng khí

Để nghiên cứu ảnh hưởng của độ thoáng khí tiến hành thí nghiệm như sau: Chuẩn bị môi trường bùn bia có nồng độ chất rắn 2,0% và pH môi trường bằng 7. Dịch môi trường

được phân vào các bình với tỷ lệ (v/v) khác nhau theo các phương án thí nghiệm sau: TN1 (tỷ lệ dịch 2:10), TN2 (tỷ lệ dịch 3:10), TN3 (tỷ lệ dịch 4:10) và TN4 (tỷ lệ dịch 5:10).

Các phương án thí nghiệm sau khi cấy giống được nuôi cấy ở 200 vòng/phút, 30°C. Mẫu thí nghiệm được lấy ở 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72h để xác định mật độ tế bào, bào tử và nồng độ *delta-endotoxin*.

#### 2.5.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện nuôi cấy liên tục và gián đoạn

Đối với nhóm vi sinh vật có khả năng hình thành bào tử thì điều kiện nuôi cấy có ảnh hưởng rất nhiều tới việc hình thành bào tử. Vì vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của việc nuôi cấy gián đoạn tới quá trình sinh trưởng, hình thành bào tử và độc tính *delta-endotoxin* của Bt là cần thiết. Thí nghiệm được bố trí như sau:

Bùn bia có nồng độ chất rắn 2,0% được xử lý bằng phương pháp thủy phân rồi điều chỉnh về pH = 7, khử trùng và được cấy giống với tỷ lệ 1% (v/v) rồi được nuôi cấy ở 200 vòng/phút ở 30°C, các thí nghiệm được bố trí như sau:

TN5: nuôi cấy lắ liên tục

TN6: nuôi cấy lắ liên tục 0–2h, để tĩnh ở nhiệt độ phòng 12–24h, sau đó tiếp tục nuôi cấy lắ tới 72h.

TN7: nuôi lắ liên tục từ 0–24h, để tĩnh ở nhiệt độ phòng 24–36h, sau đó tiếp tục nuôi cấy lắ tới 72h.

TN8: nuôi lắ liên tục từ 0–36h, để tĩnh ở nhiệt độ phòng 36–48h, sau đó tiếp tục nuôi cấy lắ tới 72h.

Tất cả các thí nghiệm đều lấy mẫu ở 0, 12, 24, 36, 48, 60 và 72h để xác định số lượng tế bào, sự hình thành bào tử và *delta-endotoxin*.

#### 2.5.5. So sánh kết quả nuôi cấy *B. thuringiensis* trong bình nón và bình lên men

Tiến hành so sánh về mật độ tế bào, sự hình thành bào tử và *delta-endotoxin* nuôi cấy trong bình nón 500 ml, thể tích dịch 100 ml với bình lên men 15 lít thể tích làm việc 10 lít.

- Thí nghiệm bình tam giác được bố trí như sau: bùn được xử lý bằng phương pháp thủy phân, nồng độ chất rắn của bùn 2,0%, pH = 7, tỷ lệ dịch nuôi cấy 1:5, tỷ lệ giống 1% (v/v), nuôi ở 30°C 200 vòng/phút.

- Thí nghiệm nuôi cấy trong bình lên men 15 lít thể tích làm việc 10 lít được thực hiện với các thông số như sau: môi trường nuôi cấy là bùn thải chứa 2,0% chất rắn được xử lý bằng phương pháp thủy phân và được khử trùng, tỷ lệ giống 1% (v/v), lượng oxy hòa tan luôn duy trì 4 mg/l, pH luôn được duy trì 7±1 bằng NaOH 4N và H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4N thông qua hệ thống bơm tự động, chất kiểm soát bọt sử dụng là *polypropylene glycol* (PPG, sigma), nhiệt độ trong suốt quá trình lên men 30±1°C.

Mẫu được lấy tại các thời điểm 0, 12, 24, 36, 48h để xác định mật độ tế bào, bào tử và *delta-endotoxin*.

### 3. Kết quả và thảo luận

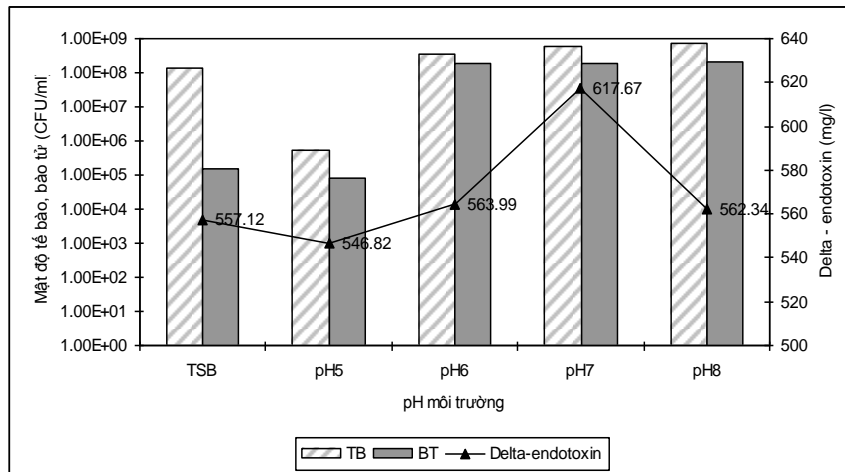
#### 3.1. Ảnh hưởng của pH

pH là một trong các nhân tố có ảnh hưởng rất nhiều đến quá trình sinh trưởng và hình thành các sản phẩm của vi sinh vật. Sau đây là kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của pH khác nhau lên khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và độc tố *delta-endotoxin* của *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Hình 1). Hình 1 chỉ ra rằng, đối với môi trường có pH từ 6–8 Bt sinh trưởng tốt, mật độ cực đại đạt 108.

CFU/ml và tương đương với môi trường TSB. Còn đối với môi trường có pH = 5 mật độ tế bào tăng trưởng chậm và gần như không thay đổi so với thời điểm 0h. Mật độ cực đại chỉ đạt khoảng 105 CFU/ml cao hơn so với thời điểm 0h khoảng 10 lần. Tương tự đối với mật độ bào tử ở các môi trường có pH 6–8 cũng tăng theo thời gian và cực đại đạt khoảng

108 CFU/ml, còn ở pH = 5 mật độ bào tử chỉ đạt 104 CFU/ml gần như không có sự khác biệt so với thời điểm ban đầu. *Delta-endotoxin* ở các pH khác nhau cũng cho giá trị khác nhau. Ở pH 6–8 nồng độ *delta-endotoxin* nhận được sau 48h cao và tương đương với nồng độ trên môi trường TSB, pH = 7 cho nồng độ *delta-endotoxin* cao nhất đạt 617,67 mg/l. Đối với pH = 5 không chỉ ức chế khả năng sinh trưởng và hình thành bào tử mà còn ức chế cả quá trình hình thành *delta-endotoxin*, nồng độ cực đại chỉ đạt 546,82 mg/l. Từ kết quả cho thấy, ở pH 6–8 chủng Bt có khả năng sinh trưởng và hình thành độc tố tốt, trong đó pH 7 cho khả năng hình thành độc tố tốt nhất.

Với kết quả hàm lượng *delta-endotoxin* thu được đạt mức cao nhất ở pH = 7 trong khuôn khổ thí nghiệm này là tương đồng với nghiên cứu trước [16, 18].



**Hình 1.** Ảnh hưởng của pH lên khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và *delta-endotoxin* của *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1.

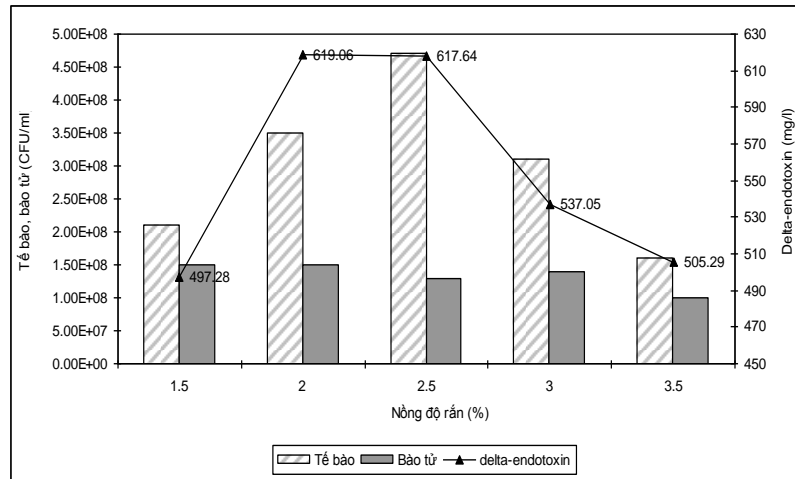
### 3.2. Ảnh hưởng của nồng độ bùn

Bên cạnh pH môi trường nuôi cấy thì chất dinh dưỡng hay nồng độ chất rắn cũng ảnh hưởng nhiều đến quá trình sinh trưởng, hình thành bào tử và độc tố của chủng *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1. Sau đây là các kết quả đề cập tới ảnh hưởng của nồng độ chất rắn của bùn lên khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và độc tố của chủng vi khuẩn *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1.

Ảnh hưởng của sự biến đổi nồng độ chất rắn (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 và 3,5%) của bùn tới mật độ tế bào, bào tử và *delta-endotoxin* được chỉ ra ở hình 2. Kết quả chỉ ra rằng với nồng độ chất rắn 1,5–3,5% mật độ tế bào không có sự khác biệt nhiều, mật độ đều đạt khoảng 108CFU/ml. Tuy nhiên, mật độ tế bào có xu hướng tăng dần ở nồng độ rắn 1,5–2,5% và có xu hướng giảm ở nồng độ chất rắn cao hơn. Mật độ bào tử ở các nồng độ chất rắn khác nhau không có sự biến động nhiều. Nồng độ *delta-endotoxin* có xu hướng tăng ở nồng độ chất rắn 1,5–2,5% và cao nhất đạt 619,06 mg/l, còn ở nồng độ chất rắn > 2,5% lại có xu hướng giảm. Tuy nhiên khi so sánh ở các nồng độ rắn khác nhau cho thấy ở nồng độ chất rắn 1,5% cho nồng độ *delta-endotoxin* thấp nhất chỉ đạt 497,28 mg/l; ở nồng độ chất rắn 2,0–2,5% cho nồng độ *delta-endotoxin* cao nhất khoảng > 600 mg/l, còn ở nồng độ chất rắn lớn hơn 2,5% nồng độ *delta-endotoxin* 505,29–537,05 mg/l.

Điều này cho thấy, khi nồng độ chất rắn tăng (> 2,5%) mặc dù có kích thích sinh trưởng và hình thành bào tử, nhưng nồng độ chất rắn cao cũng làm tăng độ nhớt và sự hỗn tạp dẫn đến hạn chế trao đổi oxy tác động đến quá trình hình thành *delta-endotoxin*. Ở nồng độ chất rắn 1,5% chủng vi khuẩn Bt vẫn sinh trưởng và hình thành bào tử tốt nhưng lượng *delta-endotoxin* lại thấp. Kết quả này có thể lý giải như sau khi nồng độ chất dinh dưỡng thấp thì chỉ đủ cung.





**Hình 2.** Ảnh hưởng của nồng độ chất rắn lên khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và delta – endotoxin.

### 3.3. Ảnh hưởng của độ thoáng khí

Độ thoáng khí hay lượng oxy hòa tan, là một nhân tố có ảnh hưởng rất nhiều đến quá trình sinh trưởng của vi sinh vật nói chung và *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 nói riêng. Hơn nữa *B. thuringiensis* là chủng vi khuẩn hiếu khí nên lượng oxy cung cấp trong quá trình sinh trưởng, phát triển ảnh hưởng rất nhiều đến mật độ và khả năng hình thành các sản phẩm của chúng. Thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ thể tích môi trường nuôi cấy lên khả năng sinh trưởng, tạo bào tử và độc tính của *B. thuringiensis* được trình bày ở hình 3.

Kết quả cho thấy, tỷ lệ dịch nuôi cấy tăng thì khả năng sinh trưởng và hình thành delta-endotoxin của *B. thuringiensis* giảm. Ở TN1 tỷ lệ dịch nuôi cấy 2:10 (v/v) nồng độ delta-endotoxin đạt 619,06 mg/l, TN2 tỷ lệ dịch 3:10 (v/v) nồng độ đạt 519,06 mg/l, TN3 tỷ lệ dịch 4:10 (v/v) nồng độ đạt 476,92 mg/l, còn TN4 tỷ lệ dịch nuôi cấy 5:10 (v/v) nồng độ chỉ đạt 454,91 mg/l. Kết quả trên có thể đưa ra nhận xét như sau, độ thoáng khí có ảnh hưởng rất nhiều tới quá trình sinh trưởng, phát triển, hình thành bào tử và độc tính delta-endotoxin của *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1. Thể tích dịch nuôi cấy trên thể tích bình chứa tăng dẫn đến giảm nồng độ oxy hòa tan ức chế quá trình sinh trưởng, phát triển của *B. thuringiensis* dẫn đến giảm mật độ bào tử và giảm sự hình thành độc tính delta-endotoxin. Vì vậy, trong quá trình nuôi cấy *B. thuringiensis* lượng oxy hòa tan đóng vai trò quan trọng đối với sinh trưởng hình thành bào tử và độc tính. Kết quả thí nghiệm này cho thấy tỷ lệ dịch nuôi cấy 2:10 là thích hợp cho quá trình sinh trưởng, phát triển và hình thành độc tính delta-endotoxin.

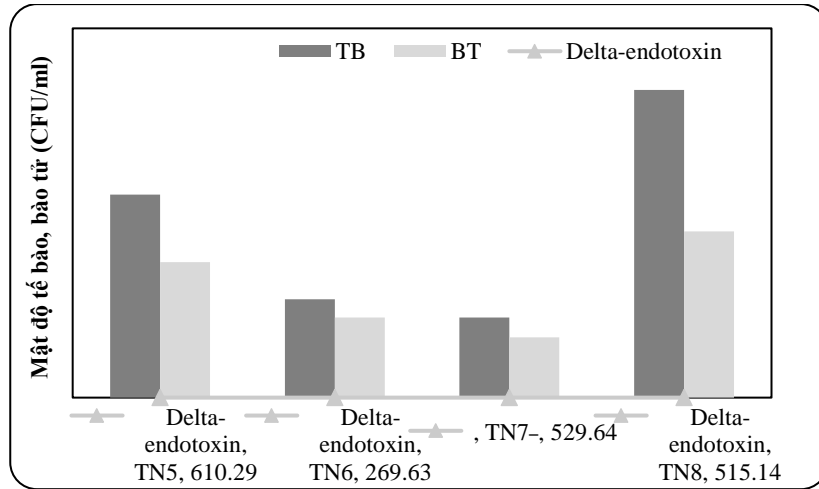
### 3.4. Ảnh hưởng điều kiện nuôi cấy liên tục và gián đoạn

Bên cạnh, sự ảnh hưởng của tỷ lệ thể tích môi trường nuôi cấy thì điều kiện cấp khí liên tục và gián đoạn cũng ảnh hưởng tới quá trình sinh trưởng và hình thành độc tính của *B. thuringiensis*. Hơn nữa, chủng vi khuẩn này lại có khả năng hình thành bào tử và các sản phẩm trong quá trình hình thành bào tử thì việc dừng dừng cấp khí tại các giai đoạn sinh trưởng của chúng có thể kích thích sự hình thành bào tử. Do đó tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng điều kiện nuôi cấy liên tục và gián đoạn đến khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và độc tố delta-endotoxin của chủng vi khuẩn *B.thuringiensis* là có cơ sở. Kết quả thu được như sau:

Ở TN5 chủng vi khuẩn *B.thuringiensis* nuôi cấy trên bùn thải bia trong điều kiện nuôi cấy lác liên tục thì mật độ tế bào và bào tử cực đại vẫn đạt khoảng 108CFU/ml sau 24h và nồng độ delta-endotoxin cực đại 610,29 mg/l sau 48h. TN6 chủng vi khuẩn *B. thuringiensis*

nuôi cấy trên bùn thải bia trong điều kiện dừng lactic trong giai đoạn 12–24h, đây là giai đoạn sinh trưởng mạnh của chủng vi khuẩn *B. thuringiensis*. Kết quả thu được cho thấy, trong giai đoạn 12–24h khi dừng lactic mật độ bào tử gần như không thay đổi, còn mật độ tế bào chỉ tăng khoảng 10 lần. Mật độ tế bào tăng trong giai đoạn này có thể là các tế bào đã đang trong giai đoạn phân chia dù ngừng cấp oxy nhưng lượng oxy hòa tan trong dịch vẫn có thể đủ cho chúng sử dụng cho quá trình phân chia. Sau đó mật độ tế bào và bào tử tiếp tục tăng và đạt đến khoảng 108CFU/ml sau 48h, trễ hơn so với thời điểm đạt cực đại của thí nghiệm nuôi cấy liên tục. Còn đối với độc tính của phương án thí nghiệm này thu được là rất thấp, nồng độ cao nhất chỉ đạt 269,63 mg/l (60h). Điều này cho thấy nếu ngưng cung cấp oxy vào giai đoạn sinh trưởng của *B. thuringiensis* không những ảnh hưởng tới mật độ tế bào, bào tử mà còn làm giảm mạnh khả năng hình thành độc tính của chủng *B. thuringiensis*. TN7 dừng nuôi cấy lactic 24–36h, đây là giai đoạn mà mật độ tế bào của chủng vi khuẩn *B. thuringiensis* đã đi vào giai đoạn ổn định nhưng nó vẫn có ảnh hưởng tới mật độ tế bào, bào tử và nồng độ delta-endotoxin. Mật độ tế bào của TN7 đã đạt 108CFU/ml sau 24h, nhưng sau đó ngừng nuôi cấy lactic mật độ tế bào đã giảm xuống còn khoảng 107CFU/ml và mật độ này duy trì cho tới 72h. Điều này có thể giải thích như sau: Hạn chế cung cấp oxy ở giai đoạn 24–36h và đây cũng là giai đoạn nguồn dinh dưỡng của môi trường cũng đã giảm. Do đó, dù sau giai đoạn đó lại cung cấp oxy trở lại nhưng môi trường đã cạn nguồn dinh dưỡng nên không còn đủ khả năng kích thích sự sinh trưởng và phát triển của tế bào nên số lượng của chúng chỉ duy trì ở 107CFU/ml, thậm chí số lượng tế bào còn có thể giảm nếu nguồn dinh dưỡng của môi trường còn quá ít. Tương tự như mật độ tế bào, mật độ bào tử của TN7 cũng giảm từ 107CFU/ml xuống 106CFU/ml trong khoảng thời gian 24–36h. Sau đó, lại tăng và đạt 107CFU/ml sau 48h và duy trì cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Sự tăng mật độ bào tử sau 48h, có thể do sau khi thí nghiệm được nuôi cấy lactic lại các tế bào vi khuẩn trong dịch nuôi cấy đã sinh trưởng hoàn thiện và chuyển sang giai đoạn hình thành bào tử vì vậy số lượng bào tử lại tăng. Đối với nồng độ delta-endotoxin cũng có xu hướng tăng dần từ 0–48h. Khác với số lượng tế bào và bào tử, delta-endotoxin vẫn tăng trong giai đoạn 24–36h (giai đoạn hạn chế cung cấp oxy) và đạt cực đại tại 48h (529,65 mg/l) và sau đó giảm dần. Khi so sánh với kết quả TN5 cho thấy nồng độ delta-endotoxin của TN7 thấp hơn khoảng 80 mg/l mặc dù thời gian đạt cực đại là như nhau. Qua đó cho thấy, nếu hạn chế cung cấp oxy trong giai đoạn 24–36h, không những ảnh hưởng tới mật độ tế bào, bào tử mà còn ảnh hưởng tới nồng độ delta-endotoxin. Đối với TN8 dừng nuôi cấy lactic trong giai đoạn 36–48h kết quả cho thấy, mặc dù trước 36h mật độ tế bào và bào tử đã đạt khoảng 108CFU/ml, nhưng do việc dừng lactic hạn chế cung cấp oxy mà cả mật độ tế bào và bào tử đều giảm. Vì trong giai đoạn này, lượng dinh dưỡng trong môi trường giảm nếu hạn chế cấp oxy thì sẽ ức chế sự phát triển của tế bào và bào tử. Mật độ tế bào giảm còn khoảng 107CFU/ml, mật độ bào tử giảm còn khoảng 106CFU/ml. Đối với nồng độ delta-endotoxin có xu hướng tăng dần từ 0–60h và đạt cực đại tại 60h với nồng độ 515,14 mg/l sau đó giảm. Cũng tương tự như TN7, nồng độ delta-endotoxin vẫn tăng ngay cả trong giai đoạn hạn chế cung cấp oxy, nhưng giá trị cực đại của TN8 so với TN5 (nuôi cấy lactic liên tục) là thấp hơn khoảng 95 mg/l, và thời gian đạt cực đại cũng trễ hơn so với TN5 12h.

