

BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
-----



**Trần Quang Thư**

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI DINH DƯỠNG N VÀ P  
TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC NUÔI CÁ LỒNG  
VÙNG BIỂN VEN BỜ VIỆT NAM**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

*Hải Phòng - 2024*

BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



**Trần Quang Thư**

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI DINH DƯỠNG N VÀ P  
TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC NUÔI CÁ LỒNG  
VÙNG BIỂN VEN BỜ VIỆT NAM**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

**Ngành: Quản lý Tài nguyên và Môi trường**

**Mã số: 9850101**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

1. TS. Nguyễn Đức Cự
2. TS. Dương Thanh Nghị

***Hải Phòng - 2024***

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án: “*Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam*” là công trình nghiên cứu của chính mình. Các kết quả nghiên cứu đạt được trong luận án là trung thực và chưa từng công bố bởi tác giả khác. Tài liệu tham khảo được sử dụng trích dẫn trong luận án đều rõ nguồn gốc và đảm bảo theo quy định. Luận án được hoàn thành trong thời gian tôi làm nghiên cứu sinh tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

*Hải Phòng, ngày      tháng      năm 2024*

**Tác giả luận án**

**Trần Quang Thư**

## LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian học tập và thực hiện luận án, nghiên cứu sinh trân trọng biết ơn Thầy TS. Nguyễn Đức Cự và Thầy TS. Dương Thanh Nghị đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ và động viên nghiên cứu sinh.

Nghiên cứu sinh trân trọng cảm ơn Ban Lãnh đạo, phòng Đào tạo, các phòng chức năng của Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Tài Nguyên và Môi trường biển - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; trân trọng cảm ơn Ban lãnh đạo Viện nghiên cứu Hải sản đã tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất cho nghiên cứu sinh thực hiện và hoàn thành luận án.

Nghiên cứu sinh cảm ơn Trung tâm Quan trắc Môi trường biển - Viện nghiên cứu Hải sản, Chi cục Thủy sản thành phố Hải Phòng, Chi cục Thủy sản tỉnh Bình Thuận, Chi cục Thủy sản tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu; Ủy ban nhân dân huyện Cát Hải - Hải Phòng, Ủy ban nhân dân xã Vĩnh Tân - Tuy Phong - Bình Thuận, Ủy ban nhân dân xã Long Sơn - Thành phố Vũng Tàu; các hộ nuôi cá biển trong phạm vi nghiên cứu đã cung cấp thông tin, số liệu và tạo điều kiện về nguồn lực trong suốt quá trình nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Nghiên cứu sinh xin gửi lời cảm ơn đến các đồng nghiệp, bạn bè đã chia sẻ, động viên nghiên cứu sinh trong quá trình thực hiện luận án.

Sau cùng nghiên cứu sinh xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến gia đình đã động viên, giúp đỡ và tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất để nghiên cứu sinh hoàn thành luận án./.

*Hải Phòng, ngày      tháng      năm 2024*

**Tác giả luận án**

**Trần Quang Thư**

## MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU .....	5
1.1. Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ .....	5
1.1.1. Cân bằng dinh dưỡng N trong nước biển .....	6
1.1.2. Cân bằng dinh dưỡng P trong nước biển .....	11
1.1.3. Thái lượng dinh dưỡng N và P vào môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới .....	15
1.1.4. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường NCLVBVB trên thế giới .....	19
1.1.5. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB Việt Nam .....	23
1.2. Tổng quan giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P trong môi trường nước KVNCLVBVB trên thế giới và ở Việt Nam.....	31
1.2.1. Trên thế giới .....	31
1.2.2. Ở Việt Nam .....	34
1.3. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động NCLVBVB khu vực nghiên cứu .....	37
1.3.1. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	37
1.3.2. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển ở VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	41
1.3.3. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	42
Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	47
2.1. Sơ đồ nghiên cứu của luận án .....	47
2.2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	48
2.2.1. Đối tượng nghiên cứu .....	48
2.2.2. Phạm vi nghiên cứu.....	48
2.3. Phương pháp nghiên cứu.....	50
2.3.1. Tổng hợp thông tin, tài liệu, số liệu .....	50
2.3.2. Phương pháp lấy mẫu, bảo quản mẫu .....	52
2.3.3. Phương pháp phân tích thông số dinh dưỡng hòa tan N ( $N-NO_2^-$ , $N-NO_3^-$ , $N-NH_4^+$ , T-N) và P ( $P-PO_4^{3-}$ , T-P) trong nước .....	54
2.3.4. Phương pháp tính thái lượng dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng biển .....	57
2.3.5. Phương pháp đánh giá biến động chất lượng môi trường nước nuôi cá lồng biển .....	58

2.3.5. Phương pháp nghiên cứu động thái dinh dưỡng và tỷ lệ $N : P$ trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng bè	59
2.3.6. Phương pháp xác định mối quan hệ dinh dưỡng $N$ và $P$ trong nước	60
2.3.7. Phương pháp lập biểu đồ	62
2.3.8. Phương pháp xử lý số liệu	62
Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	63
3.1. Thải lượng dinh dưỡng $N$ và $P$ từ hoạt động NCLVBVB khu vực nghiên cứu	63
3.2. Biến động chất lượng môi trường nước KVNCLBVB Việt Nam	64
3.2.1. Biến động CLMT nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng	64
3.2.2. Biến động CLMT nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận	68
3.2.3. Biến động CLMT nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu	72
3.3. Động thái dinh dưỡng $N$ và $P$ trong môi trường nước khu nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam	75
3.3.1. Động thái dinh dưỡng $N$ và $P$ trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng	75
3.3.2. Động thái dinh dưỡng $N$ và $P$ trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận	91
3.3.3. Động thái dinh dưỡng $N$ và $P$ trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu	105
3.4. Quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng $N$ và $P$ trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam	120
3.4.1. Tỷ lệ $N : P$ trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng	120
3.4.2. Tỷ lệ $N : P$ trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận	122
3.4.3. Tỷ lệ $N : P$ trong của nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu	124
3.4.4. Tương quan giữa các thông số dinh dưỡng $N$ và $P$ của nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ	129
3.5. Đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam	132
3.5.1. Nguyên nhân ô nhiễm môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam	132
3.5.2. Giải pháp cụ thể cho từng khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ	135
3.5.3. Giải pháp chung đối với hoạt động nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ	137

3.5.4. Đề xuất mô hình quản lý (kiểm soát) môi trường khu vực nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ Việt Nam .....	137
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	141
1. KẾT LUẬN .....	141
2. KIẾN NGHỊ .....	142
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN.....	143
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	143
PHỤ LỤC.....	1

## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Chu trình N trong nước biển .....	7
Hình 1.2. Sơ đồ chu trình N trong biển .....	8
Hình 1.3. Biểu đồ khái quát chu trình N ở vùng biển (I), (II), (III), (IV) .....	10
Hình 1.4. Phân bố theo độ sâu của hợp phần dinh dưỡng N vô cơ ở vùng biển tây bắc Thái Bình Dương.....	11
Hình 1.5. Chu trình sinh địa hóa của P .....	12
Hình 1.6. Sơ đồ chu trình P trong biển .....	13
Hình 1.7. Biến trình năm giá trị trung bình hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> vùng biển ven bờ tây Vịnh Bắc Bộ .....	14
Hình 1.8. Biến trình hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ngày 27-7-1980 tại trạm Bạch Hổ, vùng biển Đông Nam bộ .....	14
Hình 1.9. Sản lượng nuôi trồng thủy sản và tăng trưởng nuôi trồng thủy sản (% tăng trưởng NT) của Việt Nam, năm 1995 - 2020 .....	24
Hình 1.10. Sơ đồ cấu trúc phân cấp để xác định sức tải môi trường .....	37
Hình 2.1. Địa điểm nghiên cứu tại khu nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ .....	49
Hình 3.1. Biến động giá trị RQ N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	66
Hình 3.2. Biến động giá trị RQ N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	67
Hình 3.3. Biến động giá trị RQ N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	67

Hình 3.4. Biến động giá trị RQP- $\text{PO}_4^{3-}$ của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	68
Hình 3.5. Biến động chỉ số RQ N- $\text{NO}_2^-$ của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	70
Hình 3.6. Biến động chỉ số RQN- $\text{NO}_3^-$ của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	70
Hình 3.7. Biến động chỉ số RQ N- $\text{NH}_4^+$ của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	71
Hình 3.8. Biến động chỉ số RQ P- $\text{PO}_4^{3-}$ của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	72
Hình 3.9. Biến động chỉ số RQ N- $\text{NO}_2^-$ của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.....	73
Hình 3.10. Biến động chỉ số RQ N- $\text{NO}_3^-$ của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.....	74
Hình 3.11. Biến động chỉ số RQN- $\text{NH}_4^+$ của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.....	74
Hình 3.12. Biến động chỉ số RQP- $\text{PO}_4^{3-}$ của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.....	75
Hình 3.13. Biến động hàm lượng N- $\text{NO}_2^-$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021.....	77
Hình 3.14. Biến động hàm lượng N- $\text{NO}_3^-$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021.....	77
Hình 3.15. Biến động hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021.....	77
Hình 3.16. Biến động hàm lượng T-N trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021 .....	77
Hình 3.17. Biến động hàm lượng N- $\text{NO}_2^-$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021.....	78
Hình 3.18. Biến động hàm lượng N- $\text{NO}_3^-$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021.....	78
Hình 3.19. Biến động hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$ trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021.....	79
Hình 3.20. Biến động hàm lượng T-N trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021 .....	79



Hình 3.21. Hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020 .....	81
Hình 3.22. Hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020 .....	81
Hình 3.23. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021.....	85
Hình 3.24. Biến động hàm lượng T-P trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021 .....	85
Hình 3.25. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021.....	86
Hình 3.26. Biến động hàm lượng T-P trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021.....	86
Hình 3.27. Hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P (mg/l) trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển VV Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020 .....	87
Hình 3.28. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	91
Hình 3.29. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQP-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	91
Hình 3.30. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQN-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	91
Hình 3.31. Biến động hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	92
Hình 3.32. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	92
Hình 3.33. Biến động hàm lượng N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	93
Hình 3.34. Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	93
Hình 3.35. Biến động hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	94
Hình 3.36. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	94
Hình 3.37. Biến động hàm lượng N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	95

Hình 3.38. Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	95
Hình 3.39. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong nước theo tháng năm 2021 tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	96
Hình 3.40. Biến động hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo tháng năm 2021 tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	96
Hình 3.41. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	99
Hình 3.42. Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021 .....	99
Hình 3.43. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	100
Hình 3.44. Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021 .....	100
Hình 3.45. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo tháng tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	101
Hình 3.46. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	104
Hình 3.47. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	104
Hình 3.48. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	105
Hình 3.49. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận.....	105
Hình 3.50. Biến động hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	106
Hình 3.51. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	106
Hình 3.52. Biến động hàm lượng N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	107
Hình 3.53. Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	107
Hình 3.54. Biến động hàm lượng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	108

Hình 3.55. Biến động hàm lượng $N-NO_2^-$ trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	108
Hình 3.56. Biến động hàm lượng $N-NO_3^-$ trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	109
Hình 3.57. Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	109
Hình 3.58. Hàm lượng dinh dưỡng N trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu (điểm LS2), năm 2020 .....	110
Hình 3.59. Biến động hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	113
Hình 3.60. Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021 .....	113
Hình 3.61. Biến động hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	114
Hình 3.62. Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021 .....	114
Hình 3.63. Hàm lượng dinh dưỡng P trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu (điểm LS2), năm 2020 .....	115
Hình 3.64. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	119
Hình 3.65. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường RQP- $PO_4^{3-}$ tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	119
Hình 3.66. Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường RQN- $NH_4^+$ tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	119
Hình 3.67. Tỷ lệ $N-NH_4^+ : P-PO_4^{3-}$ trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng năm 2018 - 2022 .....	122
Hình 3.68. Tỷ lệ $N-NH_4^+ : P-PO_4^{3-}$ của nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận năm 2019 - 2022 .....	124
Hình 3.69. Tỷ lệ $N-NH_4^+ : P-PO_4^{3-}$ của nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu năm 2018 - 2022.....	126
Hình 3.70. Biểu đồ tương quan giữa thông số $N-NH_4^+$ với T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	130
Hình 3.71. Biểu đồ tương quan giữa thông số $N-NO_2^-$ với $N-NO_3^-$ trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	130

Hình 3.72. Trung tâm điện lực Vĩnh Tân.....	134
Hình 3.73. Bến cá xã Vĩnh Tân.....	134
Hình 3.74. Cá biển nuôi bị chết nổi tại bè trên sông Chà Và - Long Sơn .....	135
Hình 3.75. Mật độ ô lông dày đặc trên sông Chà Và - Long Sơn.....	135
Hình 3.76. Quản lý môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ .....	138

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Tỷ lệ % của NH <sub>3</sub> trong tổng hàm lượng amonia ở các giá trị pH và nhiệt độ khác nhau .....	9
Bảng 1.2. Hàm lượng dinh dưỡng N trong nước biển .....	11
Bảng 1.3. Hàm lượng dinh dưỡng P trong nước biển .....	14
Bảng 1.4. Tải lượng N tại những KVNCLVBVB từ một số nghiên cứu .....	16
Bảng 1.5. Ma trận tương quan giữa các thông số chất lượng nước tại hồ Okubo - Nhật Bản .....	20
Bảng 1.6. Tổng hợp kết quả nghiên cứu tỷ lệ T-N/T-P trong nước biển.....	22
Bảng 1.7. Kết quả phân tích tương quan giữa các yếu tố chất lượng nước thông qua hệ số tương quan Pearson .....	29
Bảng 1.8. Bảng tổng hợp các nghiên cứu trong nước về tỷ lệ T-N/T-P trong các thủy vực (khu vực nước nghiên cứu) .....	30
Bảng 1.9. Dữ liệu đánh giá sức tải môi trường cho hệ thống NTTS .....	36
Bảng 1.10. Tính toán về năng suất, sản lượng cá nuôi khu vực hòn Bọ Cắn (Quảng Ninh) quy mô 50 ha mặt nước .....	36
Bảng 1.11. Số lượng cơ sở nuôi cá lồng biển ở VV Cát Bà - Hải Phòng .....	40
Bảng 1.12. Số lượng cơ sở nuôi cá lồng VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	44
Bảng 2.1. Vị trí các điểm nghiên cứu tại VV Cát Bà - Hải Phòng .....	48
Bảng 2.2. Vị trí điểm nghiên cứu tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	48
Bảng 2.3. Vị trí các điểm nghiên cứu tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.....	50
Bảng 2.4. Bảng tổng hợp nguồn dữ liệu, số liệu trong nghiên cứu của luận án .....	51
Bảng 2.5. Kỹ thuật bảo quản mẫu cho phân tích dinh dưỡng trong nước biển .....	53
Bảng 2.6. Tổng hợp số liệu dinh dưỡng N, P trong nước KVNCLVBVB theo năm, mùa, tháng và thời gian lấy mẫu theo giờ trong ngày.....	54

Bảng 2.7. Phương pháp phân tích thông số dinh dưỡng trong nước .....	57
Bảng 2.8. Hệ số phát thải của dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng biển ..	58
Bảng 2.9. Chỉ số rủi ro môi trường RQtb .....	59
Bảng 2.10. Tỷ lệ T-N/T-P (thể hiện bằng trọng lượng) đối với các điều kiện giới hạn khác nhau trong nước ngọt, nước cửa sông và nước ven biển .....	60
Bảng 3.1. Lượng phát thải dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, VCS Long Sơn - Vũng Tàu, năm 2020 - 2021 .....	64
Bảng 3.2. Giá trị chỉ số rủi ro môi trường RQtb (tính theo TCVN và Tiêu chuẩn ASEAN) của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng, năm 2018 - 2022 .....	65
Bảng 3.3. Biến động chỉ số rủi ro môi trường RQtb nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận (năm 2019 - 2022) .....	69
Bảng 3.4. Biến động rủi ro môi trường nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu (năm 2018 - 2022).....	73
Bảng 3.5. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> và T-N trong nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa khô.....	78
Bảng 3.6. Biến động dinh dưỡng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> và T-N trong nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa mưa .....	79
Bảng 3.7. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	82
Bảng 3.8. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	83
Bảng 3.9. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	84
Bảng 3.10. Biến động dinh dưỡng P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa khô và mùa mưa .....	86
Bảng 3.11. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	87
Bảng 3.12. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng .....	88
Bảng 3.13. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	89

Bảng 3.14. Khối lượng dinh dưỡng N, P (kg) trong nước khu vực nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam.....	90
Bảng 3.15. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại vùng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa khô.....	93
Bảng 3.16. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa mưa.....	95
Bảng 3.17. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	97
Bảng 3.18. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	97
Bảng 3.19. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	98
Bảng 3.20. Biến động hàm lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa khô và mùa mưa .....	100
Bảng 3.21. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	101
Bảng 3.22. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	102
Bảng 3.23. Biến động hàm lượng P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , T-P trong nước theo chu kỳ triều tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	102
Bảng 3.24. Khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam.....	103
Bảng 3.25. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> và T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa khô .....	107
Bảng 3.26. Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> và T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa mưa .....	109
Bảng 3.27. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	111
Bảng 3.28. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	111
Bảng 3.29. Biến động hàm lượng N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn.....	112