Từ kết quả trên có thể thấy nếu hạn chế cung cấp oxy trong giai đoạn sinh trưởng và phát triển của *B. thuringiensis* có khả năng gây ức chế mạnh đối với quá trình hình thành độc tính delta-endotoxin và TN2 (ngưng cung cấp oxy 12–24h) cũng cho thấy nồng độ delta-endotoxin đạt được là rất thấp 269,63 mg/l. Khi so sánh kết quả của 4 phương án thí nghiệm chỉ có phương án TN5 (nuôi cấy lactic liên tục) cho kết quả về sinh trưởng, hình thành bào tử và delta-endotoxin là tốt nhất. Qua đó có thể khẳng định rằng việc cấp oxy trong suốt quá trình nuôi cấy *B. thuringiensis* là cần thiết để cho mật độ tế bào, bào tử và delta-endotoxin cao.



**Hình 3.** Ảnh hưởng của chế độ nuôi cấy lên khả năng sinh trưởng, hình thành bào tử và delta – endotoxin.

Các kết quả về tỷ lệ dịch nuôi cũng như việc cấp khí liên tục hay gián đoạn trong quá trình nuôi cấy Bt cho các kết quả hoàn toàn tương ứng với nghiên cứu [12, 18]. Điều này, cho thấy việc nuôi cấy Bt trên nước thải bia ở Việt Nam cũng hoàn toàn có tính khả thi.

### 3.5. Nuôi cấy *B. thuringiensis* trong bình nón và bình lên men 15 lít

Kết quả nuôi cấy *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 cũng cho thấy sự khác biệt rõ kết quả được thể hiện ở bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả nuôi cấy *B.thuringiensis* trong bình nón và bình lên men.

Thời gian (h)	Bình nón			Bình lên men		
	TB (CFU/ml)	BT (CFU/ml)	Endo (mg/l)	TB (CFU/ml)	BT (CFU/ml)	Endo (mg/l)
0	5,2×10 <sup>4</sup>	2,1×10 <sup>3</sup>	186,31	4,0×10 <sup>4</sup>	2,8×10 <sup>4</sup>	163,16
12	4,6×10 <sup>6</sup>	4,7×10 <sup>4</sup>	275,86	3,0×10 <sup>7</sup>	6,5×10 <sup>4</sup>	443,01
24	2,5×10 <sup>8</sup>	1,4×10 <sup>8</sup>	342,78	2,4×10 <sup>8</sup>	1,3×10 <sup>8</sup>	570,22
36	3,0×10 <sup>8</sup>	1,6×10 <sup>8</sup>	423,28	8,5×10 <sup>8</sup>	1,8×10 <sup>8</sup>	599,61
48	3,3×10 <sup>8</sup>	1,8×10 <sup>8</sup>	621,29	3,9×10 <sup>8</sup>	2,0×10 <sup>8</sup>	725,05

Ghi chú: TB: mật độ tế bào; BT: mật độ bào tử; Endo: nồng độ delta–endotoxin

Kết quả cho thấy mật độ tế bào đều tăng dần từ 0–24h và đạt khoảng 108CFU/ml và 24–48h mật độ tế bào gần như không có sự thay đổi vẫn duy trì khoảng 108CFU/ml. So sánh số lượng tế bào của thí nghiệm trong bình lên men và thí nghiệm trong bình nón cho thấy, trong giai đoạn 0–24h mật độ tế bào trong bình lên men tăng nhanh hơn so với trong bình nón. Điều này có thể giải thích như sau, trong bình lên men tất cả các thông số: lượng oxy hòa tan, pH, nhiệt độ đều được duy trì trong suốt quá trình nuôi cấy và điều kiện này là ổn định nên nó kích thích sự phát triển số lượng tế bào tốt hơn so với thí nghiệm trong bình nón. Tuy nhiên, mật độ cực đại ở cả hai thí nghiệm chỉ đạt 108CFU/ml. Điều này cũng có thể giải thích như sau, khi mật độ của chủng vi khuẩn *B. thuringiensis* đạt đến một giá trị nhất định nào đó thì các tế bào có xu hướng ức chế sự phát triển của nhau. Vì vậy, mặc dù các thông số nuôi cấy vẫn duy trì đảm bảo nhưng số lượng cũng không tăng. điều này cũng có thể giải thích bằng cách khác như sau, sau 24h nguồn dinh dưỡng trong môi trường nuôi cấy bắt đầu suy giảm vì mặc dù các điều kiện nuôi cấy khác vẫn duy trì đảm bảo nhưng mật độ tế bào cũng không thể tăng.

Đối với bào tử của *B. thuringiensis*, mật độ cũng tăng dần 0–24h và đạt khoảng 108CFU/ml sau 24h và sau đó mật độ được duy trì cho tới 48h ở cả hai thí nghiệm bình nón và bình lên men. Khác với tế bào, mật độ bào tử của thí nghiệm bình lên men trong giai

đoạn 0–12h tăng rất chậm và gần như là không tăng (mật độ khoảng 104CFU/ml). Có thể trong giai đoạn này ở thí nghiệm lên men có các điều kiện thích hợp nên kích thích chủng vi khuẩn *B.thuringiensis* hình thành tế bào dinh dưỡng nhiều hơn hình thành bào tử.

Đối với độc tính *delta-endotoxin*, ở cả hai phương án thí nghiệm nồng độ *delta-endotoxin* đều tăng theo thời gian và đạt cực đại tại 48h. Tuy nhiên, khi quan sát trong suốt quá trình nuôi cấy cho thấy, nồng độ *delta-endotoxin* trong thí nghiệm lên men tăng nhanh hơn so với thí nghiệm bình tam giác. Nồng độ *delta-endotoxin* trong thí nghiệm bình lên men qua các thời điểm 0h, 12h, 24h, 36h và 48h là: 163,16 mg/l; 443,01 mg/l; 570,22 mg/l; 599,61 mg/l; 725,05 mg/l. Nồng độ *delta-endotoxin* trong thí nghiệm bình tam giác qua các thời điểm 0h, 12h, 24h, 36h và 48h là: 186,31 mg/l; 275,86 mg/l; 342,78 mg/l; 423,28 mg/l và 621,29 mg/l. Từ kết quả về nồng độ độc tính trên cho thấy, khi nuôi cấy trên bình lên men cho nồng độ độc tính cực đại (725,05 mg/l) cao hơn so với nuôi cấy trên bình tam giác (621,29 mg/l) khoảng 130 mg/l. Qua đó cho thấy, nếu duy trì các thông số ổn định trong quá trình nuôi cấy chủng *B.thuringiensis* có thể kích thích chủng hình thành độc tính *delta-endotoxin* cao hơn. Các kết quả nghiên cứu của Việt Nam cũng tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước của một số tác giả [14–16] nuôi cấy Bt trên nước thải và bùn thải sản xuất tinh bột. Mặc dù lượng bào tử, tế bào, và endotoxin của thí nghiệm nuôi cấy Bt trên bùn thải bia trong bình lên men 15 lít không cao bằng kết quả [14–16] nuôi trên nước thải và bùn thải sản xuất tinh bột. Nhưng đây là bước đầu cho thấy khi nâng mô hình nuôi cấy với các điều kiện pH, oxy và nhiệt độ luôn được duy trì ổn định có thể thu được sản phẩm có hàm lượng độc tính cao hơn. Đây cũng là cơ sở để có thể hướng tới quy mô sản xuất lớn hơn sau này.

Từ các kết quả trên có thể được ra nhận xét như sau: quá trình lên men trong bình lên men 15 lít thể tích làm việc 10 lít có mật độ tế bào và bào tử là tương đương với thí nghiệm trong bình nón và giá trị nồng độ *delta-endotoxin* ở thí nghiệm nuôi cấy trong bình lên men là cao hơn so với trong bình nón, giá trị cực đại đạt được là 725,05 mg/l .

#### 4. Kết luận

Từ các nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố lên sinh trưởng của *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD–1 khi sử dụng bùn hoạt tính từ trạm xử lý nước thải sản xuất bia trên cho thấy: pH7 là thích hợp nhất cho sinh trưởng và hình thành *delta-endotoxin* của *B. thuringiensis* (nồng độ cực đại 617,67 mg/l). Nồng độ chất rắn 2–2,5% tốt nhất cho sinh trưởng và hình thành *delta-endotoxin* của *B. thuringiensis* (nồng độ cực đại 619,06 mg/l). Tỷ lệ dịch nuôi cấy 2:10 là thích hợp nhất cho sinh trưởng và hình thành *delta-endotoxin* của *B. thuringiensis*. Chế độ nuôi cấy có cấp khí liên tục là thích hợp nhất cho sự sinh trưởng và hình thành độc tính của *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD–1. *B. thuringiensis* nuôi cấy trong bình lên men với điều kiện môi trường luôn duy trì ổn định cho độc tính *delta-endotoxin* (đạt 725,05 mg/l) cao hơn so với trong bình nón.

Các kết quả trên cho thấy bùn hoạt tính của trạm xử lý nước thải sản xuất bia có thể thay thế được môi trường TSB để nuôi cấy thu nhận thuốc trừ sâu sinh học từ vi khuẩn *B.thuringiensis*.

Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế như bố trí các bước nhảy của pH còn dài có thể chưa chọn được đúng điểm tối ưu. Phần hạn chế này nhóm tác giả xin bổ sung số liệu ở công bố sau với các kết quả chạy động thái lên men ở các pH khác nhau.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.T.M.A., T.T.T.H.; Xử lý số liệu: V.V.Đ., N.M.T.; Viết bản thảo bài báo: Đ.T.M.A., P.T.T.T., Đ.T.T.B.; Chính sửa bài báo: N.K.A.

**Lời cảm ơn:** Bài báo được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của Nhiệm vụ Hợp tác quốc tế khoa học và công nghệ theo nghị định thư Canada: “Tiếp cận công nghệ sạch nghiên cứu xử lý, tái chế bùn thải sinh học thành nguyên liệu tạo ra chế phẩm vi sinh vật hữu ích phục



vụ cho nông lâm nghiệp”, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn PGS.TS. Nguyễn Hồng Khánh, chủ nhiệm nhiệm vụ.

**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. Veeken, A.H.M.; Hamelers, H.V.M. Removal of heavy metals from sewage sludge by extraction with organic acids. *Wat. Sci. Tech.* **1999**, *40(1)*, 129–136.
2. AbdoM, S.E.; Ewida, K.T.; Youssef, Y.M. Recovery of alum from wasted sludge produced from water treatment plants. *J. Environ. Sci. Health. Part A.* **1993**, *28*, 1205–1216.
3. Yasuda, Y. Sewage sludge utilization technology in Tokyo. *Water Sci. Technol.* **1991**, *23(10–12)*, 1743–1752.
4. Wang, P.F.; Zhang, S.H.; Wang, C.; Hou, J.; Guo, P.C.; Lin, Z.P. Study of heavy metal in sewage sludge and in Chinese cabbage grown in soil amended with sewage sludge. *Afr. J. Biotechnol.* **2008**, *7(9)*, 1329–1334.
5. Przewrocki, P.; Kulczycka, J.; Wzorek, Z.; Kowalski, Z.; Gorazda, K.; Jodko, M. Risk Analysis of Sewage Sludge – Poland and EU Comparative Approach. *Pol. J. Environ. Stud.* **2004**, *13(2)*, 237–244.
6. Adjalle K.D.; Brar S.K.; Verma M.; Tyagi R.D.; Valero J.R.; Surampalli R.Y. Ultrafiltration recovery of entomotoxicity from supernatant of *Bacillus thuringiensis* fermented wastewater and wastewater sludge. *Process Biochemistry* **2007**, *42*, 1302–1311.
7. Adjalle, K.D.; Brar, S.K.; Tyagi, R.D.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y. Photostabilization of *Bacillus thuringiensis* fermented wastewater and wastewater sludge based biopesticides using additives. *Acta Tropica* **2009**, *111*, 7–14.
8. Adjalle, K.D.; Tyagi, R.D.; Brar, S.K.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y. Recovery of entomotoxicity components from *Bacillus thuringiensis* fermented wastewater and sludge: Ultrafiltration scale-up approach. *Sep. Purif. Technol.* **2009**, *69*, 275–279.
9. Ben, R.F.; Tyagi, R.D.; Prévost, D. Acid and alkaline treatment for enhancing the growth of rhizobia in sludge. *Can. J. Microbiol.* **2009**, *47*, 467–474.
10. Faouzi, B.R.; Rajeshwar, D.T.; Danielle, P.; Rao, Y.S. Wastewater Sludge as a New Medium for Rhizobial grow. *Watwe Qual. Res. J. Canada* **2002**, *37(2)*, 353–370.
11. Sherrer, P.; Luthy, P.; Trumpi, B. Production of  $\delta$ -endotoxin by *Bacillus thuringiensis* as a function of glucose concentration. *Appl Microbiol.* **1973**, *25*, 644–646.
12. Avignone, R.C.; Arcas, J.M.C. *Bacillus thuringiensis*, sporulation and  $\delta$ -endotoxin production in oxygen limited and nonlimited culture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* **1997**, *8*, 301–304.
13. Satinder, K.; Brar, M.; Verma, R.D.; Tyagi, J.R.; Valero, R.Y.; Surampali, R.Y. Efficient centrifugal recovery of *Bacillus thuringiensis* biopesticides from fermented wastewater and wastewater sludge. *Water Res.* **2009**, *40*, 1310–1320.
14. Khanh, D.V.; Rajeshwar, D.T.; José, R.V.; Rao, Y.; Surampalli, R.Y. Bath and fed-bath fermentation of *Bacillus thuringiensis* using starch industry wastewater as fermentation substrate. *Bioprocess Biosyst. Eng.* **2009**, *33(6)*, 691–700.
15. Khanh, D.V.; Tyagi, R.D.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y. Impact of different pH control agents on biopesticidal activity of *Bacillus thuringiensis* during the fermentation on starch industry wastewater. *Bioprocess Biosyst. Eng.* **2009**, *32*, 511–519.

16. Khanh, D.V.; Tyagi, R.D.; Brar, S.K.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y. Starch industry wastewater for production of biopesticides – ramifications of solids concentrations. *Environ. Technol.* **2009**, *3*(4), 393–405.
17. Khanh, D.V.; Tyagi, R.D.; Brar, S.K.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y. Induced production of chitin to enhance entomotoxicity of *Bacillus thuringiensis* employing starch industry wastewater as substrate. *Bioresour. Technol.* **2009**, *100*, 5260–5269.
18. Yezza, A.; Tyagi, R.D.; Valero, J.R.; Surampali, R.Y.; Smith, J. Scale – up biopesticide production processes using wastewater sludge as a raw material. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* **2004**, *31*, 545–552.
19. Mohammedi, S.; Bala Subramanian, S.; Yan, S.; Tyagi, R.D.; Valero, J.R. Molecular screening of *Bacillus thuringiensis* strains from wastewater sludge for biopesticide production. *Process Biochem.* **2006**, *41*, 829–835.
20. Anh, Đ.T.M.; Chính, T.T.; Khanh, N.H. Ảnh hưởng của một số yếu tố lên sinh trưởng của *Bacillus thuringiensis* trong môi trường sử dụng bùn hoạt tính của nhà máy bia. *Tap chí Khoa học và Công nghệ* 2014.
21. Chinh, T.T.; Hoa, N.T.; Anh, D.T.M.; Khanh, N.H.; Binh, N.D. Wastewater sludge of brewing wastewater treatment system as a new medium for biopesticide *Bacillus thuringiensis*. Báo cáo Khoa học hội thảo VAST–BAS lần thứ nhất về Khoa học và Công nghệ, 2014, pp. 557–564.
22. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. *Anal. Biochem.* **1976**, *72*, 248–254.

## Effect of environmental factors on growth of *Bacillus thuringiensis* in medium using activated sludge of beer wastewater

Ta Thu Hang<sup>1</sup>, Dang Thi Mai Anh<sup>2\*</sup>, Nguyen Minh Thu<sup>2</sup>, Tang Thi Chinh<sup>2</sup>, Phung Thi Thu Trang<sup>1</sup>, Ngo Kim Anh<sup>1</sup>, Do Thi Thanh Binh<sup>1</sup>, Vu Van Dam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology, and Climate change; tathuhang311@gmail.com; phungtrang80@gmail.com; kimanhhn2422gmail.com; tbinh2009@gmail.com; vuvandam@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology; maianh058@gmail.com; minhthuiet@gmail.com; tangthichinh@gmail.com

**Abstract:** This paper mentions the influence of some factors concluding pH; sludge concentration; aeration; and fermentation on the growth of *B. thuringiensis* (Bt) via culturing environment, which is used activated sludge for brewery wastewater. Moreover, *B. thuringiensis* (Bt) can be grown at pH 6–8 and made the highest delta-endotoxin about 617.67 mg/l with pH 7 and 20–25 g/l of sludge concentration. Furthermore, *B. thuringiensis* (Bt) gained the best growth, maximum cell density with  $2.9 \times 10^8$  CFU/ml and 619.06 mg/l of delta-endotoxin concentration when it is cultured in conical flask environment with 2:10 (v/v) rate. In the culturing process, *B. thuringiensis* (Bt) is provided non-stop aeration because delta-endotoxin will be affected seriously in any stage if the aeration is not enough. When *B. thuringiensis* (Bt) is cultured in fermentating condition with pH = 7 and dissolved oxygen is 4mg/l, its toxicity is higher than as it is cultured in conical flask, and delta-endotoxin gains at 725.05 mg/l after 48h. Research results indicate that *B. thuringiensis* can be grown very well in activated sludge environment from beer wastewater and it has been potentiality for practical application.

**Keywords:** *B. thuringiensis*; Sludge; pH; Total solid concentration and the rate of medium.

Bài báo khoa học

## Đặc điểm phân bố mưa khi bão đổ bộ vào Việt Nam sử dụng số liệu vệ tinh GSMaP

Trần Minh Hiếu<sup>1</sup>, Vũ Thanh Hằng<sup>2\*</sup>, Phạm Thị Thanh Nga<sup>3</sup>, Phạm Thanh Hà<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Quân chủng Phòng không Không quân; tranminhhieu\_t59@hus.edu.vn

<sup>2</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; hangvt@vnu.edu.vn; phamthanhha5693@gmail.com

<sup>3</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; pttnga.monre@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: hangvt@vnu.edu.vn; Tel.: +84–903252170

Ban Biên tập nhận bài: 4/3/2023; Ngày phản biện xong: 14/4/2023; Ngày đăng bài: 25/4/2023

**Tóm tắt:** Số liệu mưa vệ tinh GSMaP được thu thập và phân tích cho 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam trong giai đoạn 2000 đến 2020 nhằm xem xét các đặc điểm phân bố mưa bão theo các vùng đổ bộ cũng như theo cường độ bão. Kết quả phân tích cho thấy cường độ mưa bão trung bình ở vùng 3 thường lớn hơn đặc biệt ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ và giá trị cực đại mưa nằm ở khoảng cách ~100km tính từ tâm bão. Cường độ mưa trung bình nhìn chung tỷ lệ thuận với cường độ bão và giá trị cực đại mưa tiến gần về phía tâm bão hơn khi bão đi vào đất liền. Phân bố của vùng mưa cực đại trong hầu hết các trường hợp chủ yếu tập trung ở phần phía trước và bên trái so với hướng di chuyển của bão, ngoại trừ những cơn bão đổ bộ ở vùng 4 và 5 có vùng mưa cực đại lệch sang phía bên phải theo hướng chuyển động.

**Từ khóa:** Phân bố mưa bão; Bão đổ bộ Việt Nam; Số liệu mưa vệ tinh GSMaP.

### 1. Giới thiệu

Việt Nam là một quốc gia có bờ biển trải dài từ bắc xuống nam, hàng năm thường xuyên chịu ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới và bão, hệ quả là các đợt mưa lớn kéo dài trên diện rộng dẫn đến các hiện tượng thiên tai nguy hiểm khác như lũ lụt, lũ quét, sạt lở đất... làm thiệt hại nặng nề cả về tính mạng lẫn tài sản của con người. Chính vì vậy, bài toán dự báo mưa nói chung, mưa lớn nói riêng và đặc điểm phân bố mưa khi có bão đổ bộ là vô cùng quan trọng, có ý nghĩa thực tiễn rất lớn và luôn là thách thức đối với các dự báo viên thời tiết.