Bảng 3.30. Biến động hàm lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa khô và mùa mưa .....	114
Bảng 3.31. Biến động hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	115
Bảng 3.32. Biến động hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	116
Bảng 3.33. Biến động hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-P trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	117
Bảng 3.34. Khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam .....	118
Bảng 3.35. Biến động tỷ lệ N- $\text{NH}_4^+$ : N- $\text{NO}_3^-$ : N- $\text{NO}_2^-$ của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu.....	127
Bảng 3.36. Biến động tỷ lệ N- $\text{NH}_4^+$ : P- $\text{PO}_4^{3-}$ của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu .....	128
Bảng 3.37. Biến động tỷ lệ T-N : T-P của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu .....	128
Bảng 3.38. Tổng hợp giá trị T-N : T-P và giá trị RQtb của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu.....	129
Bảng 3.39. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa các thông số N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NO}_3^-$ , N- $\text{NH}_4^+$ , P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-N, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng.....	130
Bảng 3.40. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa thông số dinh dưỡng N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NO}_3^-$ , N- $\text{NH}_4^+$ , T-N, P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận .....	131
Bảng 3.41. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa thông số dinh dưỡng N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NO}_3^-$ , N- $\text{NH}_4^+$ , T-N, P- $\text{PO}_4^{3-}$ , T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu .....	132

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Nội dung</b>
BVMT	Bảo vệ môi trường
CLMT	Chất lượng môi trường
GHCP	Giới hạn cho phép
KV	Khu vực
KVNCLVBVB	Khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ
LN	Lớn nhất
N	Nitơ
NCLVBVB	Nuôi cá lồng vùng biển ven bờ
NTTS	Nuôi trồng thủy sản
NN	Nhỏ nhất
ÔNMT	Ô nhiễm môi trường
P	Phốtpho
QCVN	Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
T-N	Tổng nitơ
T-P	Tổng phốtpho
RQ	Chỉ số rủi ro môi trường
RQtb	Chỉ số rủi ro môi trường trung bình
VB	Vùng biển
VCS	Vùng cửa sông
VV	Vùng vịnh



## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của luận án

Hoạt động nuôi cá lồng tập trung ở vùng biển ven bờ trong thời gian qua đã phát triển thành nghề sản xuất hàng hoá; góp phần quan trọng tạo việc làm và tăng thu nhập từ lĩnh vực thủy sản ở nhiều địa phương ven biển, đồng thời là yếu tố quyết định đến việc giảm áp lực khai thác ven bờ, bảo vệ nguồn lợi và tăng kim ngạch xuất khẩu ngành thủy sản của Việt Nam.

Những địa phương có tiềm năng nuôi cá biển gồm: Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hóa, Nghệ An, Khánh Hòa, Bình Thuận, Phú Yên, Bà Rịa - Vũng Tàu, Cà Mau, Kiên Giang [1].

Đối tượng cá biển nuôi bằng lồng bè khá phong phú, bao gồm: Cá Song, cá Giò, cá Hồng, cá Sù sao, cá Tráp, cá Chim. Sự gia tăng số lượng và mật độ cá biển nuôi gây áp lực đến chất lượng môi trường (CLMT) nước khu vực nuôi tập trung [2, 3, 4].

Nghề nuôi cá lồng vùng biển ven bờ với các đối tượng nuôi đã và đang chịu tác động đa chiều bởi vấn đề ô nhiễm, suy thoái môi trường và dịch bệnh. Tính bền vững của hoạt động nuôi cá biển phụ thuộc và bị chi phối bởi CLMT biển và ven bờ, trong đó CLMT nước là yếu tố quan trọng quyết định thành công của mùa vụ nuôi cá biển. Khi CLMT nước suy giảm hoặc ô nhiễm bởi hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước cao, mà phổ biến thường gặp là các chất dinh dưỡng nitơ (N) và photpho (P) hòa tan vượt ngưỡng chịu tải của môi trường thủy vực nuôi.

Trạng thái tồn tại của dinh dưỡng N, P trong nước phản ánh CLMT nước. Hợp chất N trong nước tự nhiên là nguồn dinh dưỡng cho các loài thực vật; trong nước N có thể tồn tại ở các dạng chính sau: các hợp chất N hữu cơ dạng prôtêin hay các sản phẩm phân rã; amôniac và các muối amôn như  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \dots$ ; các hợp chất dưới dạng nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) và N tự do. Trong nước có thể xảy ra các quá trình oxy hóa và quá trình khử prôtêin thành  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2$ . Nếu trong nước chứa hầu hết các hợp chất hữu cơ chứa N, amôniac và  $\text{NH}_4\text{OH}$  thì chứng tỏ nước mới bị ô nhiễm, khí  $\text{NH}_3$  trong nước sẽ ảnh hưởng nhiễm độc tới cá và các vi sinh vật. Nếu nước chứa chủ yếu hợp chất N ở dạng nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) là nước đã ô nhiễm một thời gian dài hơn. Nếu nước chứa chủ yếu hợp chất N ở dạng nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) chứng tỏ quá trình

ôxy hóa đã kết thúc. Tuy vậy,  $\text{NO}_3^-$  chỉ bền ở điều kiện hiếu khí, trong điều kiện yếm khí chúng nhanh chóng bị khử thành N tự do ( $\text{N}_2\uparrow$ ) tách ra khỏi nước, loại trừ được sự phát triển của tảo và các thực vật khác sống dưới nước. Phốt pho có thể tồn tại trong nước dưới các dạng  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , các polyphosphat như  $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$  và P hữu cơ. Đây là một trong những nguồn dinh dưỡng cho các thực vật dưới nước, gây ô nhiễm và thúc đẩy phú dưỡng trong thủy vực [5, 6].

Trong môi trường nước nuôi thủy sản, hàm lượng các chất dinh dưỡng N, P cao sẽ làm giảm ôxy hòa tan (DO) và pH của nước, tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật gây bệnh phát triển, ảnh hưởng đến các đối tượng thủy sản nuôi [7].

Nghề nuôi cá lồng vùng biển Cát Bà - Hải Phòng và Long Sơn - Vũng Tàu đã từng gặp khó khăn do môi trường nước bị ô nhiễm: Năm 2012, các hộ nuôi cá lồng bè ở Cát Bà thiệt hại khoảng 60 - 100 tỷ đồng [3]. Giai đoạn 2018 - 2019, cá biển nuôi tại Long Sơn liên tục bị chết, gây thiệt hại nặng cho các hộ nuôi. Tháng 7/2019 có khoảng 10 hộ nuôi cá lồng biển tại Long Sơn bị thiệt hại từ 70 - 100%, số lượng cá chết khoảng 73.460 cá thể; hộ nuôi thiệt hại nhiều nhất hơn 1 tỷ đồng, ít nhất cũng vài trăm triệu đồng [4].

Nuôi thủy sản nói chung và nuôi cá lồng vùng biển ven bờ (NCLVBVB) nói riêng, CLMT nước là yếu tố sống còn và quyết định năng suất sản lượng mùa vụ. Trong các yếu tố quyết định đó, hàm lượng N và P trong nước NCLVBVB có biến động theo đặc điểm từng khu vực nuôi. Điều này tạo ra môi trường thuận lợi cho dịch bệnh phát triển và phú dưỡng xảy ra sẽ gây thiệt hại lớn cho người nuôi. Do đó, nghiên cứu những thay đổi, biến đổi tỷ lệ, hàm lượng N và P trong nước NCLVBVB là hết sức cần thiết cho thực tiễn sản xuất và quản lý môi trường (QLMT) vùng nuôi cá lồng biển tại Việt Nam.

Để giải quyết được một trong những yêu cầu trên, việc thực hiện luận án "*Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam*" có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, giúp cho việc theo dõi và điều chỉnh môi trường nước vùng nuôi biển ven bờ, góp phần chỉ đạo sản xuất, phát triển bền vững nghề NCLVBVB tại Việt Nam.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

- Xác định được động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam tại 03 khu vực nghiên cứu: vùng vịnh (VV) tại Cát Bà - Hải Phòng, vùng biển (VB) Vĩnh Tân - Bình Thuận và vùng cửa sông (VCS) ven biển Long Sơn - Vũng Tàu.

- Đề xuất được giải pháp quản lý môi trường phục vụ cho việc phát triển bền vững nghề nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

## 3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tải lượng dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ.

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N và P trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

- Nghiên cứu động thái, mối quan hệ các thông số dinh dưỡng N ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , T-N) và P ( $P-PO_4^{3-}$ , T-P) trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

- Đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường để phát triển bền vững nghề nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

## 4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- *Ý nghĩa khoa học*: Nghiên cứu được động thái dinh dưỡng N và P theo thời gian, theo mùa, theo thủy triều; quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng N và P trong nước nuôi cá lồng ở vùng biển ven bờ Việt Nam (VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và VCS Long Sơn - Vũng Tàu). Kết quả của luận án cung cấp cơ sở khoa học phục vụ xây dựng giải pháp quản lý, công tác quy hoạch, biện pháp nâng cao hiệu suất nuôi cá lồng vùng biển ven bờ;

- *Ý nghĩa thực tiễn*: Kết quả nghiên cứu của luận án là căn cứ đề xuất giải pháp giảm thiểu tác động dư thừa dinh dưỡng N, P trong môi trường nước; đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường (BVMT) và tối ưu năng suất nuôi cá lồng ở vùng biển ven bờ Việt Nam.

## 5. Những đóng góp mới của luận án

- Luận án là công trình nghiên cứu có hệ thống về động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB Việt Nam tại 03 khu vực nghiên cứu: 1) VV Cát Bà - Hải Phòng, 2) VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và 3) VCS Long Sơn - Vũng Tàu.

- Xác định được động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm) tương ứng với 3 khu vực nghiên cứu (VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân, VCS Long Sơn) gồm:

+ Xác định được biến động hàm lượng dinh dưỡng N ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , T-N) và P ( $P-PO_4^{3-}$ , T-P) trong môi trường nước NCLVBVB tại VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân và VCS Long Sơn.

+ Xác định được tỷ lệ N/P trong môi trường nước NCLVBVB (cụ thể tỷ lệ A là  $N-NH_4^+/N-NO_3^-/N-NO_2^-$ ; tỷ lệ B là  $N-NH_4^+/P-PO_4^{3-}$  và tỷ lệ C là T-N/T-P) cho kết quả đặc trưng tương ứng 3 vùng nghiên cứu là: VV Cát Bà (11,4 : 5,1 : 1; 2,1 : 1 và 18,7 : 1); VB Vĩnh Tân (13,7 : 3,9 : 1; 5,6 : 1 và 7,2 : 1); VCS Long Sơn (17,1 : 4,8 : 1; 4,1 : 1 và 19,0 : 1).

+ Bước đầu xác định tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N, P trong môi trường nước NCLVBVB; kết quả thể hiện đặc điểm dinh dưỡng trong nước của từng khu vực nuôi, phản ánh quá trình phân hủy và nguồn thải dinh dưỡng N, P tác động đến môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển.

- Đề xuất được giải pháp tổng hợp để điều chỉnh lượng dinh dưỡng N và P trong nước NCLVBVB Việt Nam trên cơ sở kết quả nghiên cứu 3 vùng nuôi cá biển tập trung trong luận án.

## 6. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc của luận án gồm các phần: Mở đầu (trang 1 - 4). Chương 1. Tổng quan nghiên cứu (trang 5 - 46). Chương 2. Phương pháp nghiên cứu (trang 47 - 62). Chương 3. Kết quả và thảo luận (trang 63 - 140). Kết luận và kiến nghị (trang 141 - 142). Danh mục công trình công bố liên quan đến luận án (trang 143). Tài liệu tham khảo (trang 143 - 150). Phụ lục (trang 1 - 7).

## Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

### 1.1. Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ

Trong luận án, một số khái niệm và định nghĩa được sử dụng gồm:

- Động thái: Biểu hiện biến đổi của một tình trạng theo thời gian, theo sự phát triển [8].

- Dinh dưỡng N: Các hợp chất nitơ (N) trong biển là hợp phần N vô cơ hòa tan, tồn tại ở dạng ion amonia ( $N-NH_4^+$ ), nitrit ( $N-NO_2^-$ ), nitrat ( $N-NO_3^-$ ) và T-N [5].

- Dinh dưỡng P: hàm lượng photpho (P) vô cơ hòa tan ( $P-PO_4^{3-}$ ) và T-P [5].

- Động thái dinh dưỡng N và P: Biểu hiện biến đổi hàm lượng dinh dưỡng N và P trong nước theo thời gian, không gian của từng vùng nghiên cứu.

- Nuôi cá lồng biển: Là cách nuôi cá và các hải sản khác ở lồng trên biển hoặc là cách nuôi trong lồng đặt ở biển, nhờ dòng chảy của nước thủy triều lên xuống [9].

- Vai trò của nước trong nuôi cá lồng biển:

Môi trường nước đóng vai trò quan trọng và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của nghề NCLVBVB đó là: Chất lượng nước khu vực nuôi luôn chịu tác động và ảnh hưởng bởi thức ăn dư thừa, cùng với chất thải bài tiết của đối tượng cá nuôi sinh ra trong quá trình nuôi, sự rửa trôi của chất thải ven bờ, trầm tích đáy, điều kiện tự nhiên, địa hình khu vực, chế độ dòng triều.

Nguồn chất thải vào môi trường nước kết hợp với đặc điểm tự nhiên khu vực nuôi đã tạo ra phản ứng trao đổi sinh hóa, tác động qua lại lẫn nhau trong hệ sinh thái môi trường nước NCLVBVB. Khi môi trường nước bị ô nhiễm sẽ ảnh hưởng đến sinh trưởng của cá biển, làm giảm khả năng chống chịu với tác nhân gây bệnh, dẫn đến cá nuôi chậm lớn, thậm chí bị nhiễm bệnh [10].

Hàm lượng dinh dưỡng N, P trong nước cao gây ô nhiễm môi trường (ÔNMT) thủy vực nuôi. Mật độ cá biển nuôi dày đặc, thức ăn dư thừa tại các ô lồng nuôi làm gia tăng hàm lượng  $NH_3$ ,  $N-NO_2^-$  trong nước, tạo điều kiện thuận lợi cho sinh vật phù du phát triển. Cả  $NH_3$  và  $N-NO_2^-$  có thể gây nhiễm độc trực tiếp cho cá biển nuôi [11, 12]. Ở điều kiện bình thường,  $NH_3$  trong nước được một số vi khuẩn sử dụng để nitrat hóa, chúng chuyển  $NH_3$  thành  $N-NO_2^-$  và một số khác sẽ chuyển  $N-NO_2^-$  thành N-

$\text{NO}_3^-$  không gây hại cho cá biển nuôi.  $\text{N-NO}_3^-$  có thể được sử dụng bởi thực vật hoặc vi khuẩn khử N và chuyển hóa thành N. Quá trình chuỗi phản ứng này được gọi là chu trình N. Tuy nhiên trong điều kiện nuôi, liên quan đến chất lượng nước, quá trình chịu tác động từ các nguồn ô nhiễm (nguồn lục địa, nông nghiệp, công nghiệp...), mật độ nuôi, cách thức cho ăn dẫn đến hàm lượng  $\text{NH}_3$  cao trong nước.

Hàm lượng dinh dưỡng N, P trong nước nuôi trồng thủy sản (NTTS) nói chung và NCLVBVB nói riêng là vấn đề cần được chú trọng quan tâm [13, 9]. Đối với nhóm dinh dưỡng hòa tan trong nước, những thông số được chú ý là nhóm muối có chứa gốc amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), gốc nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) và gốc photphát ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) [14]. Đối với nuôi cá lồng vùng biển ven bờ, nhóm dinh dưỡng đóng vai trò quan trọng quyết định chất lượng nước nuôi và ảnh hưởng đến môi trường, hệ sinh thái xung quanh [15].