Trên thế giới đã có nhiều nhà khoa học quan tâm đến vấn đề xem xét sự phân bố của mưa bão, đặc biệt trong những trường hợp khi bão đổ bộ cũng như xem xét mối quan hệ của nó với các nhân tố ảnh hưởng khác. Những nghiên cứu từ rất sớm phân tích dựa trên số liệu quan trắc mưa khi bão đổ bộ cũng đã chỉ ra rằng khu vực mưa lớn thường nằm ở phía bên phải của quỹ đạo bão khi bão tiến gần vào bờ [1–2]. Sự bất đối xứng của trường mưa về phía bên phải của quỹ đạo bão thường do hội tụ mực thấp đi kèm với sự tương phản ma sát bề mặt đất–biển [3]. Tuy nhiên một vài nghiên cứu từ số liệu quan trắc khác cho thấy cực đại mưa nằm về phía bên trái của quỹ đạo trong một số cơn bão đổ bộ, điều này có nghĩa là sự tương phản ma sát bề mặt đất–biển không phải là nhân tố luôn luôn ảnh hưởng đến sự bất đối xứng của trường mưa bão trong quá trình đổ bộ [4]. [5] đã sử dụng sản phẩm vệ tinh TRMM từ 1998 đến 2000 để xác định phân bố mưa trong 260 cơn bão trên các vùng đại

đương nhiệt đới toàn cầu. Tập số liệu của các cơn bão được phân chia theo 3 cấp ứng với 6 vùng biển gồm TS (gió cực đại < 33 m/s), CAT12 (gió từ 34–48 m/s), CAT35 (gió > 49 m/s). Kết quả cho thấy nhìn chung mưa lớn với cường độ  $R > 10$  mm/h chiếm khoảng 15% ở khu vực gần tâm bão nhưng đóng góp tới 50% vào tổng lượng mưa. Vị trí của cường độ mưa trung bình theo hướng phương vị cực đại có xu hướng dịch về vùng bán kính nhỏ hơn khi cường độ bão tăng lên. Những cơn bão ở vùng biển Ấn Độ Dương có cường độ mưa trung bình theo hướng phân vị là lớn nhất trong 6 vùng biển. Phân bố cường độ mưa trung bình ở vùng Đại Tây Dương và tây Thái Bình Dương là tương tự nhau trong khi những cơn bão ở phía đông và trung tâm Thái Bình Dương có cường độ mưa trung bình nhỏ nhất, nguyên nhân có thể do điều kiện nhiệt độ mặt nước biển lạnh ở khu vực này. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng giá trị cường độ mưa đối xứng trục lớn hơn 5mm/h thường nằm trong vòng bán kính 50 km tính từ tâm bão, sau đó giảm dần về giá trị 1mm/h ở bán kính khoảng 250 km. Trong nghiên cứu khác, [6] đã chỉ ra rằng tính bất đối xứng của mưa bão liên quan đến độ đứt gió thẳng đứng môi trường và tính bất đối xứng này bị ảnh hưởng đáng kể khi độ đứt gió thẳng đứng lớn hơn 5 m/s. Rất nhiều các nghiên cứu khác [7–9] cũng đã chỉ ra tính bất đối xứng của trường mưa khi bão đổ bộ còn bị ảnh hưởng đáng kể bởi chuyển động bão và tính bất đồng nhất của bề mặt. Gần đây, nghiên cứu của [10] đã phân tích sự phân bố đối xứng và bất đối xứng của mưa trong 133 trường hợp bão đổ bộ vào Trung Quốc sử dụng số liệu vệ tinh TRMM 3B42 từ năm 2001 đến 2015. Số liệu tái phân tích trường gió ngang của NCAR/NCEP cũng được sử dụng để xem xét mức độ ảnh hưởng của độ đứt gió thẳng đứng qui mô lớn đến sự phân bố mưa bão. Kết quả phân tích đã chỉ ra rằng tính đối xứng của trường mưa có quan hệ chặt chẽ với cường độ bão, có nghĩa là những cơn bão mạnh hơn sẽ có các đặc trưng lớn hơn gồm cường độ mưa trung bình, cường độ mưa đối xứng cực đại trung bình, tổng lượng mưa trung bình, diện tích vùng mưa trung bình, tỷ lệ của thành phần đối xứng so với tổng lượng mưa. Mức độ ảnh hưởng của cường độ bão thường tập trung trong khoảng thời gian trước 24h và sau 24h tính ở thời điểm đổ bộ. Tuy nhiên, một số đặc trưng cực đại như cường độ mưa, diện tích vùng mưa, tổng lượng mưa lại không thể hiện mối quan hệ chặt chẽ với cường độ bão. Điều này cho thấy sự ảnh hưởng của một vài nhân tố khác như độ đứt gió thẳng đứng của môi trường, sự tương tác với các hệ thống thời tiết qui mô lớn hoặc địa hình. Các nhân tố này ảnh hưởng đến vùng mưa bất đối xứng cực đại của các cơn bão trong quá trình đổ bộ. Trong trường hợp độ đứt gió thẳng đứng yếu (< 5m/s) thì độ tương phản đất–biển là nhân tố ảnh hưởng đến sự phân bố bất đối xứng của trường mưa khi bão đổ bộ.

Ở Việt Nam, những nghiên cứu liên quan đến đặc điểm mưa bão, đặc biệt trong trường hợp khi bão đổ bộ vẫn còn là một khoảng trống cần nghiên cứu. Nghiên cứu của [11] về đặc điểm khí hậu của mưa bão sử dụng số liệu lượng mưa ngày của 15 trạm khí tượng ở vùng duyên hải Việt Nam trong giai đoạn 1961–2008 cho thấy mưa bão cực đại xảy ra từ tháng 7 đến tháng 9 ở khu vực phía bắc trong khi ở miền Trung thường đạt cực đại vào tháng 10–11. Riêng các trạm ở khu vực phía nam thì lượng mưa tổng cộng nhìn chung không có sự đóng góp của mưa bão. Bên cạnh đó, trong những năm El Niño (La Niña) thì cường độ mưa bão và cường độ của những ngày mưa lớn ở khu vực miền Trung giảm (tăng) đáng kể vào tháng 10–11. Các nghiên cứu khác đã thực hiện ở trong nước có sử dụng dữ liệu viễn thám chủ yếu là sử dụng vệ tinh địa tĩnh và radar mặt đất và hầu như mới dừng ở việc phát hiện mây, mưa và các hiện tượng như dông, lốc, chứ chưa có nghiên cứu nào về cấu trúc các hệ thống gây mưa hoặc phân bố mưa nói chung, đặc biệt là mưa do bão. Điển hình như: [12] đã thử nghiệm sử dụng ảnh mây vệ tinh địa tĩnh GMS–5 trong ước tính khả năng gây mưa cho một khu vực từ các kênh ảnh hồng ngoại; [13] nghiên cứu xây dựng quy trình nhận biết và theo dõi các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như tố, lốc, mưa đá, mưa lớn cục bộ bằng hệ thống radar thời tiết ở Việt Trì, Phù Lỗ và Vinh; [14] đã thử nghiệm sử dụng dữ liệu radar thời tiết ở Tam Kỳ và Nha Trang để xây dựng các chỉ tiêu cảnh báo mưa và nhận biết dông dựa vào độ phản hồi cho khu vực trung Trung Bộ. Các

radar thời tiết sử dụng ở các cơ quan nghiệp vụ mới chủ yếu để xác định vị trí tâm bão, đánh giá về khả năng mưa đi kèm bão theo phương pháp trực quan. Những quan trắc bằng radar mặt đất bị hạn chế bởi tầm quét, nên chỉ quan trắc được bão khi đã vào trong khoảng cách 200–300 km, như vậy sẽ hạn chế việc theo dõi sự thay đổi cấu trúc trường mưa bão trong quá trình di chuyển của bão. Gần đây, nghiên cứu của [15] đã đánh giá ước lượng mưa của GSMaP\_NOW, GSMaP\_MVK và Himawari-8 so với giá trị quan trắc tại 184 trạm synop ở Việt Nam từ tháng 10/2019 đến tháng 1/2020. Kết quả đánh giá cho thấy ước lượng mưa vệ tinh đều có tương quan dương với số liệu mưa quan trắc trong đó GSMaP\_MVK có tương quan cao nhất và sai số RMSE nhỏ nhất. Ước lượng mưa từ GSMaP\_NOW có RMSE, hệ số tương quan, chỉ số FAR tốt hơn so với ước lượng mưa từ Himawari-8. Sản phẩm từ Himawari-8 thường thiên cao đối với mưa lớn do đó có chỉ số BIAS khá lớn. Nguyên nhân là do nhiệt độ đỉnh mây trong các hệ thống mây cho mưa khá nhỏ.

Chính vì vậy, nghiên cứu này tập trung vào việc khai thác nguồn số liệu mưa vệ tinh GSMaP để phân tích đặc điểm phân bố của mưa bão trong quá trình bão đổ bộ vào Việt Nam. Nghiên cứu được thực hiện cho 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam trong giai đoạn từ năm 2000 đến 2020. Mục 2 sẽ trình bày về nguồn số liệu và phương pháp nghiên cứu. Các kết quả nhận được và phần thảo luận sẽ được đề cập ở mục tiếp theo.

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

### 2.1. Số liệu GSMaP

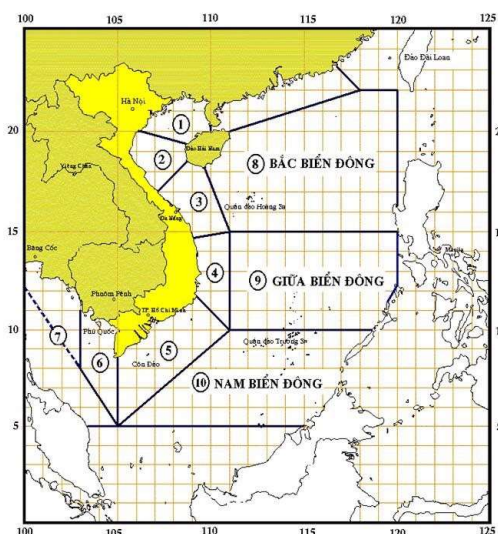
Sản phẩm mưa vệ tinh độ phân giải cao được sử dụng có tên gọi là GSMaP (*Global Satellite Mapping Precipitation*). Trung tâm Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (*JSTA – Japan Science and Technology Agency*) đã bắt đầu thiết lập cơ sở dữ liệu GSMaP từ năm 2002 và sau đó đến năm 2007 được đẩy mạnh bởi Trung tâm Nghiên cứu Vũ trụ Nhật Bản (*JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency*) và nhóm các nhà khoa học thực hiện Nhiệm vụ Đo đạc mưa (*PMM – Precipitation Measuring Mission*) để tạo ra sản phẩm mưa toàn cầu với độ phân giải cao theo không gian và theo thời gian [16]. GSMaP bao phủ trên phạm vi từ 60°N đến 60°S với độ phân giải theo phương ngang là 0,1 độ (3600×1200 pixels) và độ phân giải thời gian là 1 giờ. Số liệu mưa vệ tinh GSMaP có thể tải miễn phí từ website của Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái Đất (EORC)/ Cơ quan Thám hiểm Hàng không Nhật Bản (JAXA): <http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>.

### 2.2. Số liệu bão và chia nhóm số liệu bão

Bộ số liệu quan trắc 71 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam từ năm 2000 đến 2020 được thu thập từ nguồn cơ sở dữ liệu của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản JMA (*Japan Meteorology Agency*) có độ phân giải theo thời gian là 3 giờ trong đó bao gồm thông tin về số cơn bão, tên quốc tế ghi nhận, thời gian bắt đầu và kết thúc hoạt động của cơn bão.

Nhằm mục đích xem xét sự khác biệt về phân bố mưa bão một cách chi tiết, tập số liệu bão được chia nhóm theo vùng đổ bộ vào Việt Nam (Hình 1) và theo cường độ bão như sau:

+ Theo vùng đổ bộ gồm có 5 vùng: vùng 1 (> 20N); vùng 2 (17N–20N); vùng 3



**Hình 1.** Phân vùng đổ bộ của bão vào Việt Nam (từ vùng 1 đến vùng 5) [17].



(14,7N–17N); vùng 4 (11,9N–14,7N); vùng 5 (8,5N–11,9N).

+ Theo cường độ bão (tốc độ gió 10 m cực đại) gồm có 3 cấp: TC8–9 (62–88 km/h); TC10–11 (89–117 km/h); TC12 ( $\geq 118$  km/h).

Danh sách các cơn bão và phân nhóm được liệt kê chi tiết ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Danh sách 71 cơn bão trong giai đoạn 2000–2020 và phân nhóm.

Năm	STT	Tên bão	Phân vùng	Phân cấp	Năm	STT	Tên bão	Phân vùng	Phân cấp
2000	1	KAEMI	3	TC8–9	2013	36	BEBINCA	1	TC8–9
	2	WUKONG	2	TC12		37	JEBI	1	TC10–11
2001	3	DURIAN	1	TC10–11	2014	38	MANGKHUT	2	TC8–9
	4	USAGI	2	TC8–9		39	WUTIP	2	TC12
2003	5	LINGLING	4	TC10–11	2015	40	NARI	3	TC12
	6	IMBUDO	1	TC10–11		41	HAIYAN	1	TC12
2004	7	GONI	2	TC10–11	2016	42	RAMMASUN	1	TC12
	8	KROVANH	1	TC12		43	KALMAEGI	1	TC12
2005	9	CHANTHU	4	TC10–11	2017	44	SINLAKU	4	TC8–9
	10	WASHI	1	TC8–9		45	KUJIRA	1	TC8–9
2006	11	VICENTE	2	TC8–9	2018	46	VAMCO	3	TC8–9
	12	DAMREY	2	TC12		47	MIRINAE	1	TC10–11
2007	13	XANGSANE	3	TC12	2019	48	DIANMU	1	TC8–9
	14	DURIAN	5	TC12		49	RAI	3	TC8–9
2008	15	TORAJI	1	TC8–9	2020	50	TALAS	2	TC10–11
	16	FRANCISCO	1	TC8–9		51	SONCA	2	TC8–9
2009	17	LEKIMA	2	TC10–11	2010	52	DOKSURI	2	TC12
	18	PEIPAH	5	TC12		53	DAMREY	4	TC12
2010	19	KAMMURI	1	TC10–11	2011	54	TINO	4	TC8–9
	20	HAGUPIT	1	TC12		55	SONTINH	2	TC8–9
2011	21	MEKHALA	2	TC8–9	2012	56	BEBINCA	2	TC8–9
	22	NOUL	4	TC8–9		57	USAGI	5	TC10–11
2012	23	SOUDELOR	1	TC8–9	2013	58	TORAJI	5	TC8–9
	24	MUJIGAE	2	TC8–9		59	MUN	1	TC8–9
2013	25	KETSANA	3	TC12	2014	60	WIPHA	2	TC8–9
	26	MIRINAE	4	TC12		61	PODUL	2	TC8–9
2014	27	CONSON	1	TC12	2015	62	MATMO	4	TC8–9
	28	MINDULLE	2	TC8–9		63	NAKRI	4	TC12
2015	29	HAIMA	1	TC8–9	2016	64	SINLAKU	2	TC8–9
	30	NOCK–TEN	2	TC10–11		65	LEON	3	TC8–9
2016	31	NESAT	1	TC12	2017	66	LINFA	3	TC8–9
	32	PAKHAR	5	TC10–11		67	NIKA	1	TC8–9
2017	33	KAITAK	1	TC12	2018	68	MOLAVE	3	TC12
	34	GAEMI	4	TC10–11		69	GONI	4	TC12
2018	35	SONTINH	1	TC12	2019	70	ETAU	4	TC8–9
						71	VAMCO	2	TC12

### 2.3. Phương pháp phân tích mưa

Trong hầu hết các nghiên cứu về phân tích phân bố mưa bão, khai triển Fourier thường được sử dụng để tính các thành phần mưa trong một cơn bão ứng với số sóng 0 (WN–0) và các số sóng cao hơn (Ví dụ số sóng từ 1–4). Thành phần mưa đối xứng trục là cường độ mưa trung bình theo hướng phân vị (WN–0), đây là một hàm khoảng cách theo hướng bán kính dạng vành khuyên rộng 10km tính từ tâm bão. Các thành phần mưa bất đối xứng được

phân tích từ số liệu cường độ mưa ở vùng vành khuyên rộng 10km tính từ tâm bão đến bán kính 500km. Trước tiên, các hệ số Fourier của WN-1 được tính như sau [18]:

$$a_1 = \sum_i [R_i \cos(\theta_i)]$$

$$b_1 = \sum_i [R_i \sin(\theta_i)]$$
(1)

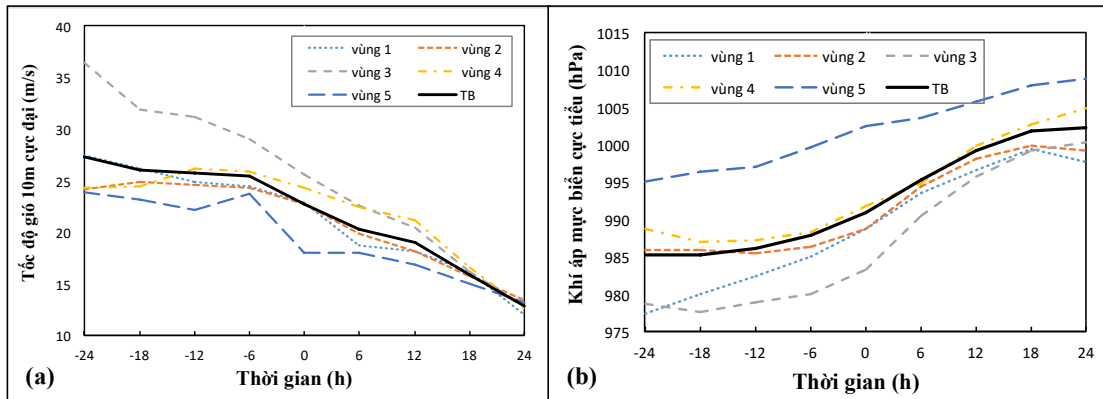
Trong đó  $R_i$  là cường độ mưa riêng lẻ thứ  $i$ ,  $\theta_i$  là góc pha tương ứng với chuyển động bão. Thành phần mưa bất đối xứng của WN-1 có thể được biểu diễn như sau:

$$M_1 = [a_1 \cos(\theta) + b_1 \sin(\theta)] / R$$
(2)

Tương tự, các thành phần mưa bất đối xứng của WN2-4 cũng được xác định.

### 3. Kết quả và thảo luận

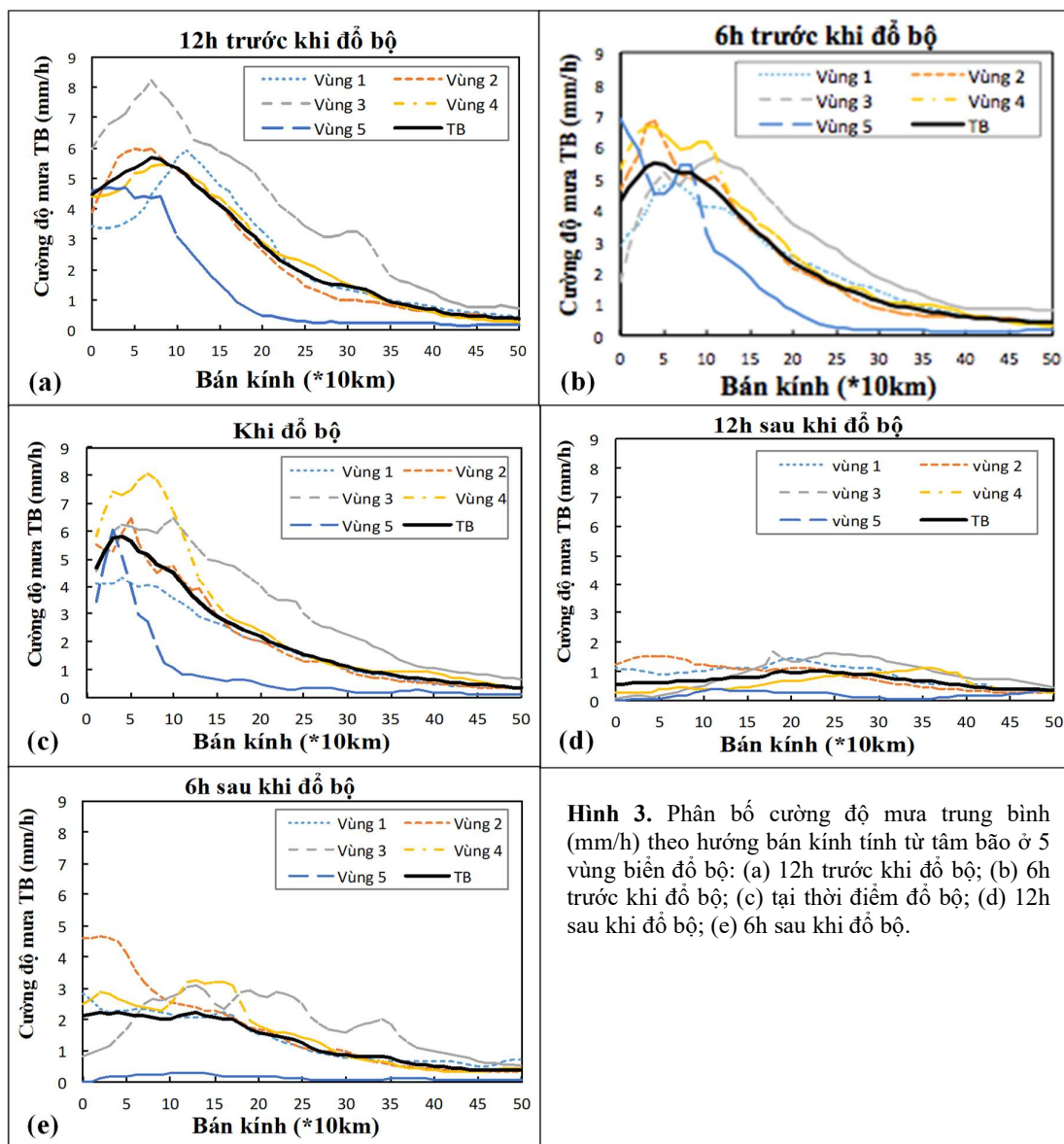
Hình 2 biểu diễn sự thay đổi của tốc độ gió 10 m cực đại và khí áp mực biển cực tiểu ở tâm bão trong khoảng thời gian từ trước 24h và sau 24h tính từ thời điểm bão đổ bộ ở 5 vùng biển đổ bộ vào Việt Nam. Từ hình vẽ nhận thấy trong khoảng thời gian 24h trước khi đổ bộ tốc độ gió cực đại được duy trì khá ổn định ngoại trừ ở vùng 3 có sự giảm dần theo thời gian. Vùng 3 cũng là khu vực tập trung các cơn bão mạnh, tốc độ gió cực đại thường lớn hơn các vùng còn lại, sự khác biệt này là đáng kể ở thời điểm trước 24h khi bão đổ bộ (có thể trên 35 m/s). Sau khi bão đổ bộ vào bờ, do ma sát với đất liền mà tốc độ gió cực đại suy giảm rất nhanh theo thời gian và sự khác biệt giữa các vùng là không lớn. Ở thời điểm 24h sau khi bão đổ bộ, tốc độ gió cực đại ở tất cả các vùng chỉ đạt giá trị khoảng 12 m/s. Trong 5 vùng đổ bộ thì các cơn bão đổ bộ vào vùng biển 5 có tốc độ gió cực đại là yếu nhất, điều này hoàn toàn hợp lý vì những cơn bão đổ bộ ở vùng này là những cơn bão yếu cuối mùa.