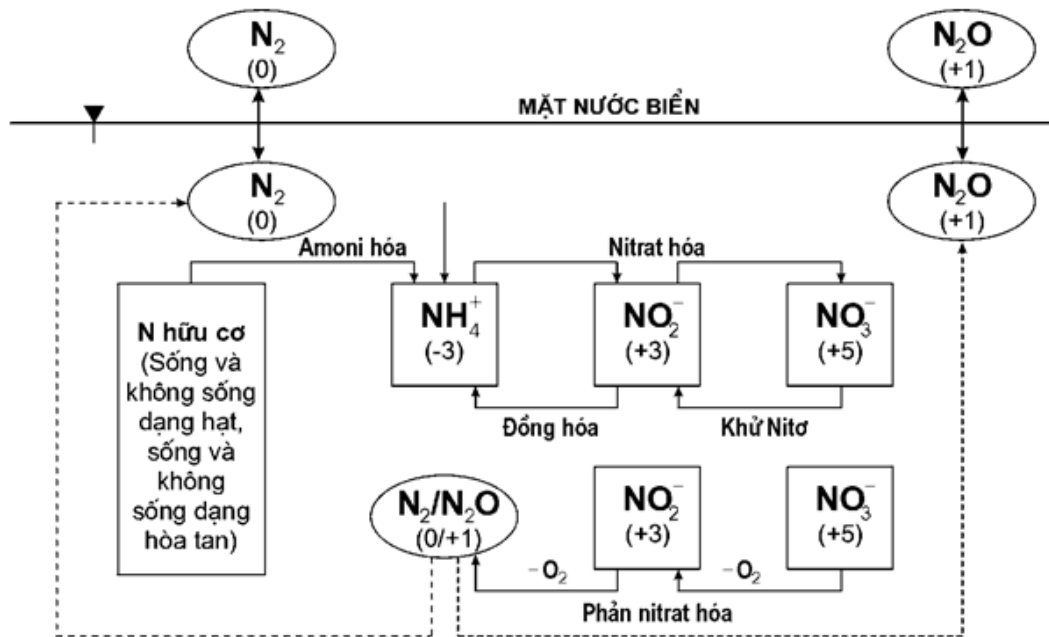
Nuôi thâm canh cá lồng vùng biển ven bờ thải ra lượng lớn N vào môi trường nuôi từ nguồn thức ăn thừa (chỉ có 20% N trong thức ăn được cá hấp thụ) và quá trình trao đổi chất sẽ hình thành ở dạng  $\text{NH}_3$ . Chúng có thể gây tác hại trực tiếp đến đối tượng cá nuôi, gây suy giảm hàm lượng oxy trong nước, là một trong những nguyên nhân tạo điều kiện cho các vi khuẩn gây bệnh phát triển ảnh hưởng và gây hại đến đối tượng nuôi [16]; nguồn thải dinh dưỡng N kết hợp với dinh dưỡng P từ hoạt động nuôi cá lồng biển là nguyên nhân gây phú dưỡng trong môi trường nước, gây hiện tượng tảo nở hoa, gây ÔNMT nước ảnh hưởng đến các đối tượng cá nuôi [17].

### ***1.1.1. Cân bằng dinh dưỡng N trong nước biển***

Trong nước biển, phần quan trọng và có ý nghĩa nhất của các hợp chất N là hợp phần N vô cơ hoà tan và tồn tại ở dạng ion amoni ( $\text{N-NH}_4^+$ ), nitrit ( $\text{N-NO}_2^-$ ) và nitrat ( $\text{N-NO}_3^-$ ). Các dạng tồn tại mà thực vật có thể đồng hoá được N trong quá trình quang hợp để tổng hợp nên chất hữu cơ. Giữa các dạng N vô cơ và hữu cơ có sự chuyển hoá lẫn nhau; sự chuyển hoá được thực hiện trong hai quá trình là quang hợp và phân huỷ chất hữu cơ. N trong các hợp chất N vô cơ ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ) được thực vật đồng hoá trong quá trình quang hợp tạo ra các phần mô của thực vật và trở thành N liên kết trong tế bào thực vật, tiếp đó N được chuyển hoá thành tế bào động vật ở các bậc dinh dưỡng khác nhau. Ngược lại, quá trình phân huỷ và khoáng hóa các tàn tích hữu cơ ở các giai đoạn khác nhau đã chuyển hầu hết N liên kết trong các chất hữu cơ thành các hợp chất N vô cơ trả lại cho môi trường.

- Các trạng thái tồn tại của N trong môi trường nước biển:

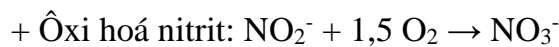
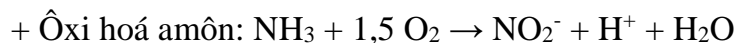
Trong nước biển, N là một nguyên tố cơ bản của sự sống, chiếm tỷ trọng gần 10% trọng lượng khô của các tế bào vi khuẩn; N tồn tại ở nhiều trạng thái khác nhau nhưng phổ biến nhất là dạng N hữu cơ và dạng muối dinh dưỡng (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Các dạng tồn tại của các hợp chất N đều không bền, luôn luôn chuyển hóa lẫn nhau theo chu trình sinh địa hóa N (thể hiện ở Hình 1.1).



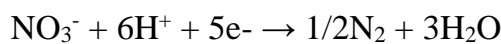
**Hình 1.1.** Chu trình N trong nước biển [5]

Các quá trình của chu trình N trong nước biển tự nhiên là chuỗi các chuyển hóa bởi vi sinh vật như sau:

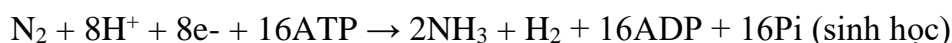
- Quá trình nitrit hoá: gồm hai bước là ôxi hoá amôn và ôxi hoá nitrit



- Quá trình phản nitrat:



- Quá trình cố định Nitơ:



Quá trình sinh ra hoặc khử N<sub>2</sub>O phụ thuộc vào tỷ lệ hàm lượng ôxi và nitrit. Quá trình đồng hoá amôn tạo thành hợp chất N hữu cơ.

Vi sinh vật tham gia vào tất cả các quá trình chuyển hóa trên thuộc các nhóm khác nhau: nhóm vi sinh vật cố định N, nhóm phân hủy các hợp chất hữu cơ thành

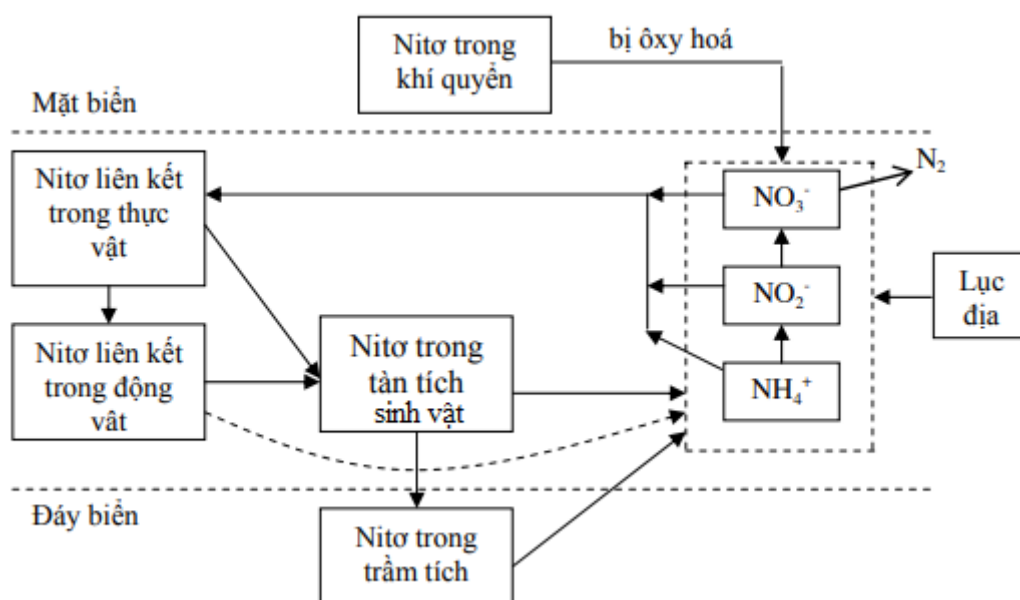
amoniac (nhóm amoni hóa), nhóm vi khuẩn nitrat hóa và nhóm phản nitrat hóa.

Trong môi trường nước, các dạng N đóng vai trò quan trọng nhất đối với động thực vật thủy sinh là các dạng muối khoáng hòa tan amoni, nitrit và nitrat.

N là một yếu tố cần thiết trong cấu trúc của protein và axit nucleic. Các hợp chất N vô cơ có liên quan đến các phản ứng khử sinh học. Trong chu trình N, các hoá trị của N thay đổi từ -3 đến +5. Chu trình N là một chu trình phức tạp bao gồm một loạt các chuyển hoá các hợp chất N với sự tham gia của nhiều nhóm sinh vật, trong đó có vai trò quan trọng của các nhóm vi sinh vật (bao gồm cả tảo và vi khuẩn).

Những hoạt động của con người đã làm tổn hại đến đại dương, gây ra những tác động đáng kể cho hệ sinh thái biển nói chung và chu trình N nói riêng. Ở một số vùng bao gồm cả các vùng ven bờ, vùng có mức độ dinh dưỡng cao, vùng có mức độ chlorophyll thấp, nước trời hoặc nước chìm đều có thể cung cấp N với mức hàm lượng vượt quá nhu cầu của thực vật phù du. Chính vì vậy mà có những thay đổi lớn về mặt địa lý trong các nguồn và dòng nitrat và amoni.

Các quá trình của chu trình N và các nguồn tác động đến hợp phân dinh dưỡng N vô cơ trong biển được mô tả ở Hình 1.2.



**Hình 1.2.** Sơ đồ chu trình N trong biển [18]

- **Amoniac:** Amoniac là sản phẩm đầu tiên của quá trình vô cơ hóa các hợp chất hữu cơ, là dạng oxy hóa thấp nhất của các hợp chất N. Trong môi trường tự nhiên, amoniac tồn tại ở hai dạng ion amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) và dạng amoniac ( $\text{NH}_3$ ) tùy thuộc vào điều kiện



pH và nhiệt độ của môi trường (Bảng 1.1). Dạng không ion ( $\text{NH}_3$ ) gây độc đối với sinh vật thủy sinh trong khi dạng ion ( $\text{NH}_4^+$ ) ít có tác dụng gây độc.

Amoniac đi vào môi trường nước biển chủ yếu qua hai con đường chính là sản phẩm của quá trình cố định N không khí nhờ vi khuẩn và quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ chứa N (amoni hóa). Trong môi trường hiếu khí, nó không bền và thường xuyên bị chuyển hóa thành các dạng hợp chất có số oxy hóa cao hơn là  $\text{N-NO}_2^-$  và sản phẩm cuối cùng là  $\text{N-NO}_3^-$  thông qua quá trình nitrat hóa.

Trong điều kiện nhiệt độ và pH của nước cao, quá trình ô nhiễm tăng, hàm lượng  $\text{NH}_3$  trong nước cao. Tỷ lệ % của  $\text{NH}_3$  trong tổng hàm lượng amonia tăng pH của nước tăng từ 7,0 - 8,8 khi điều kiện nhiệt độ nước là  $26^\circ\text{C}$  - tăng 27,04%; nhiệt độ nước là  $28^\circ\text{C}$  - tăng 29,89%; nhiệt độ nước  $30^\circ\text{C}$  - tăng 33,09% nhiệt độ nước  $32^\circ\text{C}$  - tăng 36,81% [19].

**Bảng 1.1.** Tỷ lệ % của  $\text{NH}_3$  trong tổng hàm lượng amonia ở các giá trị pH và nhiệt độ khác nhau [20]

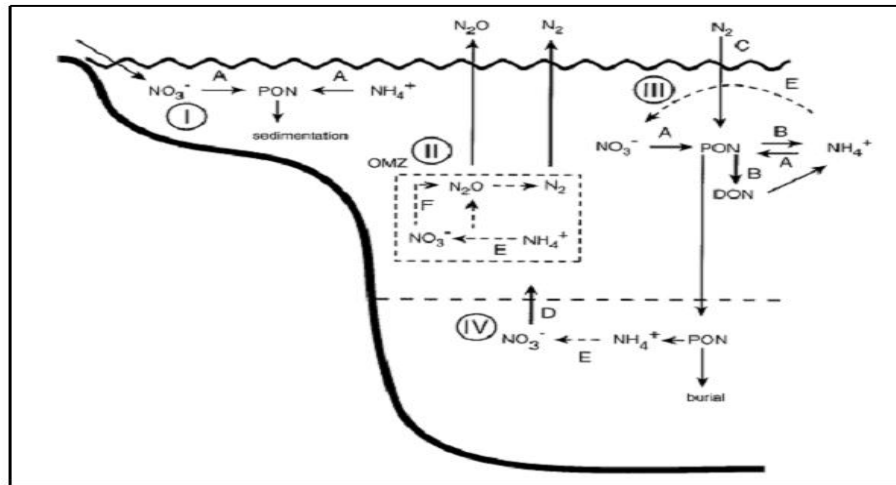
pH	Nhiệt độ ( $^\circ\text{C}$ )			
	26	28	30	32
7,0	0,60	0,70	0,81	0,95
7,2	0,95	1,10	1,27	1,50
7,4	1,50	1,73	2,00	2,36
7,6	2,35	2,72	3,13	3,69
7,8	3,68	4,24	1,88	5,72
8,0	5,71	6,55	7,52	8,77
8,2	8,75	10,00	11,41	13,22
8,4	13,20	14,98	16,96	19,46
8,6	19,42	21,83	24,45	27,68
8,8	27,64	30,68	33,90	37,76

- **Nitrit:** Nitrit là trạng thái trung gian giữa dạng khử ( $\text{NH}_3$ ) và dạng oxy hóa ( $\text{NO}_3^-$ ) không bền và rất dễ bị chuyển hóa thành dạng khí axit nitơ hoặc dạng nitrat tùy theo điều kiện môi trường. Trong môi trường hiếu khí, nó bị oxy hóa khá nhanh thành nitrat nhờ nhóm vi khuẩn nitrat hóa (nitrobacter), trong điều kiện kỵ khí nó bị khử bởi nhóm vi khuẩn phản nitrat hóa (denitroficans) đến sản phẩm cuối cùng là các khí ( $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) bay vào môi trường.

Nitrit khá độc đối với sinh vật thủy sinh. Nó có thể kết hợp với hemoglobin trong máu động vật thủy sinh tạo thành hợp chất methemoglobin khá bền. Kết quả là nhân Fe trong hemoglobin bị oxy hóa và máu không có tác dụng vận chuyển oxy.

**-Nitrat:** Nitrat là dạng oxy hóa cao nhất của các hợp chất N và thường xuyên có mặt trong nước tự nhiên; là sản phẩm của quá trình phân hủy hiếu khí các hợp chất hữu cơ chứa N. Trong nguồn nước mặt, nitrat là một dinh dưỡng được thực vật hấp thụ và được chuyển vào trong tế bào sống; nó có tác dụng kích thích phát triển thực vật, đặc biệt đối với tảo và là nguyên nhân gây ra hiện tượng phú dưỡng, nở hoa tảo [21].

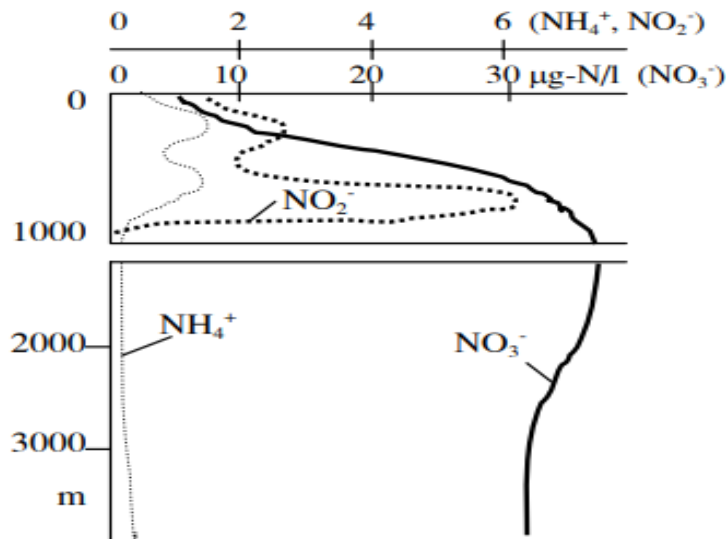
Trong môi trường nước biển, chu trình N được phân chia theo vùng biển được thể hiện ở Hình 1.3.



**Hình 1.3.** Biểu đồ khái quát chu trình N ở vùng biển (I), (II), (III), (IV) [18]

Ở Hình 1.3, vùng biển ven bờ và nước trời (I), vùng nước có hàm lượng ô xy thấp - OMZs (II), nước mặt ở vùng biển hở (III), và vùng nước sâu (IV), PON: mảnh vụn N hữu cơ. Đường nét đứt chỉ sự chuyển hóa liên quan đến nhiều bước, chu trình A, DIN: sự đồng hóa; B: sự tái sinh amôn; C: sự cố định N; D: Sự phân tán và bình lưu từ vùng nước sâu; E: quá trình amôn hóa; F: quá trình nitrit hóa; G: quá trình phản nitrat, trong đó DIN là N vô cơ hòa tan, DON là N hữu cơ hòa tan [18].

Xu thế phân bố của nitrat (sản phẩm cuối cùng của quá trình đạm hoá) hoàn toàn tương tự photphat [5]. Các ion amôni và nitrit do bị chi phối bởi quá trình đạm hoá nên xu thế phân bố bị biến dạng theo độ sâu của hợp phần dinh dưỡng N vô cơ ở vùng biển tây bắc Thái Bình Dương.



**Hình 1.4.** Phân bố theo độ sâu của hợp phần dinh dưỡng N vô cơ ở vùng biển tây bắc Thái Bình Dương [5]

#### + Hàm lượng dinh dưỡng N trong nước biển

Như trình bày ở trên, chu trình N trong nước biển bắt đầu từ quá trình phân hủy N hữu cơ từ các nguồn vật chất và chuyển hóa sang các dạng N- $\text{NH}_4^+$ , N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NO}_3^-$  hòa tan trong nước.