**Hình 2.** Biến đổi của tốc độ gió cực đại (m/s) (a) và khí áp mực biển cực tiểu (hPa) (b) theo từng 6h một trước và sau 24h tính từ khi bão đổ bộ (0h) ở 5 vùng biển đổ bộ.

Biến đổi của khí áp cực tiểu ở tâm cũng có sự phù hợp với tốc độ gió cực đại, vùng 3 là nơi có giá trị khí áp cực tiểu thấp nhất và vùng 5 là nơi có giá trị khí áp cực tiểu cao nhất. Trong khoảng thời gian 24h trước khi đổ bộ thì vùng 1 có giá trị  $p_{min}$  nhỏ hơn rõ rệt so với vùng 2 và 4 nhưng sau khi bão đổ bộ vào bờ thì sự khác biệt này không còn thể hiện rõ nữa.

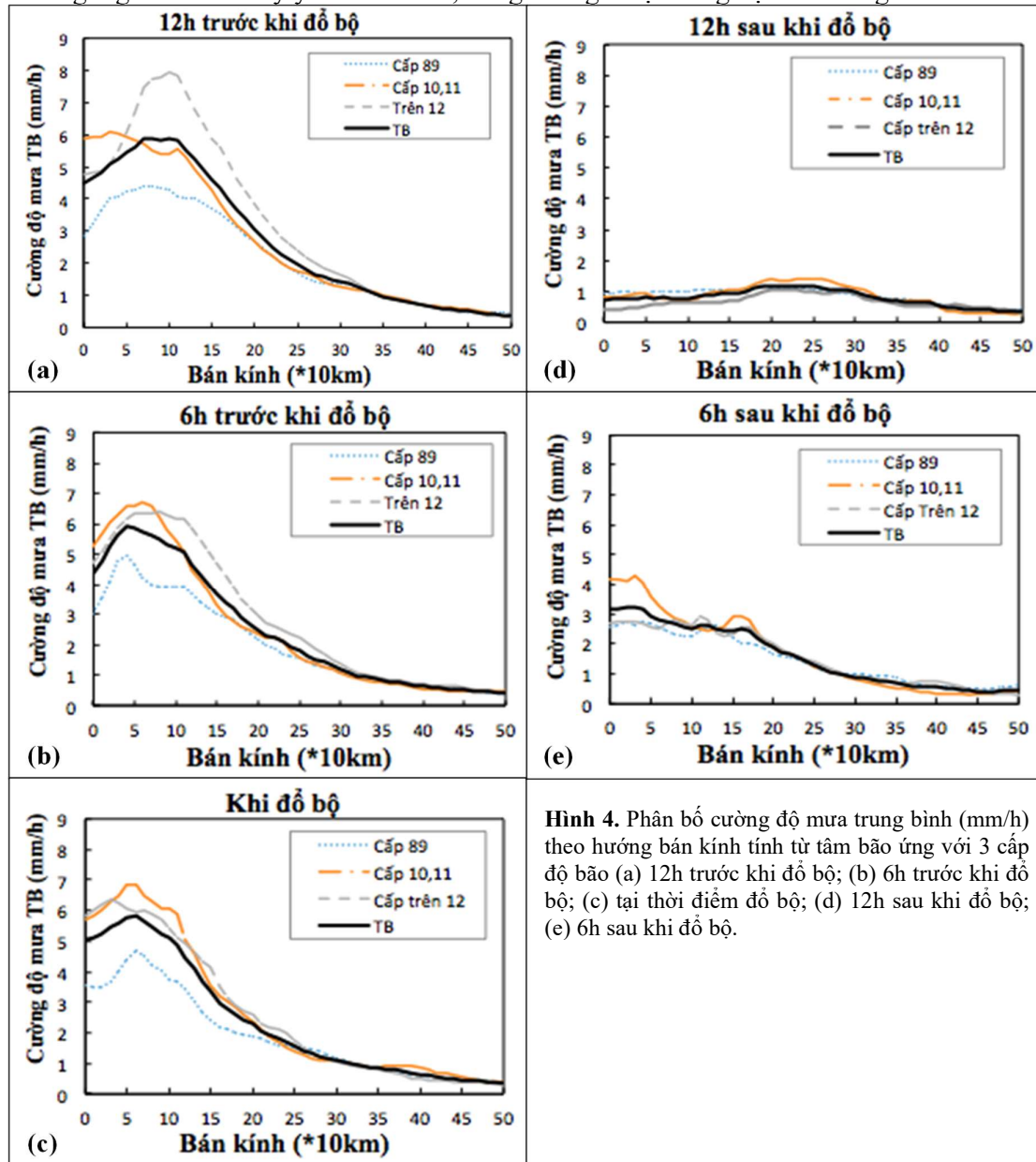
Hình 3 là phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) lấy theo hướng bán kính tính từ tâm bão đến khoảng cách 500 km ở 5 vùng biển đổ bộ tại các khoảng thời gian trước và sau khi bão đổ bộ. Khoảng cách 500km đã được nhiều tác giả chỉ ra rằng đây là phạm vi chính chịu ảnh hưởng của mưa bão [10, 19]. Từ hình vẽ nhận thấy ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ vùng 3 có cường độ mưa trung bình lớn nhất (trên 8mm/h) và nằm ở bán kính khoảng 60–70 km tính từ tâm bão, giá trị này đều lớn nhất ở tất cả các khoảng cách so với các vùng đổ bộ khác. Giá trị cực đại cường độ mưa trung bình của các vùng còn lại đạt khoảng 5–6 mm/h và thường nằm trong vùng bán kính từ 50–100 km, riêng vùng 1 có giá trị cực đại nằm cách xa tâm hơn khoảng 120 km. Vùng 5 có cường độ mưa trung bình nhỏ nhất và giảm nhanh khi đi ra ngoài bán kính 100 km, đến khoảng 200 km thì gần như không còn sự ảnh hưởng của mưa bão. Tại thời điểm 6h trước khi bão đổ bộ (Hình 3b) nhận thấy giá trị cường độ mưa cực đại trung bình ở vùng 3 giảm đi chỉ đạt khoảng 6 mm/h và ở vị trí khoảng cách trên 100 km, vùng 2 và 4 có giá trị cường độ mưa cực đại lớn hơn (~7mm/h) và nằm ở vị trí gần tâm bão hơn (~50km), vùng 1 có giá trị cường độ mưa trung bình cực



**Hình 3.** Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) theo hướng bán kính tính từ tâm bão ở 5 vùng biển đổ bộ: (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 12h sau khi đổ bộ; (e) 6h sau khi đổ bộ.

đại là nhỏ nhất (~5mm/h) nằm ở khoảng cách từ 50–100 km tính từ tâm bão. Trong khoảng bán kính 100 km tính từ tâm bão thì giá trị cường độ mưa cực đại trung bình ở vùng 5 có sự thay đổi nhiều nhất, giá trị khá lớn (~7mm/h) khi ở sát vùng tâm bão sau đó giảm dần đến

khoảng cách 50 km rồi lại tăng lên ~5,5mm/h ở khoảng cách 80–100 km rồi giảm rất nhanh xuống giá trị ~1mm/h ở khoảng cách 200km tính từ tâm bão. Tại thời điểm bão đổ bộ vào bờ (Hình 3c) thì giá trị cường độ mưa trung bình cực đại ở vùng 4 là mạnh nhất (~8mm/h) ở khoảng 100km nhưng sau đó giảm nhanh theo hướng bán kính. Giá trị cường độ mưa trung bình cực đại của vùng 2, 3, 5 là tương đương nhau ở thời điểm này (~6mm/h) trong đó vùng 2, 5 thì giá trị này nằm sát tâm bão hơn (~50–70km) còn vùng 3 xuất hiện ở khoảng cách xa tâm hơn (~110km). Giá trị cường độ mưa trung bình cực đại của vùng 1 là nhỏ nhất (~4mm/h) nhưng gần như ít suy giảm trong vòng bán kính 100 km tính từ tâm bão. Từ khoảng cách 150 km trở đi, giá trị cường độ mưa trung bình của vùng 3 luôn lớn hơn và giảm chậm hơn so với giá trị của các vùng còn lại. Sau khi đổ bộ 6h thì các cơn bão ở vùng 5 gần như đã suy yếu hoàn toàn, vùng 2 có giá trị cường độ mưa trung bình lớn nhất



**Hình 4.** Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) theo hướng bán kính tính từ tâm bão ứng với 3 cấp độ bão (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 12h sau khi đổ bộ; (e) 6h sau khi đổ bộ.

đạt ~5mm/h trong khoảng bán kính 50 km tính từ tâm bão, các vùng còn lại giá trị này dao động trong khoảng từ 2 đến 3 mm/h và ít thay đổi theo hướng bán kính trong phạm vi 200 km tính từ tâm bão. Tại thời điểm 12h sau khi bão đổ bộ (Hình 3d) thì giá trị cường độ mưa

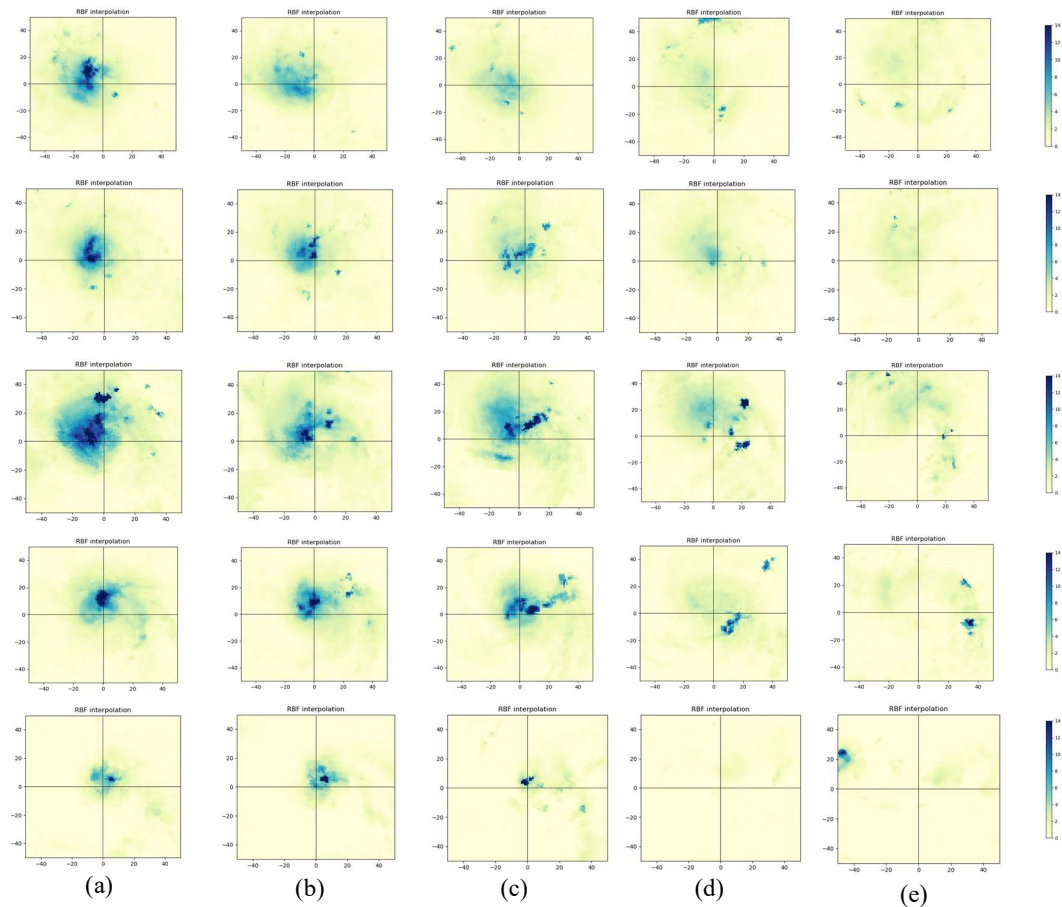
trung bình rất nhỏ (dưới 2 mm/h) và ít có sự khác biệt giữa các vùng cũng như theo khoảng cách tính từ tâm bão.

Trương tự như Hình 3 nhưng các kết quả được phân tích khi chia nhóm theo cường độ bão (Hình 4). Nhận định chung nhất tại tất cả các thời điểm có thể thấy sự thay đổi của giá trị cường độ mưa trung bình không có sự biến đổi phức tạp như khi phân chia theo vùng bão đồ bộ. Điều này cho thấy ảnh hưởng của các nhân tố địa lý bên ngoài có tác động đáng kể đến sự tăng hoặc giảm cường độ mưa cũng như vị trí xuất hiện của vùng mưa lớn. Tại thời điểm 12h trước khi bão đồ bộ, cường độ mưa trung bình của bão cấp trên 12 đạt giá trị lớn nhất khoảng 8 mm/h ở khoảng cách tầm 120 km tính từ tâm bão, bão cấp 10–11 có giá trị cường độ mưa trung bình khoảng 6 mm/h nhưng xuất hiện ở gần tâm hơn (~50km) còn bão yếu cấp 8–9 chỉ đạt giá trị cường độ mưa trung bình lớn nhất khoảng 4 mm/h nhưng duy trì giá trị này ở phạm vi rộng trong khoảng từ 50 đến 120 km. Thời điểm 6h trước khi bão đồ bộ thì cường độ mưa trung bình ở cấp bão 12 có xu hướng giảm đi nhưng ở cấp 8–9 và 10–11 lại có xu hướng tăng lên, vùng mưa lớn của bão trên cấp 12 vẫn nằm cách xa tâm bão hơn so với các trường hợp còn lại. Tại thời điểm đồ bộ, vùng mưa lớn có xu hướng gần tâm bão hơn nằm trong khoảng 50 đến 100 km ở tất cả các trường hợp trong đó ứng với cấp bão 10–11 thì giá trị cường độ mưa trung bình cực đại là lớn nhất. Ở thời điểm 6h sau khi bão đồ bộ, cường độ mưa trung bình ở cấp bão 10–11 vẫn có giá trị lớn hơn trong phạm vi bán kính 100 km tính từ tâm bão. Sau 12h tính từ thời điểm bão đồ bộ thì giá trị cường độ mưa trung bình giảm mạnh chỉ còn khoảng 1mm/h, duy trì tương đối ổn định theo hướng bán kính và gần như không khác biệt theo cấp bão.

Hình 5 thể hiện phân bố cường độ mưa trung bình theo hướng bán kính tính từ tâm bão đến khoảng cách 500 km ở 5 vùng đồ bộ ứng với các thời điểm khác nhau. Trên hình vẽ tâm bão là vị trí ứng với điểm góc (0,0), theo trục 0x thì khoảng cách dương và về phía đông, khoảng cách âm là về phía tây và tương tự theo trục 0y thì khoảng cách dương là hướng về phía bắc và ngược lại là về phía nam. Tất cả các cơn bão khi đưa vào xem xét phân bố mưa đều được xoay hướng di chuyển trùng với hướng dương của trục 0y. Từ hình vẽ nhận thấy phân bố vùng mưa, đặc biệt là vùng mưa lớn nằm ở vị trí khác nhau đối với các cơn bão đồ bộ ở các vùng bờ biển khác nhau, đồng thời có sự thay đổi theo thời gian trong quá trình trước và sau khi bão đồ bộ vào đất liền. Ở vùng đồ bộ 1, 2 và 3 tại thời điểm 12h trước khi đồ bộ ta thấy vùng mưa lớn tập trung ở vị trí phía trước và lệch về bên trái so với hướng di chuyển của bão trong khi ở vùng 4 thì mưa lớn nằm ở phía trước nhưng phân bố cả về bên trái và phải của hướng dịch chuyển. Riêng ở vùng đồ bộ số 5, phân bố mưa lớn tại thời điểm 12h trước khi bão đồ bộ có xu hướng nằm ở phía trước và lệch về bên phải hướng chuyển động của bão. Phân bố mưa ở vùng 3 có cường độ mạnh nhất và diện mưa cũng rộng nhất so với các vùng còn lại, phạm vi ảnh hưởng của mưa lớn có thể đến khoảng cách 200–300 km tính từ tâm bão. Cường độ mưa trung bình ở vùng 5 là nhỏ nhất đồng thời diện mưa bão ảnh hưởng ở bán kính nhỏ hơn 100 km tính từ tâm bão. Tại thời điểm 6h trước khi đồ bộ cường độ mưa trung bình ở các vùng 1 và 3 có sự suy giảm rõ rệt nhất, vùng 2 và 4 mức độ giảm ít hơn còn vùng 5 thì có sự tăng cường nhẹ của lượng mưa. Tuy nhiên vị trí vùng mưa lớn về cơ bản không thay đổi nhiều so với tại thời điểm 12h trước đó. Vào thời điểm đồ bộ, mưa ở vùng 1 suy yếu nhanh và tập trung ở nửa bên trái so với hướng di chuyển, mưa ở vùng 2 chủ yếu ở nửa phía trước và bên trái trong khi mưa lớn ở vùng 3 và 4 lan sang cả khu vực phía trước và bên phải của cơn bão, riêng ở vùng 5 thì diện mưa đã thu hẹp lại nhiều và vùng mưa lớn chủ yếu ở phía trước theo hướng di chuyển của bão. Sau khi bão đồ bộ vào đất liền 6h thì mưa lớn chủ yếu chỉ còn duy trì ở vùng 3 và 4, vùng 5 gần như đã suy yếu hoàn toàn. Vị trí vùng mưa lớn ở vùng 3 tập trung ở nửa bên phải theo hướng di chuyển của bão và nằm cách xa tâm bão hơn so với các thời điểm trước đó, vị trí khu vực mưa lớn ở vùng 4 tập trung hầu hết ở nửa phải, phía sau của hướng bão di chuyển và ở khoảng bán kính từ 100 đến 200 km tính từ tâm bão. Vào thời điểm 12h sau khi bão đồ

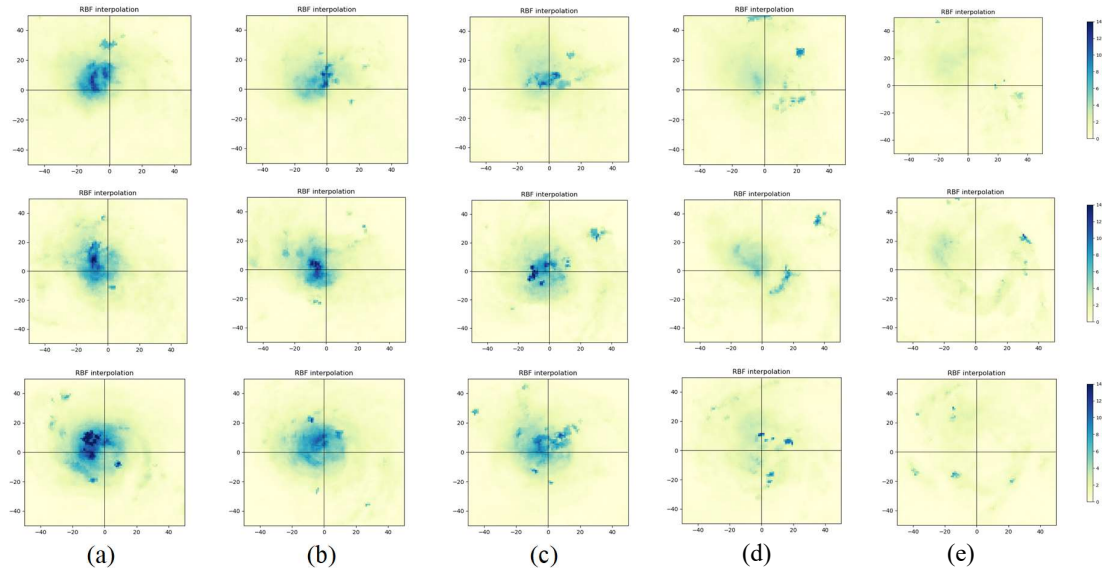


bộ thì mưa bão gần như không còn ảnh hưởng rõ rệt nữa, riêng ở vùng 4 và vùng 5 có xuất hiện một tâm mưa lớn nhưng ở khoảng cách khá xa so với tâm bão (~400km).



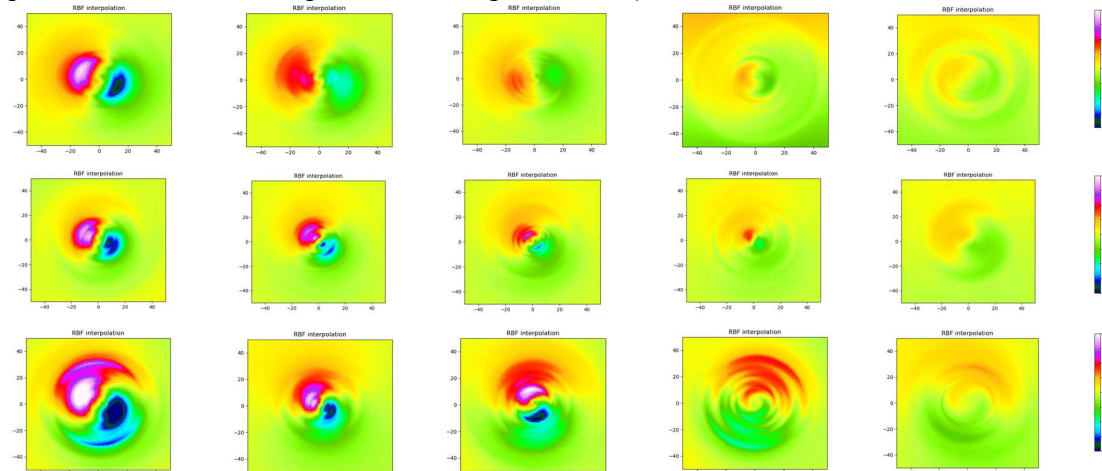
**Hình 5.** Phân bố cường độ mưa trung bình (mm/h) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở vùng 1 đến 5 (theo thứ tự từ trên xuống dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

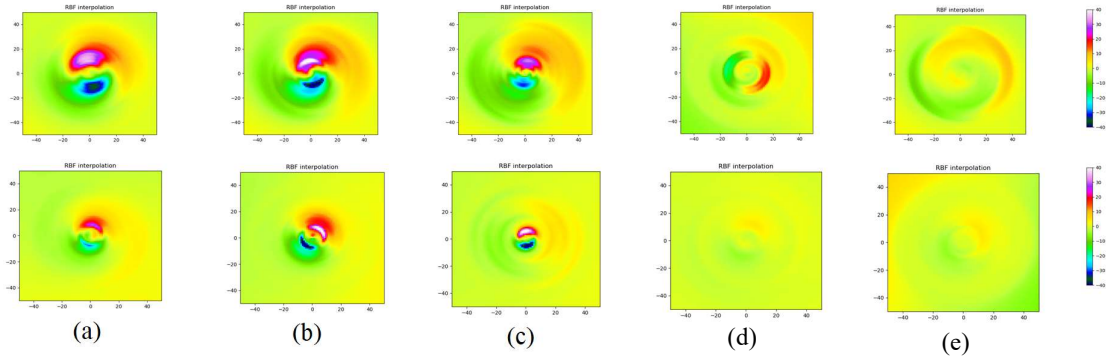
Hình 6 cũng xem xét đặc điểm phân bố mưa theo hướng bán kính tính từ tâm bão tương tự như hình 5 nhưng phân loại theo 3 nhóm cường độ bão. Theo cách phân chia này nhận thấy ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ khu vực mưa lớn nằm tập trung ở cung phần tư phía trước, bên trái theo hướng di chuyển của cơn bão. Đến thời điểm 6h trước khi bão tiến vào đất liền thì vùng mưa lớn có xu hướng ở phía trước nhưng lệch sang cả phần bên phải ở nhóm bão cấp 8-9, ở phía bên trái nhưng phân bố cả ở phía trước và phía sau ở nhóm bão cấp 10-11, ít thay đổi về phân bố vùng mưa mà chỉ suy giảm cường độ mưa ở nhóm bão cấp 12. Phân bố này khá tương đồng ở thời điểm khi bão đổ bộ vào bờ, tuy nhiên tại thời điểm này cường độ mưa trung bình ở nhóm bão cấp 10-11 còn lớn hơn cả nhóm bão cấp 12. Điều này cho thấy khi còn ở trên biển thì cường độ bão lớn thường tạo ra những vùng mưa có cường độ lớn tương ứng nhưng khi bão đi vào đất liền thì tác nhân bề mặt đệm (chẳng hạn như ảnh hưởng của địa hình,...) có thể là một trong những nhân tố làm tăng cường lượng mưa ngay cả khi cường độ bão yếu hơn do bị suy giảm nguồn cung cấp ẩm và ma sát với đất liền. Sau khi bão đổ bộ ở thời điểm sau 6h và 12h thì cường độ mưa bão suy giảm rõ rệt và phân bố vùng mưa cũng không còn thể hiện rõ.



**Hình 6.** Phân bố cường độ mưa (mm/h) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở 3 cấp bão 8–9 (trên), 10–11 (giữa), 12 (dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

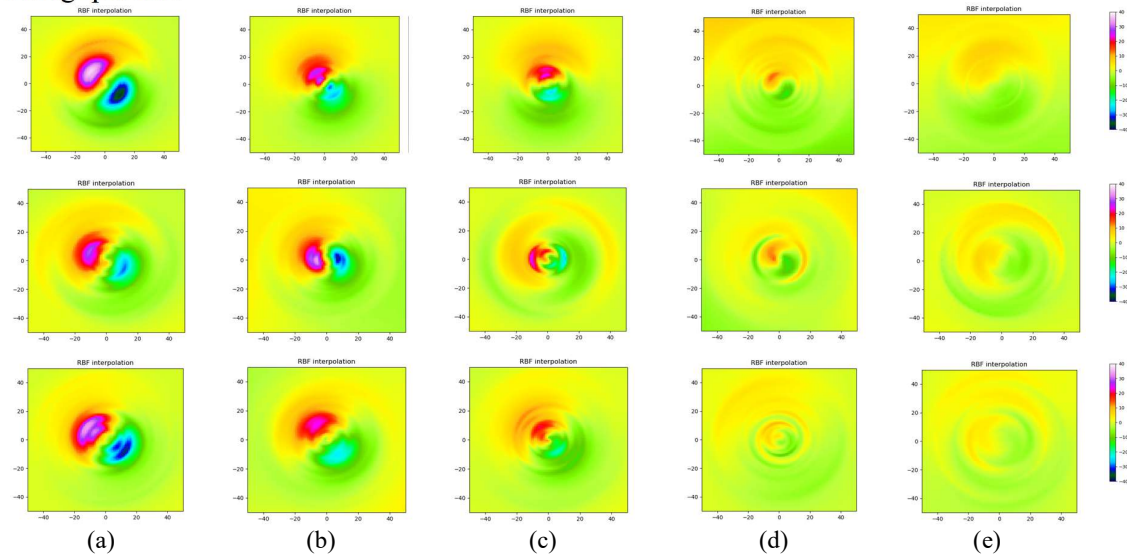
Hình 7 là kết quả phân tích thành phần mưa bất đối xứng theo Fourier từ số sóng thứ nhất WN-1 (như đã trình bày ở mục 2.3). Từ hình vẽ nhận thấy ứng với mỗi một vòng tròn bán kính tính từ tâm bão có thể nhận diện được vùng mưa cực đại (vùng giá trị dương) và vùng mưa cực tiểu (vùng giá trị âm). Vị trí tâm bão và hướng di chuyển của bão cũng được qui định như ở Hình 5. Tại thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ, phân bố vùng mưa tập trung của vùng 1, 2 và 3 có sự tương đồng, chủ yếu ở phía trước và bên trái của cơn bão trong khi phân bố của vùng 4 và 5 nằm gần như hoàn toàn về phía trước và lan cả sang phần bên phải. Ở các lát cắt thời gian tiếp theo có thể thấy ở vùng 1 thì vùng mưa cực đại có sự dịch chuyển ngược chiều kim đồng hồ ở thời điểm đổ bộ, sự phân bố ở vùng 2 chỉ thu hẹp về diện tích và cường độ nhưng gần như rất ít thay đổi về vị trí vùng mưa cực đại. Riêng vùng 3 và 4 thì vị trí vùng mưa cực đại có sự thay đổi rõ rệt theo thời gian, xu hướng dịch chuyển vùng mưa xoay theo chiều kim đồng hồ, đặc biệt ở vùng 4 tại thời điểm 6h sau khi bão đổ bộ thì vùng mưa tập trung đã nằm ở hẳn vị trí bên phải, phía sau của cơn bão. Tại thời điểm 6h trước khi bão đổ bộ thì vùng mưa cực đại của vùng 5 cũng lệch về phía bên phải và ở phía trước cơn bão nhưng khi tại thời điểm đổ bộ thì mưa lớn tập trung ở phía trước và phân bố ở cả nửa trái và phải theo hướng bão di chuyển.





**Hình 7.** Thành phần mưa bất đối xứng WN-1 (mm) tính từ tâm bão đến bán kính 500km ở vùng 1 đến 5 (theo thứ tự từ trên xuống dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

Tương tự như Hình 7 khi phân chia theo nhóm cường độ bão ở Hình 8 ta nhận thấy thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ thì vùng mưa cực đại tập trung ở cung phần tư bên trái, phía trước của cơn bão ứng với tất cả các cấp độ bão. Ở các thời điểm tiếp theo, vùng mưa cực đại ứng với nhóm bão cấp 8-9 và cấp 12 có xu hướng quay theo chiều kim đồng hồ trong khi ứng với nhóm bão cấp 10-11 lại có xu hướng ngược lại nhưng sự thay đổi vị trí không quá lớn.



**Hình 8.** Thành phần mưa bất đối xứng WN-1 (mm) tính từ tâm bão đến bán kính 500 km ở 3 cấp bão 8-9 (trên), 10-11 (giữa), 12 (dưới): (a) 12h trước khi đổ bộ; (b) 6h trước khi đổ bộ; (c) tại thời điểm đổ bộ; (d) 6h sau khi đổ bộ; (e) 12h sau khi đổ bộ.

#### 4. Kết luận

Sau khi sử dụng bộ số liệu mưa vệ tinh GSMaP trong thời gian các cơn bão ảnh hưởng trực tiếp đến Việt Nam giai đoạn từ năm 2000 đến 2020 để phân tích sự phân bố của vùng mưa lớn trong bão có thể thấy những cơn bão đổ bộ ở vùng 3 có cường độ mưa trung bình nhìn chung là lớn nhất, đặc biệt ở thời điểm 12h trước khi bão đổ bộ và giá trị cực đại này nằm cách xa tâm bão hơn ở khoảng cách 100 km. Phạm vi ảnh hưởng của mưa bão đối với những cơn bão đổ bộ ở vùng 5 là hẹp nhất, thường chỉ giới hạn ở 100 đến 150 km trong suốt khoảng thời gian 12h trước và sau khi đi vào đất liền. Nhìn chung, cường độ mưa trung bình tỷ lệ thuận với cường độ bão, giá trị cực đại mưa tiến gần về phía tâm bão hơn trong khoảng thời gian bão đổ bộ. Phân bố của vùng mưa cực đại trong hầu hết các trường

hợp chủ yếu tập trung ở phần phía trước và bên trái so với hướng di chuyển của bão, ngoại trừ những cơn bão đổ bộ ở vùng 4 và 5 có vùng mưa cực đại lệch sang phía bên phải theo hướng chuyển động. Vị trí vùng mưa cực đại thay đổi rõ rệt ở vùng 1 và nhóm bão cấp 10–11 là xoay ngược chiều kim đồng hồ còn ở vùng 3, 4 và nhóm bão cấp 8–9, cấp 12 là xoay theo chiều kim đồng hồ trong khoảng thời gian từ 12h trước và sau khi bão đi vào đất liền.

Qua những phân tích trên có thể thấy cường độ mưa bão trung bình cũng như phân bố vùng mưa cực đại khác biệt rõ rệt ở các vùng đổ bộ của bão cũng như phụ thuộc vào cường độ bão. Điều đó có nghĩa là ảnh hưởng của bề mặt đệm cũng như các đặc điểm địa lý của vùng đổ bộ là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến đặc điểm phân bố mưa bão, đặc biệt ở những thời điểm gần với thời gian đổ bộ của bão. Những kết quả trên đây góp phần cung cấp thêm các thông tin hữu ích cho dự báo viên đưa ra dự báo cũng như cảnh báo về phạm vi ảnh hưởng của các vùng mưa lớn do bão. Nghiên cứu tiếp theo sẽ đi sâu vào phân tích ảnh hưởng của một số nhân tố bên ngoài như độ đứt gió thẳng đứng của môi trường, đường bờ biển, độ hội tụ ẩm mực thấp... đến sự phân bố bất đối xứng của trường mưa bão.

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

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả luận văn thạc sĩ: “Đặc điểm phân bố mưa khi bão đổ bộ vào Việt Nam sử dụng số liệu vệ tinh”. Nghiên cứu này cũng cảm ơn sự hỗ trợ về số liệu và ý tưởng nghiên cứu từ đề tài mã số ĐTĐL.CN–59/21.

**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. Miller, B.I. A study of the filling of Hurricane Donna (1960) over land. *Mon. Wea. Rev.* **1964**, 92, 389–406.
2. Powell, M.D. The transition of the Hurricane Frederic boundary–layer wind field from the open Gulf of Mexico to landfall. *Mon. Wea. Rev.* **1982**, 110, 1912–1932.
3. Dunn, G.E. and Miller, B.I. Atlantic Hurricane. Louisiana State University Press. 1960, pp. 377.
4. Blackwell, K.G. The evolution of Hurricane Danny (1997) at landfall: Doppler–observed eyewall replacement, vortex contraction/intensification, and low level wind maxima. *Mon. Wea. Rev.* **2000**, 128, 4002–4016.
5. Lonfat, M.; Marks Jr., F.D.; Chen, S.S. Precipitation distribution in tropical cyclones using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) microwave imager: a global perspective. *Mon. Wea. Rev.* **2004**, 132, 1645–1660.
6. Chen, S.; Knaff, J.A.; Marks, F.D. Effects of vertical wind shear and storm motion on tropical cyclone rainfall asymmetries deduced from TRMM. *Mon. Wea. Rev.* **2006**, 134, 3190–3208.
7. Lonfat, M.; Rogers, R.; Marchok, T.; and Marks Jr., F.D. A parametric model for predicting hurricane rainfall. *Mon. Wea. Rev.* **2007**, 135, 3086–3097.
8. Xu, W.; Jiang, H.; Kang, X. Rainfall asymmetries of tropical cyclones prior to, during, and after making landfall in South China and southeast United States. *Atmos. Res.* **2014**, 139, 18–26.
9. Meng, W.; Wang, Y. A diagnostic study on heavy rainfall induced by Typhoon Utor (2013) in South China: 1. Rainfall asymmetry at landfall. *J. Geophys. Res.* **2016**, 121, 12781–12802.
10. Yu, Z.; Wang, Y. Chapter 4. Rainfall distribution in landfalling tropical cyclones, Extreme Weather. IntechOpen, 2018, pp. 49–84.



11. Hoang Anh, N.T.; Matsumoto, J.; Thanh, N.D.; Endo, N. A Climatological study of tropical cyclone rainfall in Vietnam. *SOLA* **2012**, 8, 41–44.
12. Hiền, H.M.; Thu, N.V. Thử nghiệm sử dụng ảnh mây vệ tinh địa tĩnh GMS-5 trong đánh giá mưa. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2000**, 479, 30–35.
13. Sơn, T.D. Nghiên cứu xây dựng quy trình theo dõi các hiện tượng thời tiết nguy hiểm: tố, lốc, mưa đá, mưa lớn cục bộ bằng hệ thống radar thời tiết TRS–2730. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi Trường, 2009.
14. Thanh, N.T.T. Nghiên cứu thử nghiệm dự báo hạn cục ngắn mưa, dông. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi Trường, 2010.
15. Hung, M.K.; Saito, K.; Khiem, M.K.; Tien, D.D; Hung, N.V. Application of GSMaP satellite data in precipitation estimation and nowcasting: evaluations for October 2019 to January 2020 period for Vietnam. *VN. J. HydroMeteorol.* **2020**, 8, 80–94.
16. Ushio, T.; Sasashige, K.; Kubota, T.; Shige, S.; Okamoto, K.; Aonashi, K.; et al. A Kalman filter approach to the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) from combined passive microwave and infrared radiometric data. *J. Meteorolog. Soc. Jpn.* **2009**, 87A, 137–151.
17. Bộ Tài Nguyên và Môi trường. Số 2901/QĐ–BTNMT: Quyết định về việc công bố kết quả cập nhật phân vùng bão, xác định nguy cơ bão, nước dâng do bão và phân vùng gió cho các vùng ở sâu trong đất liền khi bão mạnh, siêu bão đổ bộ, 2016.
18. Boyd, J.P. Chebyshev and Fourier spectral methods. 2<sup>nd</sup> ed. NewYork: Dover. 2001, pp. 44.
19. Yu, Z.; Wang, Y.; Xu, H.; Yu, H. On the relationship between intensity and rainfall distribution in tropical cyclones making landfall over China. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* **2017**, 56, 2883–2901.

## **Characteristics of rainfall distribution induced by tropical cyclones making landfall over Vietnam using GSMaP satellite rainfall data**

**Tran Minh Hieu<sup>1</sup>, Vu Thanh Hang<sup>2\*</sup>, Pham Thi Thanh Nga<sup>3</sup>, Pham Thanh Ha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Air Defense – Air Force Service; tranminhhieu\_t59@hus.edu.vn

<sup>2</sup> VNU Hanoi University of Science; hangvt@vnu.edu.vn; phamthanhha5693@gmail.com

<sup>3</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; pttnga.monre@gmail.com

**Abstract:** GSMaP satellite rainfall data is collected and analyzed for 71 tropical cyclone (TC) cases directly affecting Vietnam during the period of (2000–2020) in order to examine the characteristics of TC rainfall distribution depending on landfall regions and TC intensities. The results show that the mean rain rate of landfall region No.3 is often greater than those of other regions especially at 12 hours prior to landfall and the extreme value is found around 100km from the TC center. Generally, the mean rain rates are proportional with TC intensities and the maximum values shift toward TC center during landfalling time. The extreme rainfall areas in almost cases are located in the left, front corner of TC motion direction and found in the right, front corner of TC motion direction in cases of TCs landfalling in regions No.4 and No.5.

**Keywords:** Tropical rainfall distribution; Tropical cyclones making landfall over Vietnam; GSMaP satellite rainfall data.



Bài báo khoa học

## Nghiên cứu hiệu chỉnh sản phẩm dự báo mưa hạn nội mùa cho khu vực Bắc Trung Bộ bằng phương pháp phân vị với xấp xỉ Gamma (QM-G)

Hoàng Thị Thu Hương<sup>1\*</sup>, Nguyễn Văn Lượng<sup>1</sup>, Phan Văn Vinh<sup>1</sup>, Phạm Thanh Hà<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ; hoanghuong.btb@gmail.com; Luongnvtv@gmail.com; Vinhpv@gmail.com

<sup>2</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội; phamthanhha5693@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: hoanghuong.btb@gmail.com; Tel: +84-945698793

Ban Biên tập nhận bài: 4/3/2023; Ngày phản biện xong: 15/4/2023; Ngày đăng bài: 25/5/2023

**Tóm tắt:** Khoảng thời gian từ 10 ngày đến 2 tháng (hạn nội mùa) có ý nghĩa quan trọng trong quản lý nguồn nước, điều tiết hồ chứa, cả thủy lợi và thủy điện, cũng như lập nông lịch ở khu vực Bắc Trung Bộ. Tuy nhiên, cũng không thể phủ nhận được thực tế rằng, ở Việt Nam nói chung và Bắc Trung Bộ nói riêng bài toán dự báo mưa hạn nội mùa chỉ mới được đặt những viên gạch đầu tiên, kỹ năng dự báo vẫn còn thấp. Để có thể ứng dụng vào thực tiễn đòi hỏi phải có nhiều hơn các thử nghiệm, các công trình nghiên cứu hoặc tìm ra các công cụ dự báo mạnh mẽ hơn. Nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu hiệu chỉnh dự báo mưa hạn nội mùa của mô ECMWF dựa trên phương pháp phân vị với xấp xỉ gamma (QM-G) cho độ phân giải thời gian 5 ngày với từng hạn dự báo (3–6 tuần). Nghiên cứu sử dụng hai bộ số liệu chính: bộ số liệu dự báo mưa hạn nội mùa của mô hình ECMWF cho 20 năm trong giai đoạn 2000–2019 và bộ số liệu mưa vệ tinh TRMM. Kết quả cho thấy: Sau khi hiệu chỉnh, các giá trị sai số như ME, MAE, RMSE giảm đi rõ rệt, đặc biệt là từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau. Riêng tháng 7–9, tuy sai số đã giảm so với trước hiệu chỉnh nhưng vẫn còn nhiều vùng (chủ yếu là phía Nam khu vực) vẫn còn tồn tại sai số lớn. Tuy nhiên, giá trị tương quan CORR sau hiệu chỉnh không cải thiện, thậm chí có tháng còn giảm so với trước khi hiệu chỉnh.