Theo Đoàn Bộ (2001) [5] và Frank J. Millero (2013) [20]: hàm lượng dinh dưỡng N- $\text{NH}_4^+$ , N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NO}_3^-$ , T-N trong nước ở vùng biển nhiệt đới và vùng biển khơi được tổng hợp và trình bày trong Bảng 1.2.

**Bảng 1.2.** Hàm lượng dinh dưỡng N trong nước biển

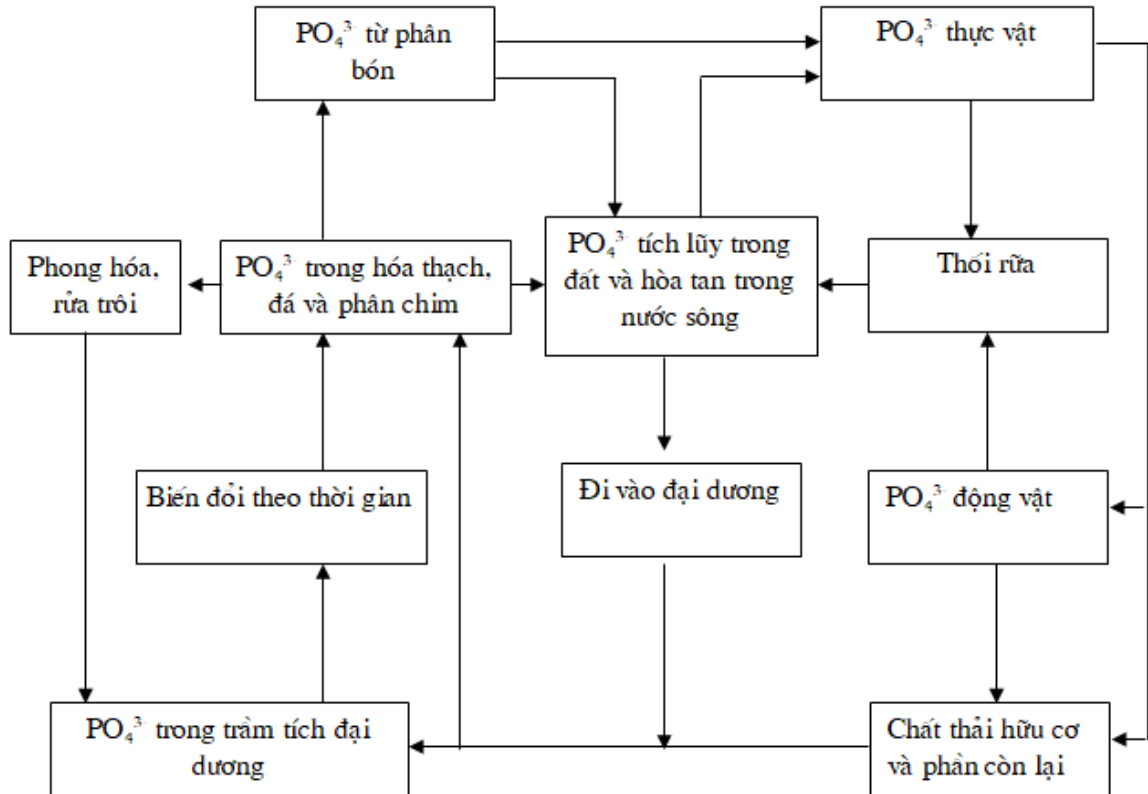
Thông số	Hàm lượng (mg/l) ở vùng biển nhiệt đới [5]	Hàm lượng (mg/l) ở biển khơi [20]
N- $\text{NO}_2^-$	0,01 và 0,02 - 0,03 (ít)	
N- $\text{NO}_3^-$	0,40 - 0,50	
N- $\text{NH}_4^+$	0,02 - 0,025	
T-N	0,50	0,3

#### 1.1.2. Cân bằng dinh dưỡng P trong nước biển

Trong nước biển, P tồn tại dưới nhiều loại hợp chất khác nhau, gồm: P dạng khoáng vô cơ hòa tan (chủ yếu là ion orthophosphat- $\text{HPO}_4^{2-}$ ), P hữu cơ và P dạng hạt [5]. Thực tế, các loại tảo trong nước chỉ sử dụng trực tiếp dạng orthophosphat trong quá trình đồng hóa. Phốtphat được đưa vào môi trường nước theo quá trình ôxy hóa

các hợp chất hữu cơ. Hầu hết các quá trình tái tạo P chủ yếu diễn ra bởi vi khuẩn phân hủy tạo thành orthophosphat, cùng với sự phân hủy hóa học [10, 22].

Trong các dạng dinh dưỡng, P được coi là yếu tố dinh dưỡng giới hạn, vì hàm lượng liên quan mật thiết với quá trình nở hoa tảo. Nếu hàm lượng của P trong nước giảm sẽ thì nguy cơ gây phú dưỡng cũng giảm [10].

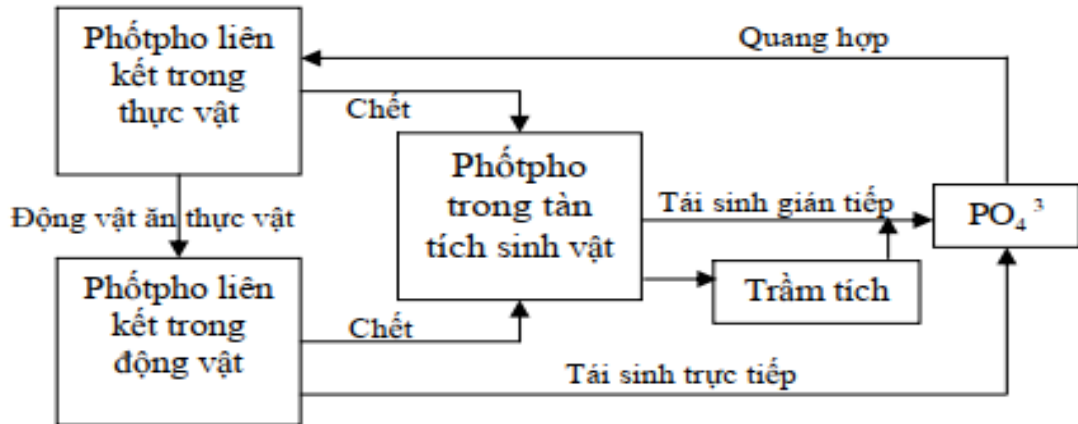


**Hình 1.5.** Chu trình sinh địa hóa của P [5]

Xu hướng gia tăng hàm lượng P từ nguồn nhân sinh đã góp phần làm tảo nở hoa và phú dưỡng. Tương tự N, hàm lượng P từ các trang trại nuôi cá lồng biển bởi nguồn thức ăn thừa, thức ăn không tiêu hết khi qua hệ tiêu hóa của cá, ở các dạng photphat hòa tan trong chất thải trao đổi chất [10].

Theo thời gian, hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$  có 2 chu kỳ biến đổi: chu kỳ mùa và chu kỳ ngày đêm. Cả 2 biến đổi này đều phụ thuộc vào biến đổi của quang hợp và do vậy nó chỉ xảy ra ở lớp nước tầng trên. Riêng đối với vùng biển ven bờ, quy luật biến đổi mùa của P- $\text{PO}_4^{3-}$  còn có thể bị chi phối bởi sự biến thiên của lưu lượng nước từ lục địa đổ ra biển. Sự biến đổi các điều kiện quang hợp do thay đổi tính chất mùa (thời tiết, khí hậu, thủy văn) chi phối mạnh mẽ trạng thái P- $\text{PO}_4^{3-}$  trong biển. Trong đó, biến đổi năng lượng bức xạ mặt trời và nhiệt độ là mạnh nhất. Các biến đổi này diễn

ra ở các vùng biển vĩ độ cao rõ rệt hơn so với vùng biển nhiệt đới, nên biến đổi mùa của  $P-PO_4^{3-}$  cũng chủ yếu xảy ra ở vùng biển vĩ độ cao.

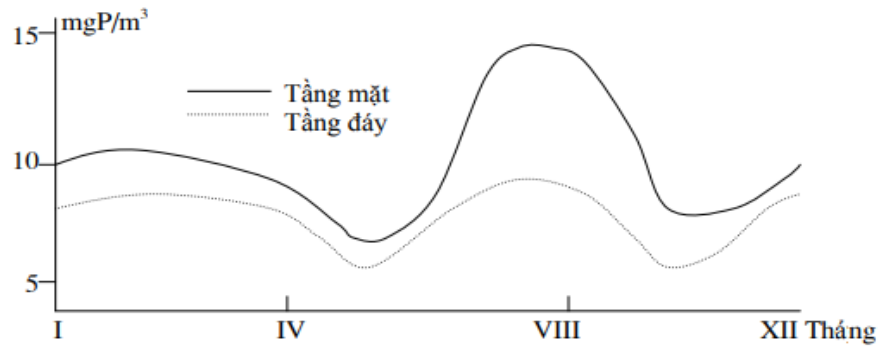


**Hình 1.6.** Sơ đồ chu trình P trong biển [5]

Trong chu kỳ mùa, hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  đạt cực tiểu vào mùa xuân - hè vì là thời gian quang hợp phát triển mạnh, cực đại vào mùa thu - đông do là thời gian tích lũy  $P-PO_4^{3-}$  trong các quá trình phân huỷ chất hữu cơ. Như vậy, biến đổi mùa của  $P-PO_4^{3-}$  hoàn toàn ngược pha với biến đổi mùa của hàm lượng ôxy hoà tan.

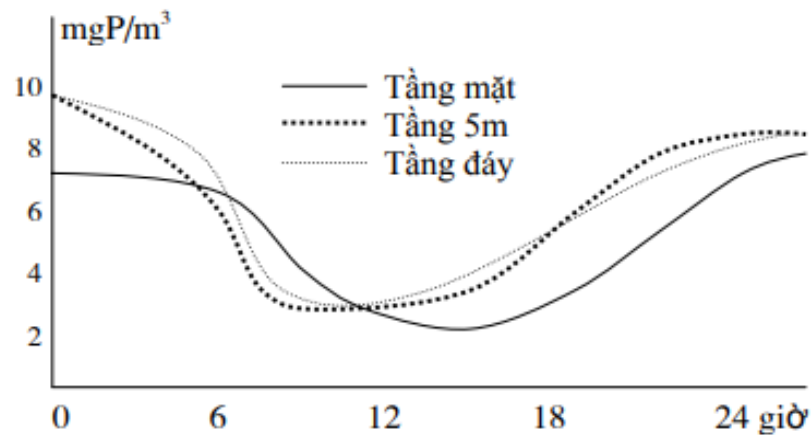
Ở các vùng biển nhiệt đới, biến đổi mùa của  $P-PO_4^{3-}$  thể hiện không rõ ràng do tại đây quanh năm bức xạ dồi dào, nhiệt độ "ấm áp" và biên độ năm của các điều kiện này không lớn - đó là những điều kiện sinh thái thuận cho quang hợp. Tuy nhiên, do tính chất đa thành phần loài của thực vật nổi vùng biển nhiệt đới với nhiều chu kỳ phát triển khác nhau đã dẫn tới có thể xuất hiện nhiều cực tiểu xen lẫn các cực đại của hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trong năm.

Đối với vùng biển ven bờ, vùng cửa sông, vũng, vịnh... biến đổi mùa của  $P-PO_4^{3-}$  chủ yếu phụ thuộc vào biến đổi của lưu lượng nước từ lục địa đổ ra vì đây là nguồn quan trọng cung cấp lượng lớn dinh dưỡng  $P-PO_4^{3-}$  cho vùng biển ven bờ. Điều này được thể hiện rõ trên Hình 1.7 với cực đại mùa hè của  $P-PO_4^{3-}$  trong nước biển vùng ven bờ tây vịnh Bắc bộ trùng với mùa mưa (tháng 7-8) ở miền Bắc Việt Nam [5].



**Hình 1.7.** Biến trình năm giá trị trung bình hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vùng biển ven bờ tây Vịnh Bắc Bộ [5]

Biến đổi hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong một ngày đêm hoàn toàn phụ thuộc vào biến đổi của cường độ quang hợp và có đặc điểm chung là ban ngày hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm thấp do bị tiêu thụ, ban đêm hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tăng cao do được tích lũy trong quá trình tái sinh (Hình 1.8). Quy luật này thường bị biến đổi do các hiện tượng thời tiết bất thường hoặc chế độ động lực của vùng biển diễn biến phức tạp.



**Hình 1.8.** Biến trình hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ngày 27-7-1980 tại trạm Bạch Hổ, vùng biển Đông Nam bộ [5]

#### + Hàm lượng dinh dưỡng P trong nước biển

Như đã trình bày ở phần chu trình sinh địa hóa của P, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> được đưa vào môi trường nước theo quá trình ôxy hóa các hợp chất hữu cơ từ nhiều nguồn có trong nước biển. Nghiên cứu về hóa học biển cho kết quả hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước ở vùng biển nhiệt đới và nước biển khơi được trình bày trong Bảng 1.3 [5, 20].

**Bảng 1.3.** Hàm lượng dinh dưỡng P trong nước biển

Thông số	Hàm lượng (mg/l) ở vùng biển nhiệt đới [5]	Hàm lượng (mg/l) ở biển khơi [20]
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,0002	
T-P	0,07	0,03

### ***1.1.3. Thải lượng dinh dưỡng N và P vào môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới***

#### ***1.1.3.1. Thải lượng dinh dưỡng N vào môi trường nước KVNCLVBVB***

Xu hướng gia tăng hàm lượng N ở ven biển do con người gây ra là mối quan tâm trên toàn thế giới, đặc biệt là nó có thể gây tảo nở hoa và góp phần làm giàu chất dinh dưỡng hoặc phú dưỡng trong nước [22, 23]. Hoạt động NCLVBVB là một trong những nguồn phát sinh N thông qua dạng vật chất hoặc dạng hạt (thức ăn thừa và phân có chứa thức ăn không tiêu đi qua đường tiêu hóa của cá) và chất thải chuyển hóa hòa tan bao gồm amoniac và urê [7, 24].

Tăng lượng thải N hòa tan vào môi trường nước được coi là tác động tiềm tàng chính đối với nuôi cá lồng biển và khả năng ảnh hưởng của nó đến chất lượng nước đã được nghiên cứu trên thế giới trong các hệ sinh thái biển khác nhau [25]. Nghiên cứu lượng N thải ra từ NCLVBVB [26] với các đối tượng cá nuôi được tổng hợp và trình bày trong Bảng 1.4, trong đó có các nghiên cứu về nội dung:

Theo dõi phát thải N từ các trang trại nuôi cá hồi ở châu Âu được kiểm soát chặt chẽ, tỷ lệ 52 - 95% số liệu có trong nguồn dữ liệu ghi nhận sự cải thiện lượng N thải ra do kiểm soát hiệu quả việc cho ăn, lượng thức của cá nuôi.

Tại trang trại nuôi cá hồi ở Na Uy và Scotland, ước tính để sản xuất 1 tấn cá thì thải ra 44 kg N; trong đó có 68 - 86% lượng N phát thải từ thức ăn khi phân hủy giải phóng ở dạng hòa tan vào môi trường nước. Tỷ lệ % thay đổi tùy theo loại thức ăn được sử dụng, hệ số chuyển đổi thức ăn của đối tượng nuôi và hiệu quả cho ăn. Khu vực nuôi cá lồng biển ở tây nam New Brunswick là 33kg N thải/1tấn cá. Hàng năm, tổng lượng thải phụ thuộc vào mức sản xuất (tỷ lệ với sinh khối dự trữ) nhưng được xác định là đóng góp đáng kể vào việc cung cấp chất dinh dưỡng so với các nguồn vào khác và các quá trình tự nhiên. Đối tượng nuôi là cá Hồng và cá Bóp, lượng N thải vào môi trường nước từ 63 - 79% N trong thức ăn đầu vào ở dạng vòng trong chu kỳ các thông số N. Trong một vịnh hẹp ở Na Uy, hoạt động nuôi đã sản xuất 70.000 tấn cá hồi, mô hình Ancylus - MOM Fish đã dự báo ước tính được lượng thải ra là 770 tấn N vô cơ hòa tan.

Sử dụng phương pháp cân bằng khối lượng nghiên cứu tại trang trại cá hồi ở quần đảo Faroe - Hy Lạp về lượng N hòa tan thải ra môi trường: Hàng năm, lượng

phát thải 9 - 86 tấn N hòa tan tại 4 trại cá ở Hy Lạp tương ứng với sản lượng 100 - 700 tấn cá. Tỷ lệ 36% N trong thức ăn được giữ lại trong cá hồi nuôi, khoảng 54% bị mất dưới dạng chất thải hòa tan và 10% dưới dạng hạt [26].