**Từ khóa:** Hạn nội mùa; Hiệu chỉnh sai số; ECMWF; QM-G; Bắc Trung Bộ.

### 1. Mở đầu

Hiện nay, Đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ đã thực hiện cung cấp các bản tin dự báo mưa cho các đơn vị liên quan chi tiết đến hàng ngày, 3–5–10 ngày. Ngoài ra, Đài còn cung cấp bản tin dự báo tháng, dự báo hạn mưa hạn mùa từ 3 đến 6 tháng. Tuy nhiên, công tác dự báo mưa hạn dự báo từ 10 ngày cho đến 2 tháng của Đài còn rất nhiều hạn chế. Bên cạnh đó, khoảng thời gian từ 10 ngày đến 2 tháng có ý nghĩa quan trọng quản lý nguồn nước, điều tiết hồ chứa, cả thủy lợi và thủy điện, cũng như lập nông lịch nhưng Đài chưa tập trung khai thác cũng như cung cấp được các thông tin dự báo được chi tiết đến từng độ phân giải thời gian và các hạn dự báo khác nhau. Hay nói cách khác, vấn đề dự báo mưa hạn nội mùa ở Đài khu vực Bắc Trung Bộ là mới và chưa được thực hiện trên phạm vi của Đài.

Trong những năm gần đây, những thông tin từ dự báo nội mùa đã được cung cấp từ nhiều trung tâm trên thế giới, như như hệ thống dự báo mùa CFS của NCEP (Hoa Kỳ), dự

báo mùa và nội mùa của Trung tâm dự báo hạn vừa châu Âu (ECMWF)... [1] đã nghiên cứu đánh giá kết quả dự báo mưa hạn nội mùa ở châu Phi bằng cách sử dụng các dự báo từ ba mô hình (ECMWF, UKMO và NCEP); [2] đã nghiên cứu dự báo mưa hạn nội mùa trên một số đại dương và đất liền ở vùng Nhiệt đới Châu Á từ mô hình CFSv2; [3] đã đánh giá kỹ năng dự báo mưa trong tháng từ hệ thống dự báo toàn cầu (EPS)... Tuy nhiên, sản phẩm của các mô hình này luôn tiềm ẩn sai số. Các sai số này ngoài sự không hoàn hảo của chính các mô hình còn có sự đóng góp của sai số từ điều kiện ban đầu và điều kiện biên. Vì tồn tại các sai số trong cả quá trình nên sản phẩm của các mô hình đều cần được hiệu chỉnh để nhận sản phẩm dự báo phù hợp với số liệu quan trắc. Nếu phương pháp hiệu chỉnh có hiệu quả có thể sử dụng sản phẩm dự báo cho các ứng dụng thực tiễn.

Về hiệu chỉnh mưa, phương pháp hiệu chỉnh phân vị (*QM – Quantile Mapping*) đã được áp dụng nhiều trong việc hiệu chỉnh sản phẩm mưa. Có thể kể đến một số nghiên cứu, [4] đã nghiên cứu khả năng hiệu chỉnh sai lệch của các phương pháp phân vị đối với các biến nhiệt độ và lượng mưa; [5–6] đã trình bày chi tiết về phương pháp QM–G; [7] đã sử dụng hai phương pháp là phân vị với xấp xỉ gamma (QM–G) và Bayesian xác suất kết hợp (BJP) để hiệu chỉnh sản phẩm mưa dự báo hạn mùa từ mô hình phổ khu vực (RSM); [8] đã nghiên cứu dự tính số ngày nắng nóng cho Việt Nam dựa trên số liệu nhiệt độ đã được hiệu chỉnh theo phương pháp phân vị (*Quantile mapping*) tổ hợp đa mô hình; [9] đã nghiên cứu hiệu chỉnh cường độ và tần suất mưa ngày từ các mô hình khí tượng toàn cầu cho trạm Láng bằng phương pháp Quantile mapping....

Xuất phát từ tầm quan trọng về vấn đề hiệu chỉnh mưa hạn nội mùa, nghiên cứu này đã thực hiện hiệu chỉnh sản phẩm mưa hạn nội mùa của mô hình ECMWF bằng phương pháp phân vị với xấp xỉ gamma (QM–G) cho độ phân giải thời gian 5 ngày (tổng lượng mưa 5 ngày) với từng hạn dự báo (3–6 tuần). Phần tiếp theo của bài báo sẽ trình bày về số liệu và phương pháp nghiên cứu (mục 2); kết quả và phân tích (mục 3); và cuối bài báo là kết luận (mục 4).

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu

Nghiên cứu sử dụng hai bộ số liệu: bộ số liệu dự báo mưa hạn nội mùa của mô hình ECMWF cho 20 năm trong giai đoạn 2000–2019 và bộ số liệu mưa vệ tinh TRMM làm số liệu quan trắc.

#### a) Bộ số liệu dự báo mưa hạn nội mùa từ mô hình toàn cầu ECMWF

Số liệu dự báo về lượng mưa ngày từ cơ sở dữ liệu dự báo lại hạn nội mùa (*Reforecast*) từ mô hình ECMWF trong 20 năm 2000–2019. Các dự báo lại của ECMWF cung cấp bao gồm 11 thành phần (member dự báo) và mỗi sản phẩm dự báo có hạn dự báo 46 ngày với độ phân giải không gian là  $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ . Để chọn tốt hơn các điểm lưới nằm trong các tiểu vùng khác nhau, đề tài sử dụng bộ dữ liệu dự báo đã nội suy về độ phân giải  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ . Các bản tin dự báo của ECMWF đưa ra liên tục với tần suất 2 lần/tuần vào thứ hai và thứ năm, trong đó bao gồm thông tin về dự báo lại trong 20 năm tính từ thời điểm có sản phẩm dự báo nghiệp vụ mới nhất. Độ phân giải thời gian của các dự báo là hàng ngày và dữ liệu được cung cấp miễn phí trực tuyến từ website: <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/s2s/>.

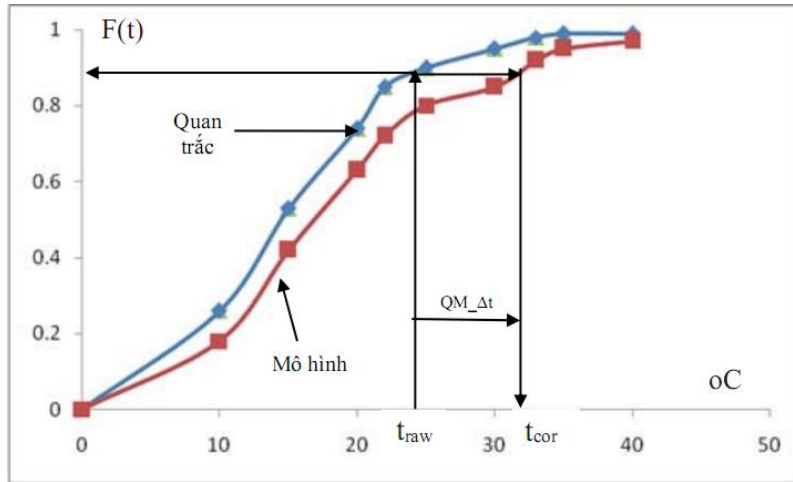
#### b) Bộ số liệu mưa quan trắc từ vệ tinh TRMM

Số liệu mưa vệ tinh (Dữ liệu mưa TMPA 3B42V7): Là sản phẩm số liệu mưa 03 giờ, độ phân giải  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$  của TMPA 3B42V7 được tải về từ NASA (<https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>) trong 20 năm 2000–2019.

### 2.2. Phương pháp hiệu chỉnh phân vị với xấp xỉ gamma (QM–G)

Phương pháp hiệu chỉnh phân vị với xấp xỉ gamma trong nghiên cứu này dựa trên giả định ban đầu rằng cả phân bố cường độ được quan trắc và dự báo đều gần đúng với phân bố

gamma (Hình 1). Việc hiệu chỉnh được thực hiện dựa vào phân bố của quan trắc và được thực hiện cho từng phân vị. [10–11] đã chỉ ra rằng sử dụng hàm gamma cho biến mưa hiệu quả hơn so với các biến khác.



Hình 1. Sơ đồ phương pháp hiệu chỉnh phân vị (Quantile mapping) [8].

### 2.3. Các chỉ số đánh giá định lượng

Để ứng dụng được một phương pháp hiệu chỉnh vào trong nghiệp vụ dự báo đòi hỏi trước hết là đánh giá được kết quả sau hiệu chỉnh. Có rất nhiều phương pháp đánh giá, trong khóa luận này sẽ sử dụng phương pháp đánh giá bằng các chỉ số thống kê.

Với  $F$  là giá trị dự báo từ mô hình,  $O$  là giá trị quan trắc. Các chỉ số thống kê được tính như sau:

- a) Sai số trung bình hay sai số hệ thống  $ME$  (Mean Error)

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (F_i - O_i) \quad (1)$$

Chỉ số  $ME$  biểu thị sai số trung bình của mô hình so với quan trắc, cho biết xu hướng lệch trung bình của giá trị dự báo so với giá trị quan trắc nhưng không phản ánh độ lớn của sai lệch, nó. Giá trị  $ME$  nằm trong khoảng  $-\infty$  đến  $+\infty$ . Với giá trị  $ME = 0$  mô hình được coi là “hoàn hảo”. Nếu  $ME$  dương đồng nghĩa với giá trị mô hình cao hơn giá trị quan trắc.  $ME$  âm thì giá trị mô hình thấp hơn giá trị quan trắc.

- b) Sai số tuyệt đối trung bình ( $MAE$ – Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |F_i - O_i| \quad (2)$$

Chỉ số  $MAE$  biểu thị biên độ trung bình của sai số mô hình nhưng không nói lên xu hướng lệch của giá trị dự báo và quan trắc. Nó sử dụng để đo độ chính xác. Giá trị  $MAE$  nằm trong khoảng  $(0, +\infty)$ , giá trị của nó càng nhỏ thì độ chính xác càng lớn. Khi  $MAE = 0$ , giá trị của mô hình hoàn toàn trùng khớp với giá trị quan trắc, mô hình được xem là “lý tưởng”.

- c) Sai số trung bình quân phương ( $RMSE$ – Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (F_i - O_i)^2} \quad (3)$$

Chỉ số  $RMSE$  biểu thị độ lớn trung bình của sai số. Đặc biệt  $RMSE$  rất nhạy với những giá trị sai số lớn. Phép toán bình phương trong căn bậc hai có tác dụng khuếch đại sai số. Do đó nếu các giá trị  $F$  và  $O$  có độ lệch không lớn thì  $RMSE$  càng gần  $MAE$ , sai số mô hình càng ổn định. Giá trị  $RMSE$  nằm trong khoảng  $(0, +\infty)$ .

- d) Hệ số tương quan (Correlation Coefficient)

$$CORR = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad (4)$$

Chỉ số CORR dùng để đo mối quan hệ tuyến tính giữa dự báo và quan trắc, chỉ phản ánh quan hệ đồng biến hay nghịch biến. Tự nó không cung cấp thông tin về độ nghiêng của đường hồi quy. Chỉ số nhạy cảm với giá trị lớn, tản mạn, không nhạy cảm với bias. Giá trị CORR nằm trong khoảng (-1, 1) hệ số tương quan càng gần 1 thì càng tốt. Giá trị lý tưởng trong trường hợp này là CORR = 1.

2.4. Các chỉ số đánh giá pha

a) Chỉ số brier score

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2 \tag{5}$$

Brier score là chỉ số đánh giá mức độ chính xác của các dự báo xác suất. Trong đó  $F_i$  là xác suất của lần dự báo thứ  $i$  và  $O_i$  là quan trắc tương ứng với phiên dự báo đó,  $O_i$  nhận giá trị là 1 nếu sự kiện xảy ra và 0 nếu sự kiện không xảy ra,  $N$  là số lượng các sự kiện được dự báo. BS có giá trị nằm trong khoảng (0-1) với kết quả lý tưởng là 0 – tương ứng với độ chính xác hoàn hảo và giá trị tệ nhất là 1 tương ứng với dự báo sai hoàn toàn. Giá trị BS cho chúng ta biết sai số bình phương trung bình của giá trị dự báo xác suất.

b) Đường cong ROC

Đường cong ROC (*receiver operating characteristic curve*) là đường cong thể hiện mối quan hệ giữa xác suất phát hiện POD (*probability of detection*) và tỷ suất cảnh báo sai FAR (*False alarm rate*) tại một ngưỡng xác suất nào đó. Nếu đường cong nằm dọc theo đường chéo no skill, nó thể hiện dự báo không có kỹ năng. Nếu đường cong càng hướng xa về phía góc trên bên trái của biểu đồ, nó hàm ý dự báo càng có kỹ năng cao (khi POD có xác suất cao hơn FAR). Nếu đường cong nằm dưới đường chéo no skill có nghĩa là kỹ năng dự báo âm (FAR cao hơn POD).

**Bảng 1.** Tình huống có thể xảy ra trong đánh giá dự báo sự kiện mưa có/không xảy ra

Dự báo	Quan Trắc		
	Có	Không	Tổng dự báo
Có	H	F	H+F
Không	M	CN	M+CN
Tổng quan trắc	H+M	F+CN	H+F+M+CN

Trong đó H = dự báo có, quan trắc có; M = dự báo không, quan trắc có; F = dự báo có, quan trắc không; CN = dự báo không, quan trắc không.

+ Xác suất phát hiện

$$POD = \frac{H}{H+M} \tag{6}$$

POD cho biết khả năng thành công của mô hình, có giá trị trong khoảng (0, 1), POD = 1 là giá trị lý tưởng mô hình được xem là hoàn hảo.

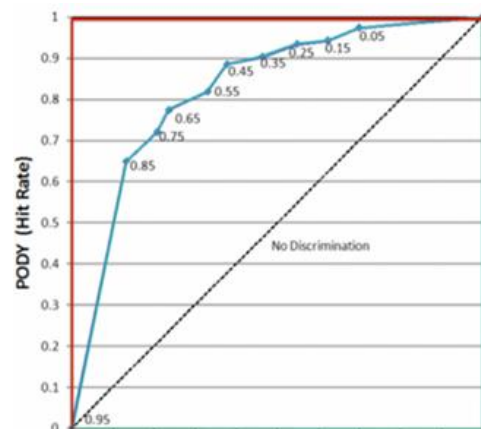
+ Tỷ suất cảnh báo sai

$$FAR = \frac{F}{H+F} \tag{7}$$

FAR cho biết tỷ lệ mô phỏng/dự báo không của mô hình (mô hình cho kết quả có nhưng thực tế hiện tượng không xảy ra). Giá trị FAR biến đổi từ (0, 1), tối ưu FAR = 0.

c) AUC (*Area under the ROC Curve*)

AUC là khoảng diện tích được tính từ đường cong ROC đến điểm dưới cùng bên phải của đồ thị, giá trị AUC cung cấp thước đo hiệu suất tổng hợp trên tất cả các ngưỡng phân loại có thể. Một cách diễn giải, AUC là xác suất mà mô hình xếp hạng một ví dụ tích cực ngẫu nhiên cao hơn một ví dụ tiêu cực ngẫu nhiên. AUC nằm trong khoảng giá trị từ 0 đến 1. Một mô hình có dự đoán sai 100% có



**Hình 2.** Đồ thị đường cong ROC

AUC là 0.0; mô hình có dự đoán chính xác 100% có AUC là 1.0. Mô hình không có kỹ năng có giá trị AUC là 0,5.

### 3. Kết quả và phân tích

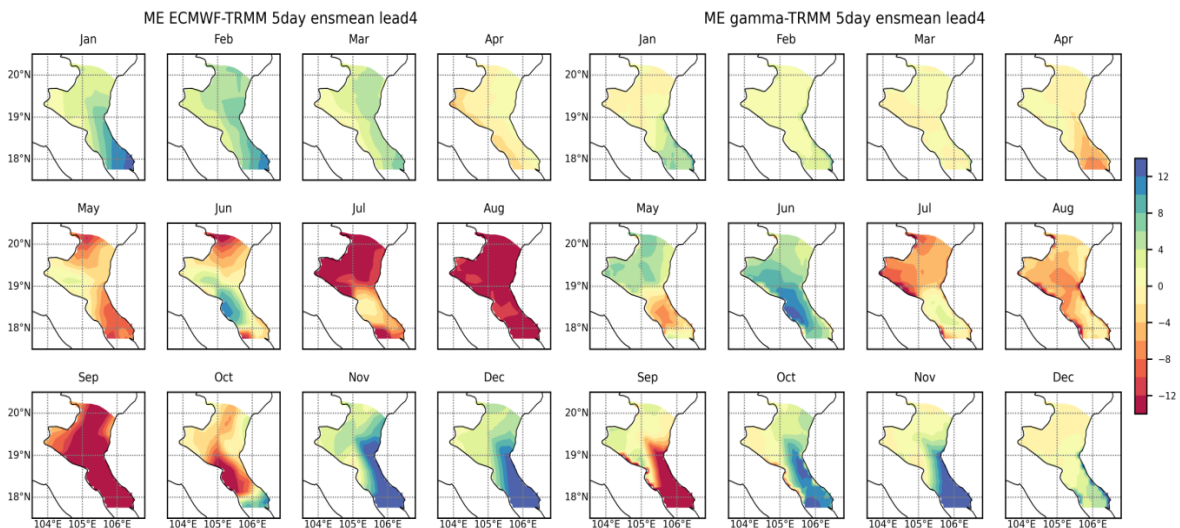
#### 3.1. Kết quả sai số trung bình ME

Như đã trình bày ở chương II, mưa dự báo hạn nội mùa từ mô hình EC có hạn dự báo là 45 ngày. Đối với yếu tố dự báo là tổng lượng mưa 5 ngày, sẽ có  $45/5 = 9$  hạn dự báo (9 leadtime). Kết quả hiệu chỉnh của từng leadtime sẽ được trình bày dưới đây.

**Bảng 2.** Kết quả đánh giá ME tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với các leadtime khác nhau.

Leadtime	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	3,812	0,242	-1,778	-0,861	0,566	0,452	-2,282	2,166	-3,976	3,434	4,59	1,975
2	2,804	-0,122	-0,102	-1,45	7,573	4,017	-7,959	-1,929	-8,025	2,712	7,366	2,36
3	2,254	0,684	-1,072	-0,738	5,401	8,326	-8,173	-4,805	-9,345	5,389	8,749	0,845
4	1,204	1,429	-0,041	-1,224	2,51	7,264	-4,047	-3,842	-5,462	5,292	5,096	0,765
5	1,492	1,098	-0,813	-0,599	-0,318	4,851	-1,957	-1,414	-1,451	1,787	3,82	0,297
6	1,036	2,017	0,051	-1,622	-2,998	4,356	2,335	-2,03	2,536	-0,33	3,276	-0,286
7	1,186	1,64	-0,923	-0,507	-2,031	4,942	-1,114	-0,799	0,247	1,071	2,492	0,557
8	1,296	1,527	0,009	-1,414	-2,38	5,82	1,011	-3,117	3,493	-0,203	1,248	0,382
9	1,013	1,759	-0,223	-0,921	-0,823	5,794	-1,899	-1,272	3,219	-0,685	1,65	0,585

Từ bảng 2 có thể thấy, sai số ME sau hiệu chỉnh từ tháng 12–3 bé hơn so với tháng 5–10. Tháng 10–2 và tháng 6, ME xu hướng thiên dương (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng cao hơn giá trị quan trắc). Các tháng còn lại hầu như có xu hướng thiên âm (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng thấp hơn giá trị quan trắc). Trong giai đoạn từ tuần thứ 3 đến tuần thứ 6 (tương ứng với leadtime 4–9) có thể thấy sai số ME tương đối bé, bé hơn so với các leadtime 1–3.

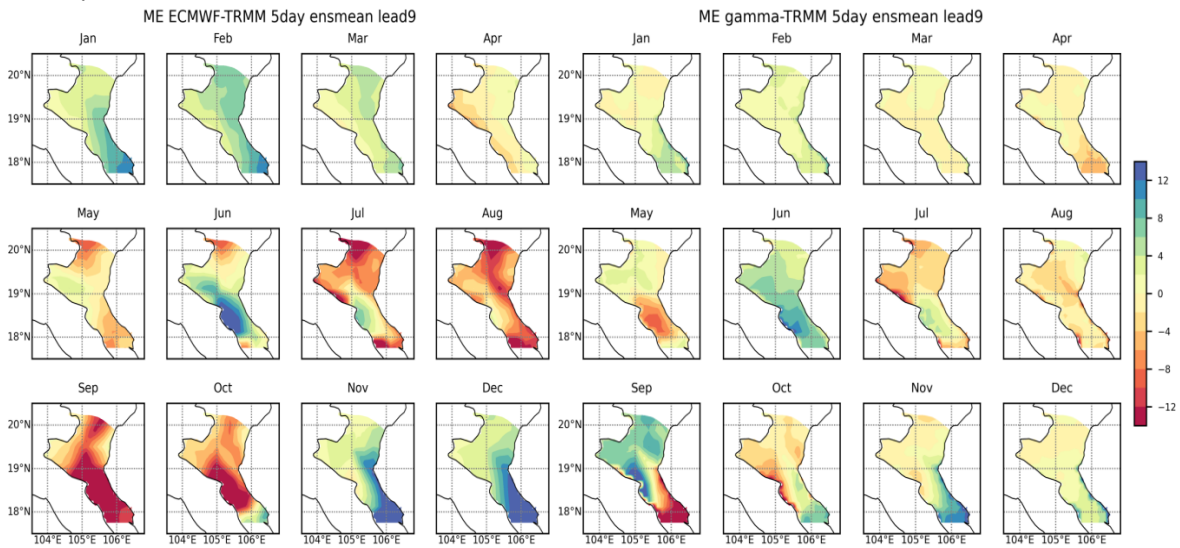


**Hình 3.** Kết quả đánh giá ME tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước và sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với leadtime = 4.

Từ hình 3 ta có thể thấy, đối với mưa dự báo trước hiệu chỉnh, từ tháng 11 đến tháng 3, ME có xu hướng thiên dương (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng cao hơn giá trị quan trắc) 4–8 mm; riêng phía nam khu vực từ tháng 11–12 lớn hơn 12 mm. Từ tháng 5 đến tháng 10, ME có xu hướng thiên âm (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng thấp hơn giá trị



quan trắc); riêng tháng 7–9 nhiều nơi bé hơn –12 mm. Sau khi hiệu chỉnh có thể thấy, hầu hết các tháng có xu hướng thiên dương (trong khi các tháng 12–4 có sai số khá bé 0–2 thì các tháng 6, 9, 10, 11 vẫn còn nhiều vùng sai số lớn, tuy nhiên đã giảm đáng kể so với trước khi hiệu chỉnh.



**Hình 4.** Kết quả đánh giá ME tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước và sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với leadtime = 9.

Từ hình 4 ta có thể thấy, đối với mưa dự báo trước hiệu chỉnh, tương tự như leadtime = 4, từ tháng 11 đến tháng 3, ME có xu hướng thiên dương (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng cao hơn giá trị quan trắc) 2–8 mm; riêng phía nam khu vực từ tháng 11–12 lớn hơn 12 mm. Từ tháng 4 đến tháng 10, ME có xu hướng thiên âm (chứng tỏ giá trị dự báo có xu hướng thấp hơn giá trị quan trắc) –4 đến –8 mm; riêng từ tháng 8–10 nhiều nơi bé hơn –12 mm. Sau khi hiệu chỉnh, giá trị ME tốt hơn rõ rệt. Có thể thấy, hầu hết các tháng trong năm, ME có giá trị khá bé (phổ biến –4–4 mm); riêng các tháng 5, 7, 9 có nơi ≤12 mm.

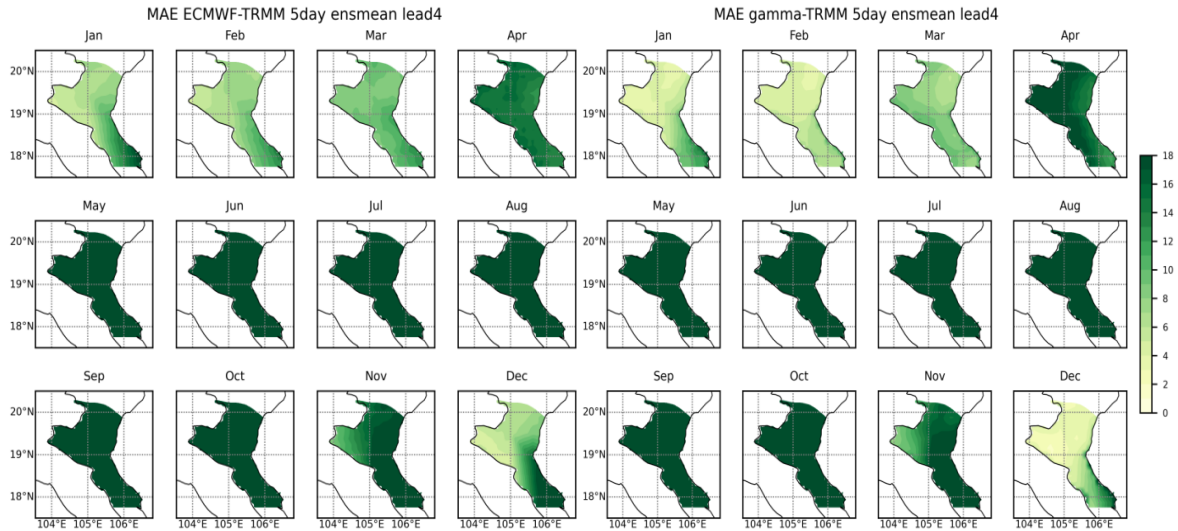
**3.2. Kết quả sai số trung bình tuyệt đối MAE, sai số quân phương RMSE đối với tổng lượng mưa dự báo 5 ngày**

Từ bảng 3 có thể thấy, sai số MAE và RMSE sau hiệu chỉnh từ tháng 12–4 bé hơn so với tháng 5–11. Trong đó, tháng 2 có giá trị sai số bé nhất, tháng 9 có giá trị sai số lớn nhất. Các sai số trong giai đoạn từ tuần thứ 3 đến tuần thứ 6 (tương ứng với leadtime 4–9) có giá trị lớn hơn so với leadtime 1–3. Các giá trị của RMSE của hầu hết các tháng trong năm không sát với giá trị của MAE chứng tỏ, sai số của mô hình không ổn định, nhiều giá trị tản mạn lớn, đặc biệt là từ tháng 9–10.

**Bảng 3.** Kết quả đánh giá MAE, RMSE tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với các leadtime khác nhau.

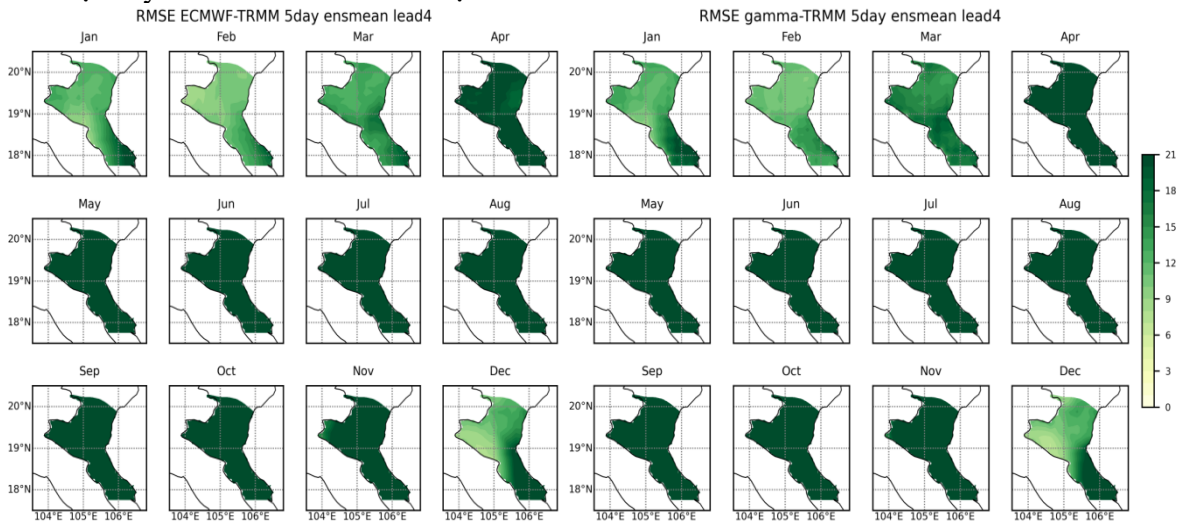
Leadtime		Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
1	MAE	6,026	3,092	6,8	15,499	28,811	26,134	28,641	38,404	54,763	40,57	16,903	6,086
	RMSE	14,371	7,836	14,688	24,796	44,154	41,922	43,826	56,816	83,504	80,372	39,562	17,421
2	MAE	5,909	3,655	6,729	16,031	34,275	30,523	33,582	42,825	65,906	55,785	22,663	5,789
	RMSE	13,518	8,73	14,528	25,02	51,665	46,984	51,992	62,368	101,37	99,161	54,996	19,645
3	MAE	5,962	4,793	9,13	17,531	34,518	36,463	36,158	45,826	70,885	57,815	24,777	5,975
	RMSE	14,496	11,598	18,354	26,499	50,066	55,642	53,813	68,934	105,058	98,78	54,36	17,981
4	MAE	5,808	4,99	8,109	16,832	33,085	35,524	38,669	47,29	75,077	63,062	24,986	4,959
	RMSE	13,808	12,017	16,284	25,919	47,203	53,057	59,29	68,537	110,749	108,103	52,969	15,069
5	MAE	5,734	5,465	9,125	17,078	30,051	35,271	42,491	50,024	77,799	63,398	21,201	5,153
	RMSE	14,11	12,417	17,858	26,365	44,036	52,772	63,756	72,876	114,432	105,293	48,914	15,96
6	MAE	5,899	5,303	8,415	17,272	30,878	35,498	42,129	47,871	77,478	56,703	20,142	4,736
	RMSE	14,47	12,678	16,954	26,61	43,893	53,458	63,54	69,267	115,88	97,267	42,602	13,534
7	MAE	5,687	5,648	9,091	17,349	30,458	33,707	43,222	48,933	78,635	58,662	21,656	4,807

Leadtime		Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
8	RMSE	13,489	12,536	17,712	26,606	44,267	50,277	64,039	70,254	112,999	96,143	49,125	14,531
	MAE	5,887	5,328	8,635	16,722	31,22	36,124	42,567	48,755	81,998	60,412	20,532	5,65
9	RMSE	14,029	12,471	17,455	25,807	44,674	54,811	63,67	71,193	120,525	103,209	44,553	15,22
	MAE	5,437	5,566	8,584	17,301	30,665	33,443	43	48,425	81,149	61,792	21,299	4,651
9	RMSE	13,617	12,854	17,2	26,58	43,838	50,058	66,573	69,32	117,639	101,163	46,743	13,459



**Hình 5.** Kết quả đánh giá MAE tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước và sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với leadtime = 4.

Từ hình 5 ta có thể thấy, đối với mưa dự báo trước hiệu chỉnh, từ tháng 12 đến tháng 3, MAE có giá trị nhỏ hơn các tháng còn lại (6–12 mm), sai số bé. Từ tháng 4 đến tháng 11, MAE có giá trị lớn hơn (>18 mm). Sau khi hiệu chỉnh, giá trị MAE của các tháng 12–3 tốt hơn rõ rệt, sai số giảm xuống còn 4–8 mm. Tuy nhiên từ tháng 4–11, sai số sau hiệu chỉnh ít có sự thay đổi so với trước khi hiệu chỉnh.

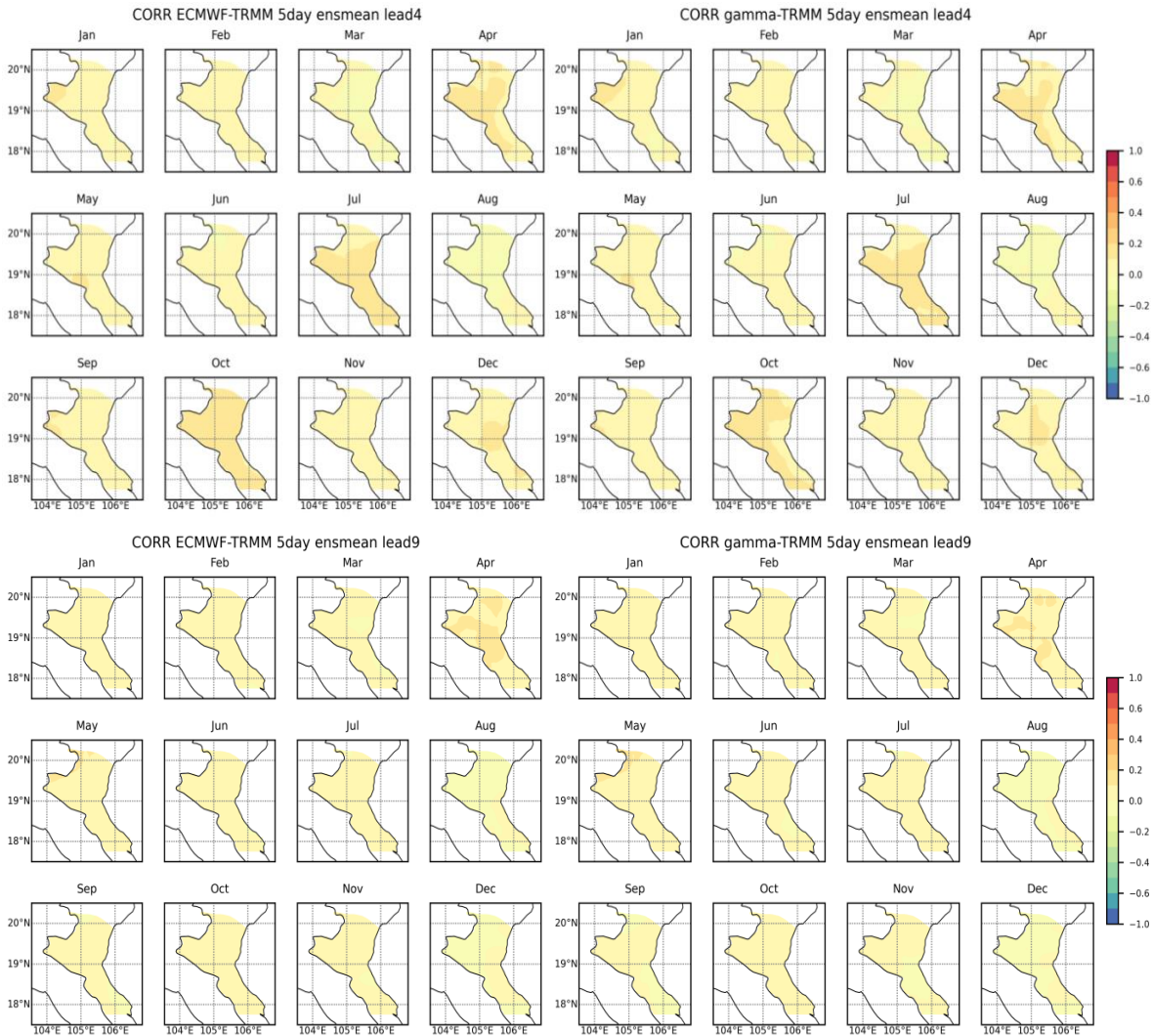


**Hình 6.** Kết quả đánh giá RMSE tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước và sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với leadtime = 4.

Từ hình 6 ta có thể thấy, đối với mưa dự báo trước hiệu chỉnh, tương tự như MAE, từ tháng 12 đến tháng 3, RMSE có giá trị nhỏ hơn các tháng còn lại (12–18 mm), sai số bé. Từ tháng 4 đến tháng 11, MAE có giá trị lớn hơn (>21 mm). Sau khi hiệu chỉnh, giá trị RMSE của các tháng 12–3 tốt hơn, sai số giảm xuống còn 9–15 mm. Tuy nhiên, từ tháng 4–11, sai số sau hiệu chỉnh ít có sự thay đổi so với trước khi hiệu chỉnh.

### 3.3. Kết quả hệ số tương quan CORR đối với tổng lượng mưa dự báo 5 ngày

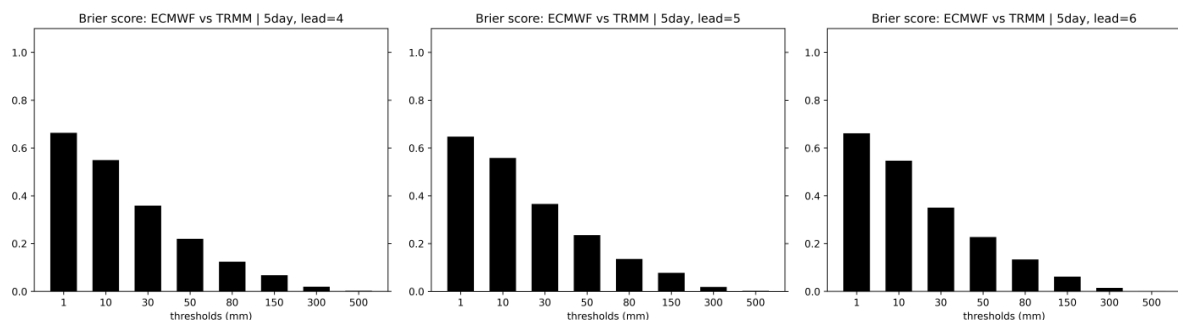
Từ hình 7 có thể thấy, hệ số tương quan của leadtime = 4 tốt hơn một chút so với leadtime = 9. Trước và sau khi hiệu chỉnh, hệ số tương quan của các leadtime khá thấp (phổ biến 0–0,4), chứng tỏ quan trắc và dự báo có quan hệ đồng biến nhưng ít tuyến tính với nhau. Sau khi hiệu chỉnh, hệ số tương quan hầu như không cải thiện hơn so với trước khi hiệu chỉnh.

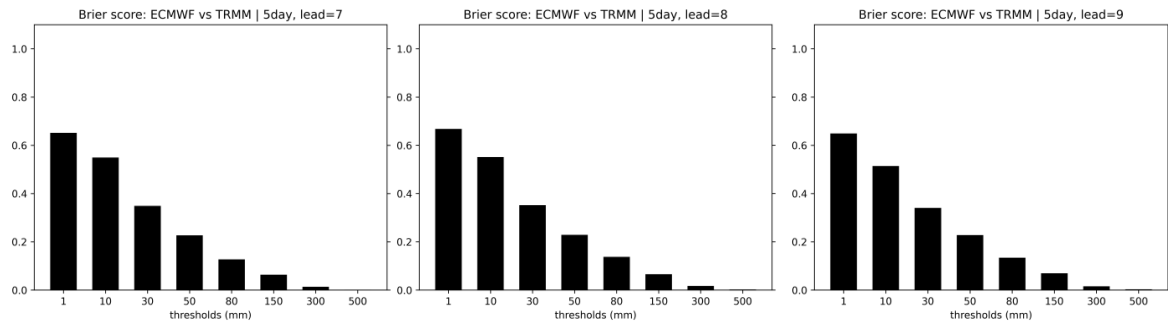


**Hình 7.** Kết quả đánh giá CORR tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước và sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 đối với leadtime = 4 và 9.

### 3.4. Kết quả chỉ số BS đối với tổng lượng mưa dự báo 5 ngày

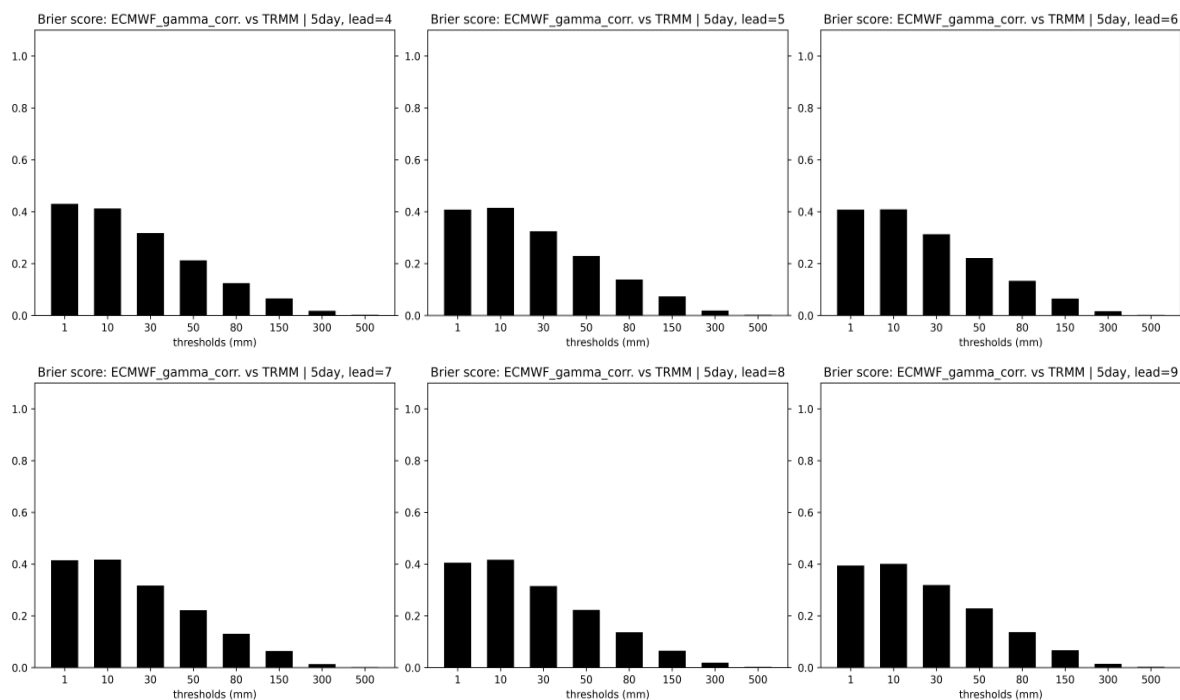
Dưới đây là kết quả đánh giá bằng chỉ số BS đối với tổng lượng mưa dự báo 5 ngày từ leadtime = 4 đến leadtime = 9 trước và sau khi hiệu chỉnh.





**Hình 8.** Kết quả đánh giá BS đối với tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 từ leadtime = 4 đến leadtime = 9.

Ta thấy, kết quả của các leadtime từ 4 đến 9 gần như tương đồng nhau, tổng lượng mưa càng cao khả năng phát hiện càng tốt. Cụ thể, đối với lượng mưa thấp ( $R = 1\text{mm}, 10\text{mm}, 30\text{mm}$ ) thì chỉ số BS đều cho giá trị cao, điều này cho thấy khả năng phát hiện lượng mưa, mưa nhỏ của mô hình là tương đối kém. Tuy nhiên, với lượng mưa  $R = 50\text{mm}$ , giá trị BS đã cải thiện trông thấy khi chỉ lớn hơn 0,2 một chút, cho thấy kỹ năng cải thiện hơn đối với việc phát hiện các lượng mưa vừa và mưa rào. Với các lượng mưa tăng dần  $R = 80\text{mm}, 150\text{mm}$  và  $300\text{mm}$ , giá trị của chỉ số BS giảm dần từ 0,1, cho thấy sai số đối với dự báo pha ở các ngưỡng mưa to đến rất to là rất thấp.