**Bảng 1.4.** Tải lượng N tại những KVNCLVBVB từ một số nghiên cứu [26]

Tải lượng	Loài cá nuôi
770 tấn N từ 70.000 tấn sản phẩm cá hồi	cá hồi Đại Tây Dương
64% N trong thức ăn bị thải ra dưới dạng chất thải dạng hạt và dạng hòa tan	cá hồi Đại Tây Dương, cá Hồi vân
9-86 tấn N bị thải ra trên 100 - 700 tấn sản lượng cá	cá Vược, cá Tráp biển
63% N trong thức ăn bị thải ra dưới dạng N vô cơ hòa tan	cá Hồi vân
44 kg N thải ra trên mỗi tấn cá hồi được sản xuất	cá Hồi Đại Tây Dương
68 - 86% N trong thức ăn bị thải ra dưới dạng chất thải của cá	nhiều loài cá
33 kg N bị thải ra trên mỗi tấn cá hồi được sản xuất	cá Hồi Đại Tây Dương
79% N trong thức ăn bị thải ra ngoài dưới dạng chất thải	cá Hồng, cá Bớp
52 - 95% N trong thức ăn bị thải ra dưới dạng chất thải	nhiều loài cá

#### 1.1.3.2. Thải lượng dinh dưỡng P trong nước KVNCLVBVB

Các nghiên cứu tác động môi trường của nuôi lồng biển đối với thông số P có ít thông tin hơn thông số N. Ở Trung Quốc, Wu (1999) cho rằng 82% P trong thức ăn cho cá bị mất vào môi trường [27], trong khi Longgen Guo (2009) nghiên cứu cho tỷ lệ thấp hơn khoảng 34 - 41% P trong thức ăn được giải phóng ở dạng hòa tan [28]. Kết quả nghiên cứu tại Hy Lạp [26] cho thấy, tổng lượng P từ nuôi cá lồng biển thải ra môi trường trung bình là 71,4%. Tỷ lệ phần trăm khác nhau với loài nuôi, loại thức ăn sử dụng, hệ số chuyển hóa thức ăn và hiệu quả cho ăn. Tổng lượng dinh dưỡng từ trang trại nuôi cá hồi ở các nguồn vào khác nhau ở vịnh Fundy. Tổng lượng P hòa tan thải ra từ các trang trại ước tính 4,9 kg P/tấn cá nuôi; lượng thải phụ thuộc vào quy mô nuôi và tăng mạnh tại những khu vực nuôi có dòng chảy nhỏ, vịnh... nơi hạn chế quá trình trao đổi nước. Lượng thải P hàng năm tại 4 trại cá ở Hy Lạp là 0,6 - 6,5 tấn P hòa tan/ sản lượng 100 - 700 tấn cá nuôi; khoảng 27% lượng P phát thải từ tiêu hóa của cá hồi và từ thức ăn dưới dạng hòa tan và 40% được thải ra dưới dạng hạt, trong khi chỉ có 33% được kiểm soát.

Một số nghiên cứu cho rằng không nhất quán hoặc những thay đổi đáng kể đối với chất lượng nước, bao gồm cả mức thải P hòa tan, xảy ra khi vỗ béo cá biển nuôi



ở Malta. Tương tự, nghiên cứu các trang trại nuôi cá biển ở Địa Trung Hải cho thấy không tăng P hòa tan so với vùng tham chiếu. Mô hình mô phỏng eo biển Juan de Fuca dự đoán không có tác động xấu đến chất lượng nước do nuôi cá lồng biển, đặc biệt là ánh sáng mặt trời được cho là yếu tố hạn chế đối với biến đổi môi trường nước tại địa điểm nuôi. P hòa tan từ các trang trại cá Hồi ở Tây Bắc Thái Bình Dương không được xác định là mối quan tâm mà chủ yếu bởi vì hệ thống bị giới hạn N [26].

Mặc dù tải lượng ô nhiễm cao, kết quả từ các nghiên cứu khác nhau cho thấy khoảng 53% P của thức ăn đầu vào hệ thống nuôi được tích tụ trong trầm tích đáy và tác động đáng kể trong phạm vi 1,0 - 1,5 km từ khu vực nuôi. Tác động chính là ở đáy biển, nơi nhu cầu oxy trầm tích cao, trầm tích thiếu khí, sản sinh khí độc và có thể làm giảm sự đa dạng sinh vật đáy. Giảm ôxy hòa tan và sự gia tăng dinh dưỡng trong nước thường chỉ giới hạn ở các khu vực cục bộ và chưa thể khẳng định các hoạt động nuôi cá biển sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng trên diện rộng [15, 26].

#### *1.1.3.3. Ảnh hưởng của dinh dưỡng N, P từ hoạt động NCLVBVB đến môi trường*

*Tại Trung Quốc:* Nghiên cứu ảnh hưởng của N và P do nuôi cá lồng tại vịnh rộng 35,5 ha ở Niushanhu được thực hiện từ tháng 3 đến tháng 12/2000 do Longgen Guo (2003) thực hiện: Tổng diện tích các ô lồng là 1.000 m<sup>2</sup> và sản lượng cá là 16,0 tấn. Lượng chất thải vào môi trường nước trong giai đoạn này là 1.532,9 kg T-N và 339,2 kg T-P. Hàng tháng lấy mẫu và phân tích T-N và T-P. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hoạt động nuôi đã gây ảnh hưởng đến môi trường nước khu nuôi, phạm vi tác động các chất dinh dưỡng có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng nước cách 50m từ khu vực lồng nuôi [29].

Tác động môi trường của việc nuôi cá biển phụ thuộc vào các loài nuôi, phương pháp nuôi, mật độ thả, loại thức ăn, thủy văn của địa điểm nuôi. Trong hệ thống nuôi, một tỷ lệ lớn các chất hữu cơ carbon và chất dinh dưỡng đầu vào của hoạt động nuôi cá biển do thức ăn thải ra môi trường thông qua thức ăn thừa, sự bài tiết của cá [27].

Kết quả nghiên cứu tại miền Nam Trung Quốc cho thấy, sự gia tăng hệ thống nuôi cá lồng bè tại vịnh Daya gây tác động môi trường qua việc giải phóng chất dinh dưỡng N, P vào trong nước. Ước tính lượng N và P thải ra hàng năm từ nuôi cá lồng bè là 205,6 tấn N và 39,2 tấn P, bao gồm 142,7 tấn N vô cơ hòa tan (DIN) và 15,1 tấn

P vô cơ hòa tan (DIP). Trong số các nguồn dinh dưỡng được phân tích, đóng góp của DIN và DIP từ nuôi cá lần lượt là 7,0% và 2,7%. Đối với lồng nuôi sử dụng thức ăn là cá tạp, thải lượng ra môi trường 142 kg N và 26 kg P/tấn cá, cao hơn nhiều so với lồng nuôi sử dụng thức ăn công nghiệp (72 kg N và 17,3 kg P). Trong nuôi cá biển, các chất dinh dưỡng hòa tan giàu N còn các chất dinh dưỡng dạng hạt lại giàu P hơn. Tỷ lệ T-N/T-P trong KVNCLVBVB là 27,1 cao hơn tỷ lệ của nước biển (21,1), cho thấy nuôi cá biển là nguyên nhân ảnh hưởng đến các dạng dinh dưỡng trong nước xung quanh địa điểm nuôi [30].

*Tại Tunisia:* Mặc dù hoạt động NCLVBVB có tốc độ phát triển nhanh ở bờ Nam Địa Trung Hải nhưng các nghiên cứu về tác động môi trường vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 1 đến tháng 12 năm 2014, tại khu vực nuôi cá lồng biển ở Vịnh Monastir (bờ biển phía đông của Tunisia), điều tra việc NCLVBVB ảnh hưởng đến chất lượng nước và hệ sinh vật phù du. Nghiên cứu đã chứng minh chất dinh dưỡng là yếu tố quan trọng nhất góp phần vào sự phong phú của loài, tỷ lệ N/P và Si/P là những yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến sự phân bố của TVPD. Nghiên cứu cho rằng NCLVBVB là nguồn bổ sung hàm lượng dinh dưỡng trong môi trường nước khu vực vịnh [31].

*Tại Philipin:* Sự phát triển quá mức của nuôi trồng thủy sản (NTTS) đã gây ảnh hưởng lớn đến hệ sinh thái xung quanh. Ước tính lượng N và P thải vào nước vùng NTTS là 95% N và 71% P. Nguồn phát sinh bắt nguồn từ thức ăn bổ sung và phân bón, do đó, nước và chất lượng trầm tích, nền đáy khu vực nuôi cân bằng giữa các chất chuyển hóa đầu vào ở khu vực nuôi, chất thải của đối tượng nuôi cùng với quá trình trao đổi nước. Thức ăn đầu vào là yếu tố chính làm suy giảm chất lượng nước và trầm tích đáy [32].

*Tại Đan Mạch:* Nghiên cứu của Lasse M. Olsen (2008) về tác động của chất thải dinh dưỡng do NCLVBVB đến môi trường nước biển cho thấy rằng, cá giải phóng chất dinh dưỡng dưới dạng chất dinh dưỡng vô cơ hòa tan thông qua bài tiết ( $\text{N-NH}_4^+$  và  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), các chất dinh dưỡng hữu cơ dạng hạt (PON và POP) thông qua việc thải từ phân của cá nuôi và các chất hữu cơ hòa tan dinh dưỡng (DON và DOP). Trên quy mô của trang trại nuôi cá, sẽ có thêm sự thất thoát trực tiếp Feed-N và Feed-P (thức ăn thừa). Ước tính phát thải chất thải theo cân bằng khối lượng được thực hiện đối với nuôi cá Hồi bằng lồng bè có hiệu suất chuyển đổi thức ăn tổng thể là

1,16 kg thức ăn khô/kg cá cho thấy ít hơn 2/3 lượng N và P của thức ăn được thải ra dưới dạng chất thải. Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> là thành phần chất thải chính của N, trong khi P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> là thành phần chính của P. Thức ăn thừa, các chất hữu cơ dạng hạt đều là chất thải nhỏ phát sinh từ hoạt động nuôi cá Hồi [33].

Để giảm thiểu tác động môi trường từ hoạt động NCLVBVB cần duy trì mật độ nuôi (tải lượng ô nhiễm) thấp hơn nhiều so với khả năng tự làm sạch của thủy vực. Mô phỏng được tính toán và mô hình thủy lực đã được áp dụng để ước tính mật độ nuôi tối đa trong đó chất lượng nước có thể được kiểm soát và duy trì ổn định để phát triển nuôi cá lồng biển bền vững. Tải lượng ô nhiễm và các tác động môi trường sẽ giảm đáng kể nhờ cải tiến công thức của thức ăn và nuôi tổng hợp, nuôi ghép nhiều đối tượng nuôi.

#### **1.1.4. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường NCLVBVB trên thế giới**

##### **1.1.4.1. Biến động dinh dưỡng N, P trong môi trường nước NCLVBVB**

Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB có một số kết quả điển hình như sau:

*Tại Trung Quốc:* Theo nghiên cứu của tác giả Longgen Guo (2009), động thái dinh dưỡng N và P ở khu nuôi cá lồng biển tại Niushanhu - Trung Quốc. Năm vị trí lấy mẫu gồm bên dưới lồng, ở hai bên lồng và cách trại lồng 50 và 100m về phía đông. T-N và T-P trong nước và trầm tích được phân tích theo dõi trong quá trình nuôi 2 năm. Nuôi lồng biển có sản lượng cá đạt 16,3 - 39,2 tấn trong giai đoạn nghiên cứu. Dựa trên phương trình cân bằng khối lượng, tính được 1.533 - 3.084 kg T-N và 339 - 697 kg T-P đã thải vào môi trường khu vực nuôi. Hàm lượng N và P có sự gia tăng nhiều hơn trong kỳ nuôi đầu tiên so với chu kỳ nuôi thứ hai. Không ghi nhận ảnh hưởng của nuôi cá lồng biển tại địa điểm lấy mẫu cách các lồng nuôi 50 và 100m về phía đông. Các tác động chính được tìm thấy bên dưới lồng và ở cạnh lồng, hàm lượng T-N và T-P trong nước tương đối cao. Sau 3 tháng ngừng nuôi, T-N và T-P trong nước giảm, nhưng hàm lượng T-N và T-P cao trong trầm tích [28].

Nghiên cứu của Ruihuan Li và cộng sự (2016) tại KVNCLVBVB ở vịnh Sanggou - Trung Quốc đã chỉ ra sự thay đổi theo mùa về hàm lượng dinh dưỡng tại khu vực nuôi, đặc biệt là sự gia tăng N vô cơ hòa tan (DIN). Hàm lượng dinh dưỡng vào mùa hè và mùa thu lớn hơn so với mùa đông và mùa xuân. Hàm lượng N và P

hữu cơ hòa tan (DON và DOP) chiếm từ 27 đến 87% tổng lượng N hòa tan và từ 34 đến 81% tổng lượng P hòa tan. Nghiên cứu cho rằng nuôi cá lồng biển là nguồn phát sinh  $\text{PO}_4^{3-}$  chủ yếu (đóng góp 64% tổng dinh dưỡng) và có xu hướng tăng tại khu vực nuôi [34].

*Tại Nhật Bản:* Nghiên cứu tương quan giữa các thông số chất lượng nước tại hồ Okubo - Nhật Bản) cho thấy: Trong 9 thông số chất lượng nước gồm nhiệt độ, pH, DO, EC,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ , T-N,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , T-P. Kết quả phân tích mối tương quan giữa các thông số nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 1.5. Trong những thông số dinh dưỡng nghiên cứu, cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  và T-N có hệ số tương quan  $r = 0,411$ ; cặp thông số  $\text{P-PO}_4^{3-}$  và T-P có  $r = 0,330$  và cặp thông số  $\text{N-NO}_3^-$  và  $\text{N-NH}_4^+$  có  $r = 0,177$  [35].

**Bảng 1.5.** Ma trận tương quan giữa các thông số chất lượng nước tại hồ Okubo - Nhật Bản [35]

Hệ số tương quan của Spearman (r)	Nhiệt độ	pH	DO	EC	$\text{N-NO}_3^-$	$\text{N-NH}_4^+$	T-N	$\text{P-PO}_4^{3-}$	T-P
<b>Nhiệt độ</b>	1								
<b>pH</b>	0,498	1							
<b>DO</b>	0,145	0,695	1						
<b>EC</b>	-0,133	-0,714	-0,754	1					
<b><math>\text{N-NO}_3^-</math></b>	-0,447	-0,169	-0,122	0,184	1				
<b><math>\text{N-NH}_4^+</math></b>	0,018	0,038	-0,001	-0,194	0,177	1			
<b>T-N</b>	0,131	0,249	0,325	-0,416	0,028	0,411	1		
<b><math>\text{P-PO}_4^{3-}</math></b>	-0,083	-0,31	-0,324	0,499	-0,022	-0,054	-0,065	1	
<b>T-P</b>	-0,475	-0,489	-0,485	0,365	0,214	0,045	0,049	0,330	1

*Tại Malaysia:* Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong thủy vực cho thấy có sự giải phóng N và P từ nuôi thủy sản ra sông Selangor, Malaysia. Tổng lượng N và P được bổ sung vào thủy vực nuôi thủy sản ước tính khoảng 700kg N và 60kg P mỗi năm. Khoảng 100 - 200kg N và ước tính 10 - 15kg P được giải phóng cùng với nước thải mỗi thủy vực nuôi/năm, trong đó chiếm 20 - 30% lượng N và P bổ sung từ thức ăn [36].

*Tại Bangladesh:* Sự thay đổi hàm lượng dinh dưỡng trong nước theo mùa và thủy triều được nghiên cứu ở Sundarbans phía Tây của Bangladesh trong giai đoạn 2010 - 2011. Theo đó hàm lượng dinh dưỡng bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi theo mùa. Mức độ dinh dưỡng trung bình trong các mùa sau gió mùa, mùa đông và mùa gió

mùa, lần lượt nằm trong khoảng sau: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,06 - 0,40; 0,06 - 0,46 và 0,08 - 0,46mg/l); P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,09 - 0,18; 0,05 - 0,42 và 0,10 - 0,16mg/l) và N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,02 - 0,08, 0,02 - 0,04 và 0,26 - 0,38mg/l). Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tăng được ghi nhận trong thời kỳ gió mùa. Nước thủy triều cao và thủy triều thấp chứa hàm lượng dinh dưỡng trong các khoảng sau: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,05 - 0,46 và 0,04 - 0,40mg/l); P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,05 - 0,42 và 0,07 - 0,18mg/l) và N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,02 - 0,38 và 0,0- 0,37mg/l) [37].

Nghiên cứu của M. Karl (2002) chỉ ra sơ đồ cung cấp chất dinh dưỡng N và P trong nước, đối với (a) *Phốtpho*: Cung cấp P vô cơ hòa tan (DIP) từ vùng mesopelagic (>150m) bằng dòng xoáy các quá trình khuếch tán. Trong bề mặt đại dương, P luân chuyển giữa các dạng DIP và hữu cơ hòa tan (DOP) thông qua hoạt động của các cơ thể sống (biomass-P). Trong sơ đồ này, có sự cân bằng giữa P từ dưới lên. (b) *Nitơ*: Cung cấp N vô cơ hòa tan ở dạng nitrat (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) từ đáy và tăng hàm lượng N từ nước bề mặt, đối với P không ghi nhận điểm tương tự này. Khác với P, N có chu trình oxy hóa khử rất phức tạp cả về bề mặt và độ sâu vùng nước, nơi có thể bị oxy hóa và khử bởi các nhóm vi sinh vật. N<sub>2</sub> cố định cũng có thể cung cấp thêm nguồn N mới cho hệ thống, giúp cân bằng tổn thất từ quá trình khử nitrat [38].

*Tại Thổ Nhĩ Kỳ*: Các nghiên cứu về nuôi cá lồng biển cho thấy nuôi thâm canh cá chẽm là nguồn gây ô nhiễm quan trọng nhất ở vịnh Gululluk, cụ thể việc sản xuất ra một tấn cá đã đưa vào môi trường 132,5kg N và 25,0kg P. Giá trị này tương đương 462,5kg N và 80,0kg P khi tính dựa trên tỷ lệ chuyển đổi vật chất khô thay thế cho tỷ lệ chuyển đổi thức ăn. Nghiên cứu đối với hoạt động nuôi cá lồng biển ở quy mô lớn (tạo ra 10.000 tấn cá và 3.000 vật chất khô) đã đưa vào môi trường 1.325 tấn N và 250 tấn P tính theo tỷ lệ chuyển đổi thức ăn thông thường và 1.387,5 tấn N và 240 tấn P khi tính theo tỷ lệ chuyển đổi vật chất khô [26].

#### 1.1.4.2. Nghiên cứu tỷ lệ T-N/T-P trong nước NCLVBVB

Tỷ lệ các chất dinh dưỡng N và P trong nước biển, thủy vực nuôi cá biển bằng lồng bè thay đổi so với đặc điểm tự nhiên là do nguồn thải gây ra; tỷ lệ N/P có khác nhau phản ánh đặc điểm ô nhiễm của vùng biển, thủy vực. Khi N, P trong nước cao gây ÔNMT nước, là nguyên nhân gây ra hiện tượng phú dưỡng trong vùng biển, khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè [10]. Nghiên cứu của Redfield và cộng sự (1963) cho rằng, tỷ lệ N/P thích hợp cho sự sinh trưởng của tảo trong khoảng T-N/T-P là 16 [39].

Tương tự, Boyd và Daniels (1993) thực hiện các thí nghiệm bón phân cho các ao, vịnh nuôi thủy sản và đã kết luận hàm lượng T-N/T-P hòa tan < 20 sẽ kích thích sự phát triển của tảo [40].

*Tại Trung Quốc:* Kết quả nghiên cứu của Zengjie Jiang (2010) trên cơ sở phân tích các mẫu N vô cơ hòa tan và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong 04 đợt lấy mẫu phân tích từ tháng 1 đến tháng 11 năm 2007 tại khu vực nuôi cá lồng biển Nam Sa, Ninh Ba, Trung Quốc cho thấy, N vô cơ hòa tan (DIN) được chọn làm thông số để cân bằng sự hấp thụ của rong biển và phát thải DIN của cá. Hàm lượng DIN và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> thay đổi theo các mùa khác nhau và giá trị chỉ số phú dưỡng (E) dao động từ 2,4 đến 16 cho thấy tình trạng phú dưỡng nghiêm trọng; giá trị trung bình hàng năm của tỷ lệ N/P là 32,9 cho thấy lượng N cao trong hệ thống này [41].

**Bảng 1.6.** Tổng hợp kết quả nghiên cứu tỷ lệ T-N/T-P trong nước biển

Khu vực nghiên cứu	Tỷ lệ T-N/T-P	Nguồn
Ngoài khơi (Thái Bình Dương)	14,3 ± 0.2	[20]
Ngoài khơi (Ấn Độ Dương)	14,9 ± 0,4	[20]
Ven bờ	21,1	[27]
Khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè	27,1 - 32,9	[27, 41]
Khu vực nuôi cá biển nước mặn trong nội đồng	19,5 - 22,0	[77]
Hệ số Redfield	Tỷ lệ N : P là 7 : 1 (khi đơn vị tính mg/l) Nếu N : P > 7 thì P là yếu tố hạn chế Nếu N : P < 7 thì N trở thành yếu tố hạn chế [39]	

*Tại Đan Mạch:* Nghiên cứu của Martin Søndergaard (2007) tại vịnh Esrom cho thấy, nơi bị hạn chế N trong thời gian dài vào mùa sinh trưởng. Tuy nhiên, tại đây hàm lượng N thường tương quan chặt chẽ với hàm lượng P. Trong nước vịnh, hàm lượng của N cao hơn so với P, tỉ lệ T-N/T-P của nước vịnh trung bình 19,5; một số điểm khác trong vịnh ghi nhận tỷ lệ T-N/T-P xấp xỉ 22,0 [42].

*Như vậy, ở một số nước trên thế giới đều có những nghiên cứu về phát thải chất dinh dưỡng N, P ra môi trường nước khu vực NCLVBVB. Khi môi trường nước gia tăng dinh dưỡng N, P sẽ làm cho bản chất tự nhiên của vùng nước bị thay đổi (tỷ lệ N/P trong môi trường nước KVNCLVBVB cao hơn so với khu vực biển khác) và gây rủi ro đối với nghề NCLVBVB do CLMT nước bị suy giảm xảy ra ở hầu hết các*

*khu vực trên thế giới. Hàm lượng dinh dưỡng N và P cao trong nước sẽ gây hại trực tiếp đến đối tượng cá biển nuôi do giảm mạnh DO trong nước; đồng thời là nguyên nhân gây ra phú dưỡng, tác động xấu cho nghề nuôi. Những thiệt hại đối với nghề NCLVBVB khá lớn về kinh tế và gây suy giảm hệ sinh thái. Tóm lại, vai trò quan trọng của việc quản lý, kiểm soát CLMT nước NCLVBVB là rất lớn, là điều kiện không thể thiếu để phát triển bền vững nghề NCLVBVB. Những kết quả nghiên cứu trên thế giới là cơ sở khoa học và kinh nghiệm hữu ích trong việc QLMT NCLVBVB tại Việt Nam.*

### **1.1.5. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB Việt Nam**

#### **1.1.5.1. Tình hình NCLVBVB Việt Nam**

Nuôi cá lồng biển tại Việt Nam hiện nay chủ yếu theo quy trình nuôi lồng bè truyền thống gần bờ, hạ tầng nuôi còn nhiều yếu kém, thiếu quy hoạch và chính sách quản lý chưa tốt dẫn đến tình trạng phải đối mặt với nhiều rủi ro thách thức, rõ nhất là suy thoái môi trường. Một số vùng nuôi hiện nay có dấu hiệu ô nhiễm nặng do độ sâu và tốc độ dòng chảy thấp, mật độ các lồng bè nuôi quá cao, chất thải sinh hoạt và chất thải từ hoạt động nuôi lớn, dẫn đến mâu thuẫn trong sử dụng mặt nước giữa nuôi biển và các ngành kinh tế khác như du lịch, vận tải biển... Hơn nữa, với quy mô, công nghệ lồng bè nuôi chưa thích ứng được với những thay đổi thời tiết, sóng biển, cộng thêm biến đổi khí hậu gây ra các hiện tượng thiên tai, nước biển dâng, ÔNMT biển... đã khiến cho nghề nuôi cá lồng biển phải đối mặt với nhiều rủi ro, thiệt hại do bùng phát dịch bệnh hoặc đối tượng nuôi chết hàng loạt, gây thiệt hại lớn đến môi trường, thu nhập và sinh kế của người dân làm nghề [1].

Theo Bộ NN&PTNT, diện tích nuôi biển của Việt Nam đã tăng gấp 9,7 lần, từ 38,8 nghìn ha (năm 2010) lên hơn 246 nghìn ha (năm 2017), tương ứng, sản lượng nuôi biển tăng từ 156 nghìn tấn lên trên 377 nghìn tấn. Nghề nuôi biển phát triển nhanh và mạnh tại một số địa phương ven biển như: Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hóa, Nghệ An, Khánh Hòa, Bình Thuận, Phú Yên, Bà Rịa - Vũng Tàu, Kiên Giang, Cà Mau... với những mô hình nuôi biển có quy mô. Các sản phẩm nuôi biển của Việt Nam đã khẳng định được giá trị và góp mặt tại các thị trường lớn với yêu cầu cao về tiêu chuẩn chất lượng như: Mỹ, châu Âu, Nhật Bản, Trung Quốc, Singapo [1].



**Hình 1.9.** Sản lượng nuôi trồng thủy sản và tăng trưởng nuôi trồng thủy sản (% tăng trưởng NT) của Việt Nam, năm 1995 - 2020 [43]

So với tiềm năng mặt nước biển hiện có, nghề nuôi biển của Việt Nam còn khá khiêm tốn. Tính đến hết năm 2019, tổng diện tích nuôi biển chiếm khoảng 4% diện tích nuôi thủy sản của cả nước, góp phần tăng sản lượng nuôi thủy sản của Việt Nam: cụ thể nuôi hải sản trên biển và vùng nước quanh các hải đảo chiếm khoảng 250.000 ha. Trong đó có hơn 150.000 ha nuôi vùng bãi triều ven biển; nuôi vũng vịnh, eo ngách hơn 80.000 ha; nuôi vùng biển hở gần 20.000 ha. Theo Cục Thủy sản, năm 2020, nuôi biển nước ta có sự tăng trưởng tốt. Diện tích nuôi biển đạt 260 nghìn ha và 7,5 triệu m<sup>3</sup> lồng; sản lượng đạt 600 nghìn tấn. Trong đó, cá biển 8,7 nghìn ha và 3,8 triệu m<sup>3</sup> lồng, sản lượng 38 nghìn tấn; nhuyễn thể 54,5 nghìn ha, sản lượng 375 nghìn tấn; tôm hùm 3,7 triệu m<sup>3</sup> lồng, sản lượng 2,1 nghìn tấn; rong biển 10.150 ha, sản lượng 120 nghìn tấn; còn lại là cua biển và các đối tượng nuôi khác [44].

Trong thời gian tới, theo Quyết định số 1664/QĐ-TTg ngày 04 tháng 10 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ Phê duyệt Đề án phát triển NTTS trên biển đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 [1], cụ thể:

- *Mục tiêu đến năm 2025:* Diện tích nuôi biển đạt 280.000 ha, thể tích lồng nuôi 10,0 triệu m<sup>3</sup>, sản lượng nuôi biển đạt 850.000 tấn, giá trị kim ngạch xuất khẩu đạt 08 - 1,0 tỷ đô la Mỹ, trong đó:

+ Nuôi biển gần bờ 270.000 ha (ven bờ 20.000 ha; bãi triều và trong đất liền 250.000 ha), thể tích lồng nuôi đạt 8,0 triệu m<sup>3</sup> sản lượng nuôi đạt 750.000 tấn (cá biển: 60.000 tấn, tôm hùm 3.000 tấn, giáp xác khác: 57.000 tấn, nhuyễn thể: 460.000 tấn và rong tảo biển: 170.000 tấn).



+ Nuôi biển xa bờ 10.000 ha: thể tích lồng nuôi đạt 2 triệu/m<sup>3</sup>; sản lượng đạt 100.000 tấn (cá biển: 60.000 tấn, giáp xác khác: 10.000 tấn, nhuyễn thể: 20.000 tấn và rong tảo biển: 10.000 tấn).

- *Phát triển nuôi biển gần bờ:*

+ Các tỉnh/thành phố từ Quảng Ninh đến Ninh Bình: Tiếp tục xây dựng khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh trở thành trung tâm nuôi biển, gắn với trung tâm nghề cá lớn; trọng tâm phát triển nuôi biển ở các tỉnh gắn với bảo tồn biển và du lịch quốc gia. Xây dựng các vùng sản xuất giống nhuyễn thể tập trung, đáp ứng nhu cầu giống nhuyễn thể cho khu vực và cả nước.

+ Các tỉnh/thành phố từ Thanh Hóa đến Bình Thuận: Phát triển nuôi biển gắn với chế biến thủy sản, dịch vụ hậu cần và hạ tầng phát triển thủy sản. Phát triển nuôi biển ở các tỉnh có điều kiện thuận lợi. Phát triển sản xuất giống cá biển, rong, biển, tảo biển, sinh vật cảnh tập trung. Xây dựng và vận hành mô hình đồng quản lý trong quản lý và khai thác có hiệu quả, bền vững giống tôm hùm.

+ Các tỉnh/thành phố từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Kiên Giang tập trung xây dựng phát triển nuôi biển ở các địa phương có điều kiện; gắn kết hài hòa nuôi biển với dịch vụ, du lịch sinh thái biển, dầu khí, điện gió, giữa phát triển nuôi biển và phát triển công nghiệp chế biến.

Như vậy, với quy hoạch phát triển nuôi biển như trong Quyết định số 1664/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ [1] thì các áp lực môi trường do phát triển nuôi biển gây ra là khá lớn đối với các địa phương ven biển. Do đó thông tin về CLMT khu vực nuôi là rất quan trọng, trên cơ sở đó nghiên cứu các giải pháp giảm thiểu chất ô nhiễm, giải pháp QLMT vùng NCLVBVB cần được triển khai đồng bộ để hướng tới mục tiêu phát triển bền vững nghề NCLVBVB của Việt Nam.

#### *1.1.4.2. Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N và P trong môi trường nước NCLVBVB Việt Nam*

Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong nước khu vực NCLVBVB ở Việt Nam mới chỉ tập trung vào hiện trạng môi trường nuôi, so sánh với các tiêu chuẩn môi trường, đánh giá biến động dinh dưỡng theo năm tại khu vực có hoạt động nuôi biển.

Nghiên cứu sức chịu tải, khả năng tự làm sạch môi trường KVNCLVBVB Hải Phòng cho kết quả các chất dinh dưỡng  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$  có hệ số phân hủy dương (+), hàm lượng tăng dần. Tốc độ phân hủy các chất hữu cơ trong 5 ngày có thể đến 70 - 90%. Hệ số khuếch tán trung bình của 2 vịnh được nghiên cứu đều có giá trị dương (+), quá trình khuếch tán làm tăng các chất hữu cơ và dinh dưỡng trong môi trường nước. Quá trình khuếch tán vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Lượng phát thải các chất hữu cơ, dinh dưỡng trong môi trường tự nhiên và từ hệ thống lồng bè vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Tổng lượng phát thải từ lồng bè hàng năm ở vịnh Tùng Gấu - Cát Bà - Hải Phòng với  $P-PO_4^{3-}$  là 102,56kg;  $N-NH_4^+$  là 12,63kg [44, 46].

Nghiên cứu tại KVNCLVBVB huyện Vân Đồn - Quảng Ninh cho thấy: Sau hơn 10 năm phát triển (1996 - 2006/2007) sản lượng nuôi lồng biển chững lại vì ÔNMT vùng nuôi do việc sử dụng cá tạp làm thức ăn. Kết quả quan trắc với 3 đối tượng nuôi chính gồm cá Song chấm, cá Giò và cá Hồng mỹ (kích thước 73 - 83g/cá thể) cho kết quả lượng N đưa vào môi trường tương ứng lần lượt là 179,48g; 109,87g và 137,41g trên mỗi kg cá nuôi. Hàm lượng T-N trong nước khu vực bè nuôi dao động từ 3,05 đến 6,71mg/l cao hơn nhiều lần so với GHCP là 0,05mg/l. Với hơn 194,4 tấn N thải ra môi trường/năm do việc sử dụng thức ăn tươi trong hoạt động nuôi cá lồng, hàm lượng T-N trong nước và trầm tích không ngừng tăng theo thời gian tại khu vực nuôi [47].

Ô nhiễm dinh dưỡng trong nước KVNCLVBVB Cát Bà - Hải Phòng có xu hướng tăng từ năm 2005 đến năm 2012. Ô nhiễm tập trung vào thông số dinh dưỡng  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$  và  $N-NO_2^-$ ; trong đó những năm 2009 - 2012, hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước tăng mạnh và luôn cao nhất trong số những thông số dinh dưỡng N được nghiên cứu [48].

Nghiên cứu tại KVNCLVBVB Cát Bà - Hải Phòng chỉ ra hàm lượng các thông số dinh dưỡng ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  và  $P-PO_4^{3-}$ ) trung bình thấp hơn so với GHCP, riêng hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trung bình vào mùa mưa vượt GHCP hơn 2 lần. Thông số  $N-NH_4^+$  luôn có hàm lượng cao nhất so với các thông số dinh dưỡng gốc N, vượt GHCP tại vịnh Bến Bèo và tại Tùng Gấu [49].

Kết quả nghiên cứu động thái dinh dưỡng trong giai đoạn 2005 - 2013 tại 4 KVNCLVBVB Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hóa, Bà Rịa - Vũng Tàu, môi trường nước có biểu hiện ô nhiễm dinh dưỡng, hàm lượng  $N-NO_2^-$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $P-PO_4^{3-}$  trong

nước thường xuyên vượt GHCP. Hàm lượng dinh dưỡng gốc N tại Quảng Ninh tăng 2,0 - 2,5 lần, Hải Phòng 1,8 - 2,3 lần, Thanh Hóa 3,2 - 4,7 lần và Bà Rịa - Vũng Tàu tăng 2,7 lần. Chỉ số RQ dinh dưỡng có xu hướng tăng theo thời gian, mức độ ô nhiễm dinh dưỡng tại từng khu vực nuôi tương ứng theo thứ tự là: Bà Rịa - Vũng Tàu, Thanh Hóa, Hải Phòng, Quảng Ninh [50].

Trong nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê, phương pháp so sánh, phân tích nhằm làm rõ thực trạng và các nhân tố ảnh hưởng, từ đó đề xuất giải pháp nhằm phát triển KVNCLVBVB tại vịnh Nghi Sơn - Thanh Hóa để khai thác được tiềm năng vốn có của vùng đã đề cập đến vấn đề ÔNMT khu vực nuôi và chỉ ra tác động của việc ÔNMT ảnh hưởng, gây chết cá biển nuôi tại Nghi Sơn - Thanh Hóa [51].