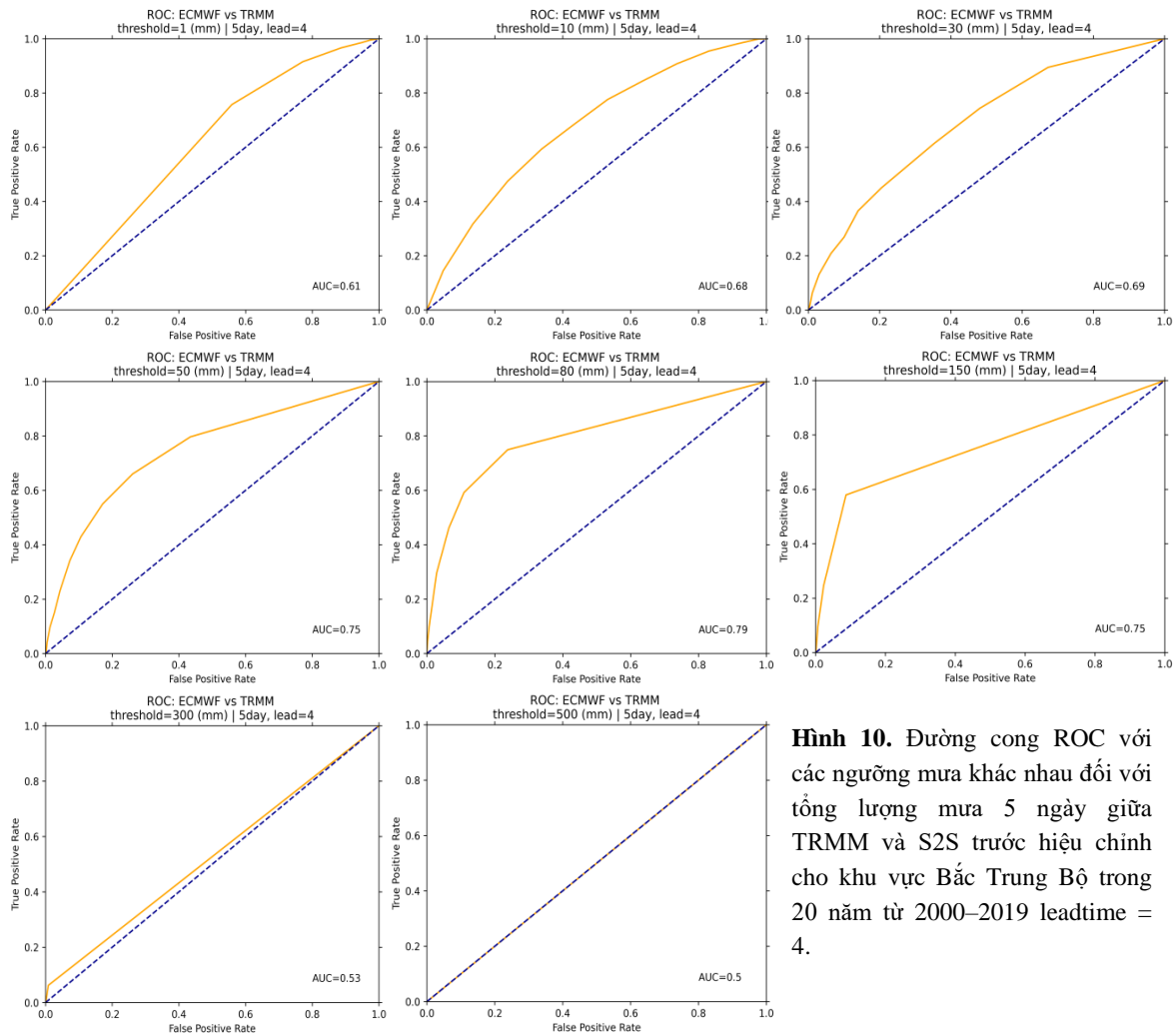


**Hình 9.** Kết quả đánh giá BS đối với tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 từ leadtime = 4 đến leadtime = 9.

Ta thấy, kết quả của các leadtime từ 4 đến 9 sau hiệu chỉnh cũng giống như trước hiệu chỉnh, gần như tương đồng nhau, tổng lượng mưa càng cao khả năng phát hiện càng tốt. Tuy nhiên, trong khi đối với lượng mưa lớn ( $R > 30\text{mm}$ ), chỉ số BS sau hiệu chỉnh gần như không thay đổi so với trước hiệu chỉnh thì đối lượng mưa bé ( $R = 1\text{mm}, 10\text{mm}$ ) cho thấy khả năng phát hiện tốt hơn đáng kể, nhất là  $R = 1\text{mm}$ .

### 3.5. Kết quả đánh giá đường cong ROC đối với tổng lượng mưa 5 ngày

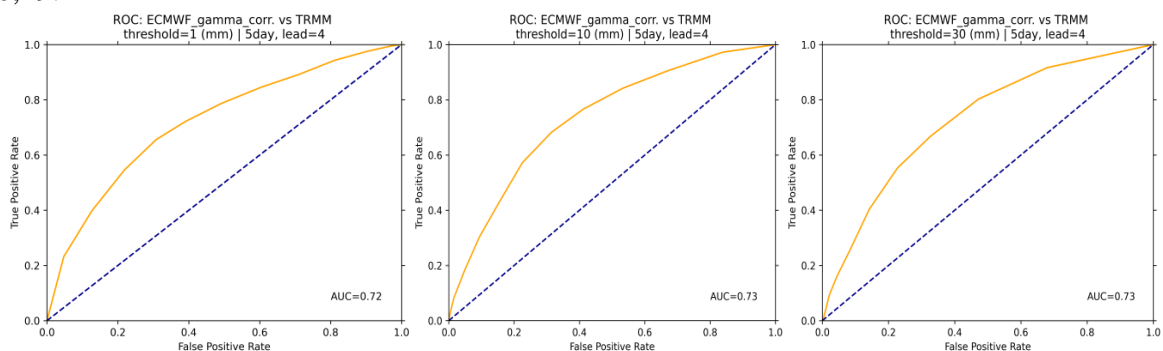
Dưới đây là kết quả đánh giá đường cong ROC đối với các ngưỡng mưa khác nhau của leadtime = 4.



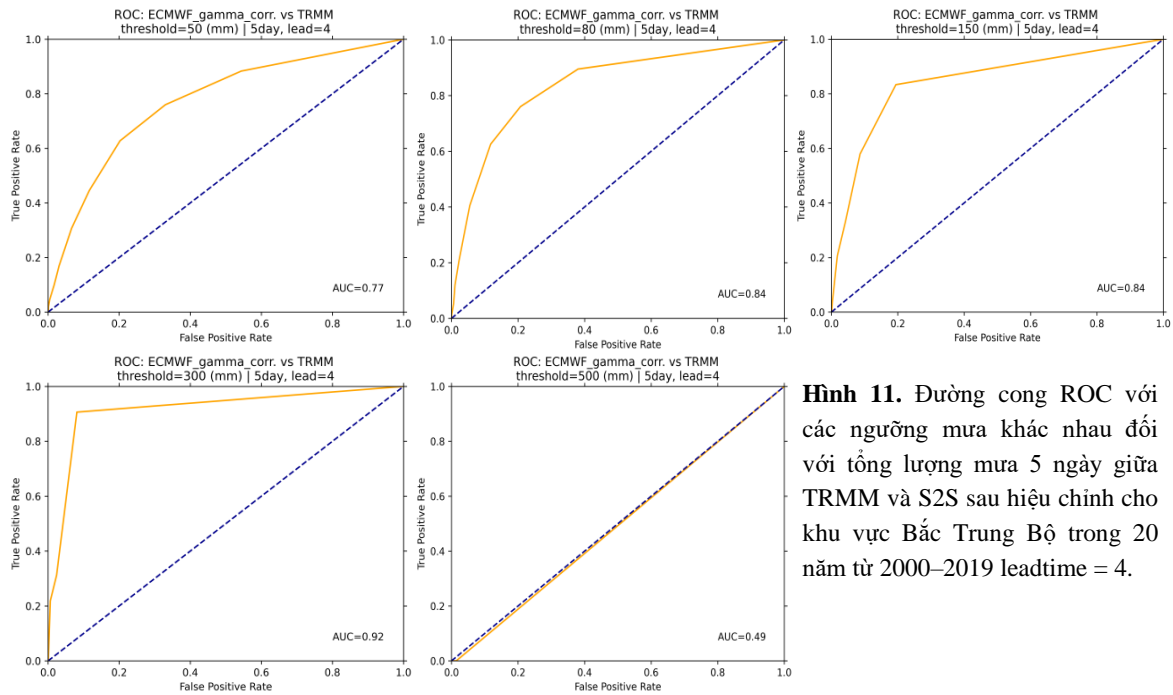
**Hình 10.** Đường cong ROC với các ngưỡng mưa khác nhau đối với tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S trước hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 leadtime = 4.

Trước hiệu chỉnh, có thể thấy, với lượng mưa từ 1 đến 150mm, ROC curve chủ yếu nằm ở phía trên bên trái của đường chéo no skill, điều này cho thấy mô hình có kỹ năng trong việc dự báo các lượng mưa này, tuy nhiên với giá trị AUC từ 0,63–0,75, cho thấy kỹ năng dự báo ở mức trung bình. Với các lượng mưa lớn, từ 300–500 mm, ta có thể thấy mô hình thể hiện không có kỹ năng với đường cong ROC gần như trùng với đường chéo no skill và giá trị AUC = 0,5–0,53.

Sau hiệu chỉnh, cũng giống như trước hiệu chỉnh, với lượng mưa từ 1 đến 300 mm, ROC curve chủ yếu nằm ở phía trên bên trái của đường chéo no skill, tuy nhiên với giá trị AUC đã tăng lên đáng kể từ 0,72–0,92, đặc biệt là với R = 300 mm, giá trị của AUC = 0,92. Với lượng mưa 500 mm, gần như không có sự thay đổi sau hiệu chỉnh, thể hiện không có kỹ năng với đường cong ROC gần như trùng với đường chéo no skill và giá trị AUC = 0,49.







**Hình 11.** Đường cong ROC với các ngưỡng mưa khác nhau đối với tổng lượng mưa 5 ngày giữa TRMM và S2S sau hiệu chỉnh cho khu vực Bắc Trung Bộ trong 20 năm từ 2000–2019 leadtime = 4.

#### 4. Kết luận

Qua kết quả bước đầu nghiên cứu hiệu chỉnh dự báo mưa hạn nội mùa của mô hình ECMWF với các hạn dự báo khác ở khu vực Bắc Trung Bộ, nhóm nghiên cứu rút ra một số kết luận như sau:

Sau khi hiệu chỉnh, các giá trị sai số như ME, MAE, RMSE giảm đi rõ rệt, đặc biệt là từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau. Riêng tháng 7–9, tuy sai số đã giảm so với trước hiệu chỉnh, tuy nhiên vẫn còn nhiều vùng (chủ yếu là phía Nam khu vực) vẫn còn tồn tại sai số lớn

Các sai số với hạn dự báo từ tuần thứ 3 đến tuần thứ 6 có giá trị lớn hơn so với hạn dự báo từ tuần 1 đến tuần 2. Các giá trị của RMSE của hầu hết các tháng trong năm không sát với giá trị của MAE chứng tỏ, sai số của mô hình không ổn định, nhiều giá trị tản mạn lớn, đặc biệt là từ tháng 9–10.

Trước và sau khi hiệu chỉnh, hệ số tương quan khá thấp, chứng tỏ quan trắc và dự báo có quan hệ đồng biến nhưng ít tuyến tính với nhau. Sau khi hiệu chỉnh, hệ số tương quan không cải thiện hơn, thậm chí có tháng còn giảm so với trước khi hiệu chỉnh.

Kết quả đánh giá chỉ số BS của các leadtime trước và sau hiệu chỉnh gần như tương đồng nhau, tổng lượng mưa càng cao khả năng phát hiện càng tốt. Tuy nhiên, trong khi đối với lượng mưa lớn ( $R = 30\text{mm}, 50\text{mm}, 80\text{mm}, 300\text{mm}, 500\text{mm}$ ), chỉ số BS sau hiệu chỉnh gần như không thay đổi so với trước hiệu chỉnh thì đối lượng lượng mưa bé ( $R = 1\text{mm}, 10\text{mm}$ ) cho thấy khả năng phát hiện tốt hơn đáng kể, nhất là  $R = 1\text{mm}$ .

Trước và sau khi hiệu chỉnh, với lượng mưa từ 1 đến 300mm, ROC curve chủ yếu nằm ở phía trên bên trái của đường chéo no skill, tuy nhiên với giá trị AUC sau hiệu chỉnh đã tăng lên đáng kể. Với lượng mưa 500mm, gần như không có sự thay đổi sau hiệu chỉnh, thể hiện không có kỹ năng với đường cong ROC gần như trùng với đường chéo no skill.

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

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Đề tài “Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo mưa hạn nội mùa từ một số mô hình toàn cầu kết hợp với mô hình thủy văn để phục vụ quản lý nguồn nước, điều tiết hồ chứa cho khu vực Bắc Trung Bộ”, mã số TNMT.2022.02.17 đã hỗ trợ nhóm nghiên cứu về số liệu và phương pháp luận.

**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. De Andrade, F.M.; Young, M.P.; Macleod, D.; Hiron, L.C.; Woolnough, S.J.; Black, E. Subseasonal Precipitation Prediction for Africa: Forecast Evaluation and Sources of Predictability, National Centre for Atmospheric Science, University of Reading, Reading, United Kingdom, School of Geographical Sciences, University of Bristol, Bristol, United Kingdom, 2020.
2. Liu, X.; Li, J.; Jie, W.; Huang, L.; Gu, W. (), Subseasonal Predictions of Regional Summer Monsoon Rainfall over Tropical Asian Oceans and Land. *J. Clim.* **2015**, 28(24), 9583–9605. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00853.1>
3. Li, S.; Robertson, A.W. Evaluation of Submonthly Precipitation Forecast Skill from Global Ensemble Prediction Systems. *Mon. Weather Rev.* **2015**, 143(7), 2871–2889. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00277.1>.
4. Enayati, M.; et al. Bias correction capabilities of quantile mapping methods for rainfall and temperature variables. *J. Water Clim. Change* **2021**, 401–419.
5. Ines, A.V.; Hansen, J.W.; Robertson, A.W. Enhancing the utility of daily GCM rainfall for crop yield prediction. *Int. J. Climatol.* **2011**, 31, 2168–2182.
6. Zhao, T.; Bennett, J.C.; Wang, Q.J.; Schepen, A.; Wood, A.W.; Robertson, D.E.; Ramos, M.H. How Suitable is Quantile Mapping For Postprocessing GCM Precipitation Forecasts? *J. Clim.* **2017**, 30, 3185–3196.
7. Khiêm, M.V. Nghiên cứu phương pháp hiệu chỉnh sản phẩm mưa dự báo hạn mùa cho khu vực Việt Nam. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* 2018, 34(1S), 33–40.
8. Yên, N.T.H.; Nam, P.Q.; Nam, N.Đ.; Hiệp, N.V. Dự tính số ngày nắng nóng cho Việt nam bằng tổ hợp số liệu hiệu chỉnh phân vị đa mô hình động lực. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 683, 12–20.
9. Linh, L.N.; Khiêm, M.V. Nghiên cứu phương pháp thống kê hiệu chỉnh lượng mưa mô hình. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 664, 43–49.
10. Thom, H.C. A note on the gamma distribution. *Mon. Weather Rev.* **1958**, 86, 117–122.
11. Fang, G.H.; Yang, J.; Chen, Y.N.; Zammit, C. Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in China. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2015**, 19, 2547.
12. Stockdale, T. An overview of techniques for season forecasting. *Stochastic Environ. Res. Assess.* **2000**, 14, 305–318.
13. Vitarta, F.; Robertson, A.W. Why Sub–seasonal to Seasonal Prediction (S2S)? Sub–seasonal to Seasonal Prediction, 2018, pp. 3–15.
14. Hui, D.T.W.; Shum, K.K.Y.; Chen, J.; Chen, S.C.; Ritchie, J.; Roads, J.O. Case studies of seasonal rainfall forecasts for Hong Kong and its vicinity using a regional climate model. Springer Science+Business Media B.V, 2007.
15. Argüeso, D.; Evans, J.P.; Fita, L. Precipitation bias correction of very high resolution regional climate models. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2013**, 17, 4379–4388. Doi:10.5194/hess-17-4379-2013.
16. Bennett, J.C.; Grose, M.R.; Corney, S.P.; White, C.J.; Holz, G.K.; Katzfey, J.J.; Post, D.A.; Bindoff, N.L. Performance of an empirical bias–correction of a high–resolution cli–mate dataset. *Int. J. Climatol.* **2014**, 34, 2189–2204. Doi:10.1002/joc.3830.
17. Christensen, J.H.; Boberg, F.; Christensen, O.B.; Lucas–Picher, P. On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and

- precipitation. *Geophys. Res. Lett.* **2008**, *35*, L20709. Doi:10.1029/2008GL035694.
18. Brier, W.; Panofsky, H. Some applications of statistics to meteorology. Mineral Industries Extension Services”, School of Mineral Industries, Pennsylvania State College, 1968.
  19. Gao, Y.; Fu, J.S.; Drake, J.B.; Liu, Y.; Lamarque, J.F. Projected changes of extreme weath–events in the eastern United States basedon a high resolution climate modelingsystem, 2012.
  20. Gutjahr, O.; Heinemann, G. Comparing precipitation bias correction methods for high– resolution regional climate simulations using COSMO–CLM. *Theor. Appl. Climatol.* **2013**, *114*, 511–529.

## **Application of the quantile mapping method with gamma approximation (QM–G) for sub–seasonal to seasonal rainfall forecast over North central region**

**Hoang Thi Thu Huong<sup>1\*</sup>, Nguyen Van Luong<sup>1</sup>, Phan Van Vinh<sup>1</sup>, Pham Thanh Ha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> North Central regional hydro–meteorology center; hoanghuong.btb@gmail.com; luongnvkttv@gmail.com; Vinhpv@gmail.com@gmail.com

<sup>2</sup> VNU University of Science–Vietnam National University, Hanoi; phamthanhha5693@gmail.com

**Abstract:** The timescale from 10 days to 2 months (sub–seasonal to seasonal) is important in water resource management, reservoir regulation, both irrigation and hydroelectricity, as well as agricultural scheduling in the North Central region. However, it is also impossible to deny the fact that, in Vietnam in general and the North Central region in particular, the sub season forecasting skills are still low. The authors corrected the sub–seasonal to seasonal rainfall forecast of the ECMWF model based on the quantile mapping method with gamma approximation (QM–G) for the total rainfall of 5 days with each forecast period (3–6 weeks). Two main data sets include: the ECMWF model's sub–seasonal rainfall forecast data set for 20 years in the period 2000–2019 and the TRMM satellite rain data set. The results show that: After correcting, the ME, MAE, RMSE values decreased significantly, especially from December to March next year. Besides, in July–September, although the bias has decreased compared to before the correction, there are still many areas (mainly in the southern region) that still have large bias. However, the correction by QM–G did not improve the correlation, even some month it decreased compared to before correction.

**Keywords:** Sub–seasonal to seasonal; Bias correction; ECMWF; QM–G, North Central Region.

# Table of content

- 1** Quyet, L.D.; Hien, L.X.; Hung, T.X.; Tien, P.V.; Ngoc, P.K.; Ha, B.M.; Thuy, N.B. Study the reason of high tides accompanied by big waves in the west coast of Ca Mau. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 1–13.
- 14** Han, L.T.N.; Van, C.T.; Tuan, N.D. Study on coal dust suppression methods and suggest solutions for Thermal Power Plant Vinh Tan 4 to reduce air pollution. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 14–22.
- 23** Cuong, P.A.; Hai, T.Q.; Quy, N.X.; Nguyen, P.H. Study to propose an environmental impact assessment framework for investment projects on natural heritage in Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 23–31.
- 32** Thao, N.P.; Thang, P.D.; Hien, T.T.; Ha, N.T.T.; Vinh, P.Q. Assessing and modelling the trophic state of Quan Son Reservoir in space and time. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 32–41.
- 42** Son, N.V.; Sy, P.C.; Tien, N.T. Determine the effect of temperature on deoxygenation rate for Cai river – Dong Nai Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 42–52.
- 53** Hang, T.T.; Anh, D.T.M.; Thu, N.M.; Chinh, T.T.; Trang, P.T.T.; Anh, N.K.; Binh, D.T.T.; Dam, V.V. Effect of environmental factors on growth of *Bacillus thuringiensis* in medium using activated sludge of beer wastewater. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 53–63.
- 64** Hieu, T.M.; Hang, V.T.; Nga, P.T.T.; Ha, P.T. Characteristics of rainfall distribution induced by tropical cyclones making landfall over Vietnam using GSMaP satellite rainfall data. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 64–76.
- 77** Huong, H.T.T.; Luong, N.V.; Vinh, P.V.; Ha, P.T. Application of the quantile mapping method with gamma approximation (QM–G) for sub–seasonal to seasonal rainfall forecast over North central region. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 77–89.