Nghiên cứu về CLMT tại khu NCLVBVB vịnh Nghi Sơn - Thanh Hóa cho thấy hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$  ở nhiều điểm khảo sát đã ở mức tiệm cận và vượt GHCP theo tiêu chuẩn ASEAN; hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$  vượt GHCP 1,8 - 4,3 lần. Nghiên cứu cũng chỉ ra tương quan giữa hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$  với mật độ thực vật phù du có hệ số  $r = 0,63$  thể hiện tương quan tương đối mạnh, còn tương quan giữa hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$  và chỉ số đa dạng H' cho mối tương quan ở mức trung bình ( $r = 0,43$ ) [52].

Kết quả nghiên cứu về CLMT nước KVNCLVBVB Long Sơn: hàm lượng N- $\text{NO}_2^-$ , N- $\text{NH}_4^+$  tại khu vực nuôi cá biển Long Sơn cao hơn GHCP từ 2 - 5,4 lần, CLMT nước suy giảm, nguy cơ sự cố môi trường luôn đe dọa hoạt động nuôi cá biển tại Long Sơn [53].

Ngoài ra, còn những nghiên cứu về hàm lượng dinh dưỡng trong nước tại những vùng biển khác. Năm 2021, nghiên cứu đặc điểm dinh dưỡng trong môi trường khu vực ven biển phía Nam châu thổ sông Hồng cho kết quả: Hàm lượng N- $\text{NO}_3^-$  dao động từ 80 đến 853,1  $\mu\text{g/l}$  với giá trị trung bình ( $\pm\text{SD}$ ) là 270,2 $\pm$ 184,6  $\mu\text{g/l}$ ; hàm lượng N- $\text{NO}_3^-$  có sự khác biệt giữa các khu vực (ANOVA,  $F = 16,945$ ,  $p < 0,001$ ) và thể hiện xu hướng giảm dần từ cửa sông (454,8 $\pm$ 204,1  $\mu\text{g/l}$ ) tới rừng ngập mặn (192,3 $\pm$ 47,5  $\mu\text{g/l}$ ) và nước biển ven bờ (119 $\pm$ 50,7  $\mu\text{g/l}$ ). Hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$  dao động mạnh từ 220,1 đến 1325,1  $\mu\text{g/l}$  với giá trị trung bình là 534,8 $\pm$ 280,2  $\mu\text{g/l}$ ; hàm lượng N- $\text{NH}_4^+$  thể hiện rõ sự khác nhau giữa các khu vực (ANOVA,  $F = 23,814$ ,  $p < 0,001$ ) và xu hướng giảm dần từ cửa sông (835,3 $\pm$ 246,4  $\mu\text{g/l}$ ), rừng ngập mặn (405,7 $\pm$ 126,7  $\mu\text{g/l}$ ) và nước biển ven bờ (295,6 $\pm$ 73,2  $\mu\text{g/l}$ ). Hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$  dao động từ 1,6 đến 44,1  $\mu\text{g/l}$  và giá trị trung bình là 7,5 $\pm$ 9,2  $\mu\text{g/l}$ ; một số điểm gần các

cửa cống khu NTTS trong nội đồng có hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  cao hơn so với môi trường khu vực cửa sông và rừng ngập mặn [54].

Kết quả đánh giá tương quan cho thấy giá trị hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  có tương quan thuận ở mức trung bình đối với  $N-NO_3^-$  và  $N-NH_4^+$ , trong đó  $N-NO_3^-$  và  $N-NH_4^+$  có tương quan thuận rất cao. Sự tương quan giữa  $N-NO_3^-$  và  $N-NH_4^+$  trong môi trường biển gắn liền với nguồn phát sinh chất dinh dưỡng và quá trình địa hóa của N trong môi trường biển và cửa sông. Đối với hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  có giá trị thấp trong môi trường biển nhưng sự tương quan thuận giữa  $P-PO_4^{3-}$  với  $N-NO_3^-$  và  $N-NH_4^+$  liên quan đến phát tán dinh dưỡng từ lục địa ra môi trường [55].

Theo Nguyễn Văn Quỳnh Bôi (2016), nuôi cá lồng biển gây ảnh hưởng môi trường theo 4 dạng: thay đổi chất lượng nước, tác động lên nền đáy, ảnh hưởng đến sinh vật biển và ảnh hưởng do sử dụng hóa chất trong hoạt động sản xuất. Tỷ lệ phát thải chất dinh dưỡng tùy thuộc dạng thức ăn sử dụng, hệ số chuyển đổi thức ăn của đối tượng nuôi và chế độ cho ăn với tỷ lệ phát thải so với lượng cung cấp đầu vào lần lượt của N và P là 52 - 95% (33 - 44kg/tấn cá) và 34 - 82% (1,8 - 4,9kg/tấn cá) cả ở dạng dinh dưỡng hòa tan và dạng hạt. Tiếp cận theo quy mô hệ sinh thái, hệ thống quản lý được gọi là MOM (Modeling - Ongrowing fish farms -Monitoring) có thể được sử dụng để điều chỉnh tác động môi trường địa phương của các trại nuôi cá biển đối với sức tải (holding capacity) tại điểm nuôi. Sức chịu tải môi trường (Environment Carrying Capacity) có thể được xác định áp dụng phương pháp luận LOICZ (Land - Ocean Interaction in the Coastal Zone) đối với thủy vực nuôi cá lồng bè ven biển [56].

Năm 2015, nghiên cứu KVNCLVBVB tại VV Cát Bà - Hải Phòng cho rằng, việc sử dụng thức ăn hoàn toàn bằng cá tạp đã làm ảnh hưởng xấu tới CLMT nước. Kết quả theo dõi ở vịnh Bến Bèo - Cát Bà cho thấy: thức ăn của cá là cá tươi; trong đó cá Nục được sử dụng nhiều nhất chiếm 59%, tiếp đến là cá Nhâm 22%, cá Đồi 10%. Hệ số thức ăn (FCR) của cá Song (10,9) lớn hơn của cá Giò (9,7). Hàm lượng N thải ra môi trường do sử dụng thức ăn trong nuôi cá Song (156,5g/kg cá) cao hơn nuôi cá Giò (81,6g/kg cá) ( $p > 0,05$ ) [13].

Ước tính lượng chất thải N, P từ hoạt động NCLVBVB tại vịnh Bến Bèo - Cát Bà cho thấy, có tới 91% N và 90% P trong tổng lượng các thành phần N, P đầu vào (qua thức ăn) bị mất vào môi trường. Lượng thải tương ứng là 323,5 tấn N và 37,3 tấn P trong một vụ nuôi với sản lượng cá là 982,9 tấn. Lượng N được thải ra dưới

dạng vô cơ hòa tan (DIN) chiếm 48% tổng lượng N trong thức ăn được sử dụng, lượng P được thải ra dưới dạng vô cơ hòa tan (DIP) chiếm 21,5% tổng lượng P trong thức ăn. Lượng N thải ra dưới dạng hữu cơ rắn (PON) chiếm 43% tổng lượng N trong thức ăn, lượng P thải ra dưới dạng hữu cơ rắn (POP) chiếm 68% tổng lượng P trong thức ăn [55].

Nghiên cứu khu vực nuôi cá lồng biển trên sông Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu đã xác định các thông số: TSS, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, COD, BOD<sub>5</sub> vượt GHCP, môi trường nước đang bị ô nhiễm; ô nhiễm mạnh tại trung tâm khu vực nuôi; và mức độ ô nhiễm giảm dần từ trong sông ra phía cửa sông [57].

Hoạt động NTTS ở khu vực đầm Cù Mông chủ yếu nuôi lồng bè hờ, quá trình nuôi làm phát sinh chất thải gây ÔNMT nước khu vực, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dao động từ 0,11 - 0,150mg/l vượt GHCP. Hệ số phát thải chất ô nhiễm từ nuôi cá lồng biển: T-N = 2,9kg/tấn/năm, T-P = 2,6kg/tấn/năm, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 0,70kg/tấn/năm và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = 1,17kg/tấn/năm [58].

Nghiên cứu mối tương quan giữa các chỉ tiêu chất lượng nước mặt tại Cần Thơ năm 2021 cho thấy, hệ số tương quan dương đối với các cặp thông số P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (r = 0,725); thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (r = 0,121); thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (r = 0,048). Hệ số tương quan âm đối với cặp thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (r = - 0,061); cặp thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (r = - 0,249) [59].

**Bảng 1.7.** Kết quả phân tích tương quan giữa các yếu tố chất lượng nước thông qua hệ số tương quan Pearson [59]

Chỉ tiêu	Năm	Tháng	pH	Nhiệt độ	DO	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Tháng	-0,11	1								
pH	0,277**	-0,110**	1							
Nhiệt độ	-0,149**	0,031	-0,129*	1						
DO	0,525**	-0,032	-0,220**	-0,053	1					
BOD <sub>5</sub>	-0,073*	0,027	-0,102**	0,353**	-0,463**	1				
COD	-0,024	0,034	-0,041	0,208**	-0,402**	0,934**	1			
TSS	0,216**	-0,021	0,087	-0,174**	-0,111*	0,068	0,197**	1		
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,132**	-0,051	-0,072*	0,184**	-0,287**	0,488**	0,492**	-0,087	1	
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,554**	0,047	-0,244**	-0,10	-0,433**	0,366**	0,289**	-0,079	0,121**	1
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,461**	-0,010	0,150**	-0,143**	0,310**	-0,120**	-0,104**	- 0,062	- 0,061	-0,249**
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,399**	-0,002	-0,095	0,487**	-0,080	0,279**	0,055	-0,143**	0,725**	0,048

Ghi chú: \*\*: các yếu tố có sự tương quan ở mức ý nghĩa 1%; \*: các yếu tố có sự tương quan ở mức ý nghĩa 5%; khác: không có sự tương quan ở mức ý nghĩa 5%.

### 1.1.5.3. Nghiên cứu tỷ lệ T-N/T-P trong nước KVNCLVBVB Việt Nam

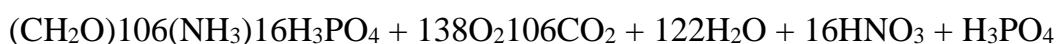
So với bản chất tự nhiên, đặc điểm tự nhiên của vùng biển, KVNCLVBVB có hàm lượng chất dinh dưỡng gia tăng và cao hơn nhiều so với hàm lượng dinh dưỡng trong nước biển khơi. Tỷ lệ các chất dinh dưỡng N và P trong nước thay đổi so với đặc điểm, tỷ lệ tự nhiên và tùy theo đặc điểm nguồn phát thải và tỷ lệ N và P có khác nhau phản ánh đặc điểm ô nhiễm của mỗi vùng biển.

Ở ngoài biển khơi, tỷ lệ T-N/T-P là 7,0 [5]. Ở khu vực biển Bạch Long Vĩ, tỷ lệ T-N/T-P dao động từ 1,75 đến 7,08 (TB 4,90); tại khu bảo tồn biển Cát Bà, tỷ lệ T-N/T-P dao động từ 2,67 đến 7,83 (TB 5,65) [60].

Ở khu vực ven bờ, tại cửa sông Ba Lạt - Thái Bình, tỷ lệ T-N/T-P dao động từ 4,30 đến 12,93 (TB 7,76) [60]. Tại khu vực biển ven bờ tỉnh Bình Định, giá trị tỷ lệ T-N/T-P trong mùa khô là 4,40 và mùa mưa đạt 6,61 [61].

Ở KVNCLVBVB, đến nay chưa có các dẫn liệu về tỷ lệ T-N/T-P trong nước, các nghiên cứu thường chỉ đánh giá hiện trạng môi trường theo các tiêu chuẩn GHCP; đánh giá các hợp phần môi trường trầm tích, sinh vật.

Năm 2012, các nghiên cứu tỷ lệ T-N/T-P của nước nuôi cá biển trong ao đạt giá trị < 10 trong tất cả các giai đoạn phát triển của cá và phù hợp cho sự phát triển của tảo. Tỷ lệ giữa N/P hòa tan kích thích sự phát triển của tảo và khi tảo phát triển quá mức trong môi trường nước sẽ tiêu hao ôxy và quá trình phân hủy sinh khối tảo chết sẽ gây ô nhiễm nguồn nước [62]. Các nghiên cứu đó cũng nhận định: Khi thủy vực quá dư thừa chất dinh dưỡng N và P tạo điều kiện cho thực vật phù du phát triển mạnh và tăng sinh khối [60, 61]. Khi kết thúc một vòng đời, một lượng lớn sinh khối thực vật bị thối rữa, sự phân hủy này làm giảm nghiêm trọng ôxy hòa tan trong nước, theo phương trình phản ứng:



**Bảng 1.8.** Bảng tổng hợp các nghiên cứu trong nước về tỷ lệ T-N/T-P trong các thủy vực (khu vực nước nghiên cứu)

Khu vực nghiên cứu	Tỷ lệ T-N/T-P	Địa điểm
Ngoài khơi	1,7 - 7,1 và trung bình 4,9	KBTB Bạch Long Vĩ [60]
	2,6 - 7,8 và trung bình 5,6	KBTB Cát Bà [60]
	7,0	VB khơi [5]

Ven bờ	4,3 - 12,9 và trung bình 7,8	VCS Ba Lạt - Thái Bình [60]
	mùa khô: 4,4 và mùa mưa: 6,6	VB Bình Định [61]
	7,2	Ven bờ [5]
Khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ	Chưa nghiên cứu	

Như vậy, ở Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu về động thái dinh dưỡng N, P trong nước tại KVNCLVBVB cũng như tại ba khu vực nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và VCS Long Sơn - Vũng Tàu. Những nghiên cứu đơn lẻ về tính lượng N và P thải ra từ hoạt động nuôi cá lồng biển; nghiên cứu hàm lượng dinh dưỡng N, P trong nước cao hoặc vượt GHCP tại thời điểm nghiên cứu; nghiên cứu mối quan hệ dinh dưỡng N và P được một số tác giả nghiên cứu nhưng không phải môi trường nước KVNCLVBVB.

## 1.2. Tổng quan giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P trong môi trường nước KVNCLVBVB trên thế giới và ở Việt Nam

### 1.2.1. Trên thế giới

Trên thế giới, tại những nước có nghề NCLVBVB phát triển đều trải qua và chịu ảnh hưởng do môi trường nước nuôi bị ô nhiễm. Để phát triển bền vững nghề nuôi cá biển, các nghiên cứu tập trung vào đánh giá CLMT khu vực nuôi; thử nghiệm các phương án, mô hình tính lượng chất thải; nghiên cứu giải pháp quản lý, xử lý để kiểm soát, giảm thiểu sự tăng dinh dưỡng trong hoạt động nuôi cá biển bằng lồng bè.

Khi nghiên cứu ảnh hưởng của NTTS đến môi trường thì nghiên cứu đặc trưng lý, hóa học của nước được chú ý đầu tiên. Các yếu tố được xem xét gồm hàm lượng oxy hòa tan (DO) và các chất dinh dưỡng vô cơ như  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  và  $\text{PO}_4^{3-}$ . Khi đánh giá theo quy mô hệ sinh thái, yếu tố trầm tích và quần xã sinh vật (đặc biệt là sinh vật đáy) cần được xem xét [62]. Năm 1997, Ervik và cộng sự đã mô tả khái niệm về một hệ thống quản lý được gọi là MOM (Modeling - Ongrowing fish farms - Monitoring) có thể được sử dụng để điều chỉnh tác động môi trường của các trại nuôi cá biển đối với sức tải (holding capacity) tại điểm, khu vực nuôi. Khái niệm MOM dựa trên sự phối hợp của 3 bộ phận là đánh giá tác động môi trường, quan trắc tác động và tiêu chuẩn CLMT (Environmental Quality Standrads - EQS) trong một hệ

thống. Số lượng điểm quan trắc phụ thuộc vào mức độ tác động môi trường. Hệ thống này giới thiệu 2 thuật ngữ: (1) mức độ sử dụng khu vực nuôi và (2) mức độ quan trắc (phụ thuộc vào tác động môi trường) [26].

Tại Na Uy, cơ quan quản lý đã phát triển chương trình quan trắc hoạt động nuôi cá lồng biển bao gồm tiêu chuẩn CLMT. Chương trình này quan tâm đến tác động trầm tích dưới khu vực nuôi; công việc gồm 3 dạng điều tra tăng dần về mức độ phức tạp và tính chính xác. Các tác giả cho rằng hệ thống MOM sẽ giúp duy trì điều kiện môi trường mong muốn trong và xung quanh trại nuôi cá. Theo Price (2013), MOM được áp dụng ở vịnh hẹp Na Uy hỗ trợ quá trình sản xuất 70.000 tấn cá hồi, dự đoán thải ra 127 tấn P vô cơ hòa tan [16].

Tác giả Li và cộng sự (2016) cho rằng, việc nuôi xen lẫn cá biển kết hợp với nuôi trồng rong biển và nhuyễn thể hai mảnh vỏ đã loại bỏ và giảm lượng lớn DIN và  $P-PO_4^{3-}$  từ nuôi cá biển bằng lồng bè, cụ thể rong biển và nhuyễn thể đã hấp thụ lượng N và P trong nước tương ứng là 64 và 81% tổng lượng phát thải từ nuôi cá biển [33]. Nghiên cứu của Qi Zhanhui và Rongjun Shi (2019) cho rằng việc nuôi xen hầu vào khu vực nuôi cá biển đã loại được 126,3 tấn N và 35,1 tấn P khỏi vịnh. Thay thế thức ăn cá tạp bằng thức ăn công nghiệp và nuôi kết hợp các loài, đối tượng nuôi thác (hai mảnh vỏ, tảo...) và các loài ăn cặn (hải sâm) trong vùng nuôi cá là các biện pháp giảm thiểu chất dinh dưỡng hiệu quả [27].

Các nghiên cứu đối với việc can thiệp, tính toán để giảm chất ô nhiễm dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá biển: Nghiên cứu của Longgen Guo (2009) cho thấy, CLMT nước vùng nuôi được phục hồi khi ngừng hoạt động nuôi. Khi nuôi cần chú ý đến việc QLMT nuôi và cần lấy mẫu thường xuyên để theo dõi giám sát CLMT vùng nuôi cá biển [28]. Tác giả Longgen Guo và cộng sự (2003) chỉ rõ hoạt động nuôi cá biển làm gia tăng các chất dinh dưỡng trong nước và đẩy nhanh quá trình phú dưỡng thủy vực khu vực nuôi. Để đảm bảo điều kiện môi trường tốt cho hoạt động nuôi cá biển diễn ra bình thường, việc ước tính các chất dinh dưỡng trong nước liên quan đến những thay đổi của hệ sinh thái là điều cần thiết [29].

Biện pháp thực tế để giảm thiểu tác động môi trường của việc nuôi cá biển bao gồm giữ mật độ nuôi (tải lượng ô nhiễm) thấp hơn so với khả năng chịu tải thủy vực [27]. Việc hiểu được tính thời vụ của phân bố chất dinh dưỡng trong nước với ảnh hưởng của thủy triều rất quan trọng phục vụ cho công tác quản lý và BVMT ven biển



[36]. Theo Guzel Yucel-Gier (2019), tìm được địa điểm thích hợp cho nuôi cá lồng biển ven bờ là vấn đề quan trọng trong quá trình phát triển ngành thủy sản. Các tác động của nuôi cá biển đối với nguồn tài nguyên ven biển phải được xác định rõ để thực hiện các chính sách nhằm kiểm soát tác động. Nuôi cá lồng biển phát triển ở các vùng ven biển Địa Trung Hải và Biển Đen: Khái niệm về vùng phân bố cho NTTS (Allocated Zones for Aquaculture - AZA) được áp dụng trong việc chọn các khu vực nuôi cá biển để tránh suy thoái môi trường. Khi chọn địa điểm AZA phù hợp, điều quan trọng là phải tính toán sức chịu tải để giảm thiểu rủi ro và bảo vệ hệ sinh thái biển [64].

Nghiên cứu tình trạng phú dưỡng ở Vịnh Nam Sa chủ yếu do các hoạt động nuôi cá lồng bè gây ra. Dựa trên các đặc điểm sinh học, các loại rong biển thuộc chi *Laminaria* và *Gracilaria* đã được chọn làm loài xử lý sinh học tương ứng vào mùa đông, mùa xuân, mùa hè và mùa thu. Một số quy trình có thể hạn chế hiện tượng phú dưỡng bằng cách cải thiện tính ổn định của thức ăn cho cá nuôi thông qua các giải pháp áp dụng các bộ lọc sinh học và phân đoạn sinh học thông qua việc sử dụng chế phẩm sinh học - tăng hiệu quả quá trình khoáng hóa vi khuẩn [41].

Tải lượng chất dinh dưỡng hòa tan từ các trang trại nuôi cá biển trên thế giới đã tác động trực tiếp đến chất lượng nước và gây ÔNMT, đồng thời là nguyên nhân gây ra hiện tượng tảo nở hoa tác động xấu đến khu vực nuôi. Khi công tác QLMT vùng nuôi tốt đã giảm thiểu tác động các chất ô nhiễm từ trang trại nuôi cá đến chất lượng nước biển. Ảnh hưởng chất dinh dưỡng được phát hiện ở khoảng cách 100m so với vị trí khu nuôi cá lồng bè. Việc bố trí các trang trại nuôi cá ở vùng nước sâu với dòng chảy đủ để phân tán chất dinh dưỡng và ngăn ngừa tác động đến chất lượng nước là rất quan trọng. Mặc dù công tác quản lý hoạt động nuôi theo phương pháp hiện đại đã làm giảm tác động môi trường từ các khu nuôi cá biển, tuy nhiên do mật độ nuôi lớn, nhiều chất thải dẫn đến hiện tượng phú dưỡng tại khu vực nuôi [63].

Điều quan trọng là phải ước tính số phận, động thái của các chất dinh dưỡng để quản lý tốt và phát triển bền vững nghề NTTS, dữ liệu này có thể giúp cải thiện quản lý NTTS trong tương lai [64]. Động thái N và P trong nước được tạo ra là do hoạt động nuôi cá biển. Sự dư thừa dinh dưỡng N, P trong nước nuôi cá biển dẫn đến hiện tượng phú dưỡng và hậu quả làm thay đổi hệ sinh thái của nước. Giảm đầu ra của các chất thải hòa tan thông qua chế độ cho ăn phù hợp được coi là là yếu tố then

chốt cho sự bền vững nghề NTTS trên thế giới. Lượng thức ăn thừa phụ thuộc vào quy mô nuôi, các loài cá nuôi, tập quán nuôi, xử lý thức ăn và đặc tính thức ăn. Sử dụng thức ăn tổng hợp trong nuôi cá biển giúp khả năng tiêu hóa của cá tốt hơn, giảm lượng chất dinh dưỡng bài tiết vào nước nuôi [36].

*Như vậy, trên thế giới những nghiên cứu về giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P tại KVNCLVBVB tập trung vào những vấn đề:- Tìm hiểu, khảo sát đặc điểm điều kiện tự nhiên vùng nuôi; - Đánh giá sức tải khu vực nuôi; - Lựa chọn đối tượng, mật độ nuôi; - Cách chăm sóc, lựa chọn thức ăn; - Nuôi xen kẽ các đối tượng nuôi; - Ngừng nuôi, luân chuyển theo vùng;- Quản lý môi trường nuôi (quan trắc định kỳ và sớm để kiểm soát CLMT khu vực nuôi).*

### **1.2.2. Ở Việt Nam**

Ở cấp độ quốc gia: Luật BVMT 2020 [67] và Luật Thủy sản 2017 [68] đều quy định các hoạt động theo dõi, giám sát chỉ tiêu môi trường; quản lý và xử lý chất thải trong quá trình sản xuất (đối với sản xuất, chế biến thủy sản, NTTS) theo yêu cầu của luật BVMT. Điều đó có nghĩa là giảm thiểu lượng chất thải phát sinh ảnh hưởng đến môi trường. Đối với hoạt động nuôi cá biển, quy định này đồng nghĩa với việc giảm lượng chất thải (dinh dưỡng N và P) gây ÔNMT nước khu vực nuôi.

Đối với địa phương: Dựa trên các yêu cầu theo luật BVMT, mỗi địa phương có những văn bản quy định về BVMT vùng nuôi cá biển. Tỉnh Quảng Ninh ban hành Quy chuẩn địa phương để giảm thiểu ÔNMT biển, hướng tới phát triển bền vững, Quảng Ninh là tỉnh đầu tiên ban hành Quy chuẩn địa phương QCDP 08:2020/QN về vật liệu nổi trong NTTS trong đó vật liệu HDPE được lựa chọn làm vật liệu an toàn thay thế vật liệu truyền thống trước đây. Khu vực nuôi được đánh giá sức tải môi trường phục vụ cho NTTS bền vững như tại khu vực Vung Viêng - Hạ Long [69].

Xây dựng mô hình nuôi công nghiệp: NCLVBVB theo mô hình VietGAP tại Trung tâm nuôi biển công nghệ cao thuộc Viện Nghiên cứu NTTS I. Trang trại nằm trên vịnh Vân Phong (Khánh Hòa) được thành lập từ năm 2013, diện tích mặt biển khoảng 10 ha. Trong đó, toàn khu nuôi có 20 lồng tròn chất liệu nhựa HDPE chịu lực, bão, gió mạnh, chu vi 60m nuôi cá Chim vây vàng thương phẩm và 22 lồng vuông kích thước 5 x 5 x 5m dùng để nuôi cá giống bố mẹ, ương cá giống. Đây là trang trại nuôi cá biển (cá Chim vây vàng) quy mô công nghiệp đầu tiên của cả nước được công nhận đạt tiêu chuẩn VietGAP. Quy trình nuôi tuyệt đối không dùng kháng sinh, sử

dụng 100% thức ăn công nghiệp, tỷ lệ hao hụt thấp, tỷ lệ cá sống đạt từ 76 - 84% từ lúc thả đến cuối vụ nuôi kéo dài 8 - 10 tháng [70].

Trong định hướng về phát triển nuôi biển của quốc gia: Các địa phương cần tổ chức lại sản xuất vùng nuôi lồng bè gần bờ, chuyển đổi dần các mô hình sản xuất từ vùng eo ngách ra vịnh hỏ ở quy mô nuôi công nghiệp. Ưu tiên phát triển các mô hình nuôi đa loài, nuôi kết hợp cá biển với nhuyễn thể, rong biển, tảo biển, giáp xác, tận dụng chuỗi thức ăn và bảo đảm cân bằng môi trường sinh thái.

Đối với nuôi lồng bè xa bờ, vùng biển hỏ, cần sử dụng các mô hình nuôi hiện đại, sử dụng lồng nổi bằng nhựa cứng HDPE, lồng nổi bằng kết cấu thép, các loại lồng chìm và bán chìm có kết cấu và vật liệu đa dạng, thích hợp với từng đối tượng nuôi, chịu được biến động thời tiết và sóng, bão; gắn kết hài hòa nuôi biển với dịch vụ, du lịch sinh thái biển, dầu khí, điện gió...

- Đối tượng nuôi: Phát triển mạnh nuôi các đối tượng có lợi thế cạnh tranh và có thị trường tiêu thụ lớn trên vùng biển xa bờ; nhóm cá biển có giá trị kinh tế cao, nhóm nhuyễn thể và các đối tượng nuôi biển có giá trị kinh tế khác.

- Phương thức nuôi: Nuôi công nghiệp, hiện đại, quy mô lớn, đảm bảo an toàn thực phẩm, BVMT sinh thái, thích ứng với biến đổi khí hậu; sử dụng hệ thống lồng, bè có kết cấu và vật liệu phù hợp với từng đối tượng nuôi, chịu được biến động thời tiết (sóng to, gió lớn, bão).

- Các vùng nuôi: Hình thành các vùng nuôi biển xa bờ tại các tỉnh trọng điểm như Quảng Ninh, Hải Phòng, Quảng Ngãi, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận, Bà Rịa - Vũng Tàu, Cà Mau, Kiên Giang và một số địa phương có điều kiện tự nhiên thuận lợi.

Để nghề nuôi cá biển phát triển bền vững thì bên cạnh việc cần chủ động về con giống thì hướng tới sử dụng thức ăn viên sẽ làm giảm áp lực việc khai thác “cá nuôi cá” và hạn chế khả năng gây ÔNMT. Hiện nay tại hầu hết các khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè, thức ăn chủ yếu của cá hoàn toàn bằng cá tạp, các nghiên cứu cho kết quả khoảng 10 kg cá mồi thu được 1 kg cá thương phẩm [55].

Nghiên cứu về việc kiểm soát ô nhiễm do NTTS ở đầm Cù Mông, tỉnh Phú Yên đã đề xuất biện pháp để kiểm soát ô nhiễm do hoạt động NTTS ở đầm Cù Mông gồm: 1) Các biện pháp giảm thiểu tác động do nguồn thức ăn dư thừa và chất thải từ

quá trình bài tiết của hải sản. 2) Các biện pháp giảm thiểu tác động do việc xả thuốc, hóa chất, bao bì đựng thuốc, hóa chất [56].

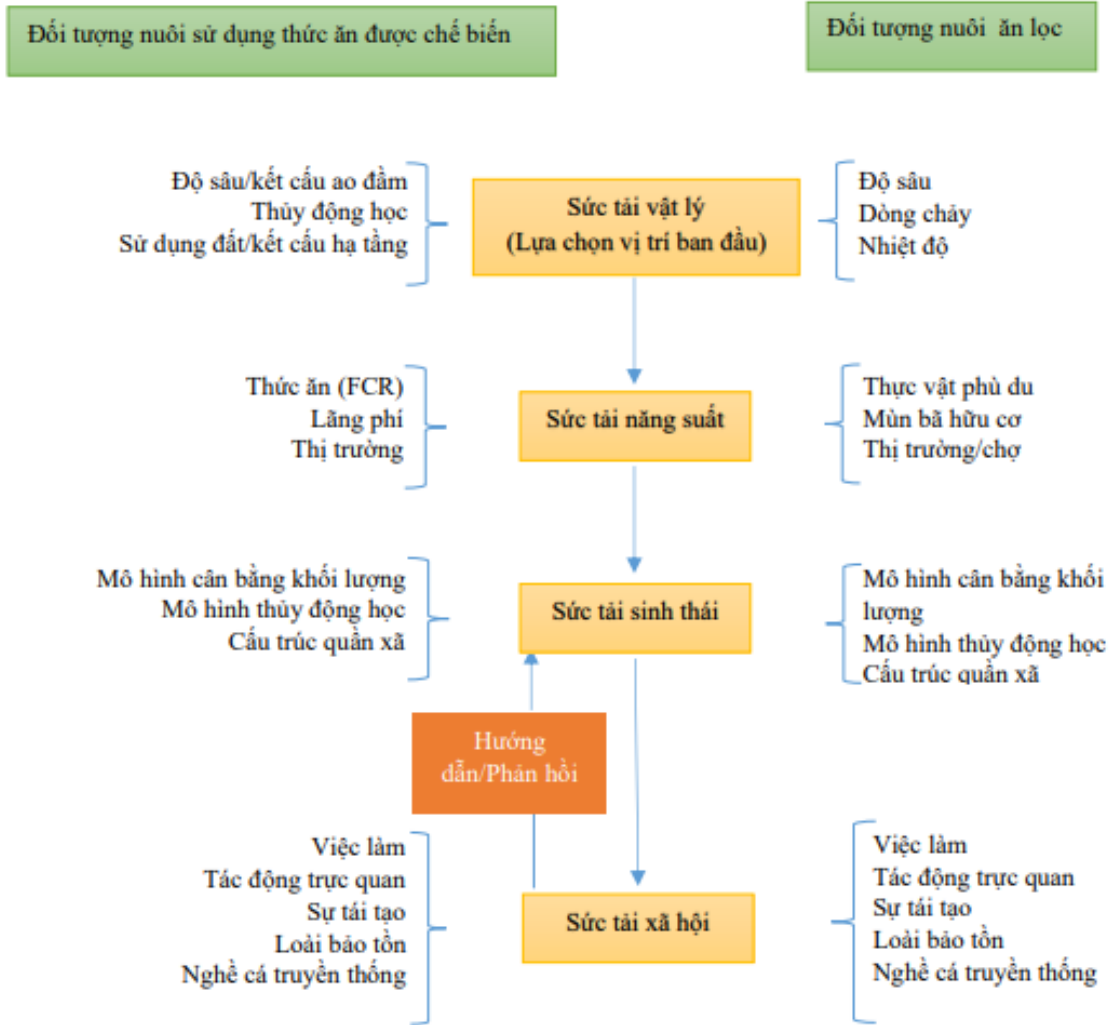
Trong Đề án NTTS lồng bè trên vịnh thuộc quần đảo Cát Bà, Hải Phòng do Sở NN&PTNT Hải Phòng chủ trì thực hiện năm 2022 có trình bày phương pháp đánh giá sức tải môi trường khu vực hòn Bọ Cắn - Cẩm Phả - Quảng Ninh năm 2019 [71], nội dung được thể hiện trong Bảng 1.9.

**Bảng 1.9.** Dữ liệu đánh giá sức tải môi trường cho hệ thống NTTS [71]

Hệ thống canh tác	Sức tải vật lý	Sức tải năng suất	Sức tải sinh thái	Sức tải xã hội
Hệ thống nuôi lồng ven biển	Gió Sóng Dòng chảy Độ sâu Nhiệt độ Độ mặn Cơ sở hạ tầng	Nhiệt độ Độ muối Khẩu phần và chế độ cho ăn Chi phí đầu tư Thị trường	Tiêu chuẩn môi trường Đa dạng sinh học Chỉ thị phú dưỡng Dữ liệu ĐTM chung Tác động trực quan	Quyền truy cập biên và ven biển Tiếp cận vốn Người thụ hưởng Lao động

**Bảng 1.10.** Tính toán về năng suất, sản lượng cá nuôi khu vực hòn Bọ Cắn (Quảng Ninh) quy mô 50 ha mặt nước [71]

Thức ăn công nghiệp	Thức ăn tươi
- Diện tích đặt lồng là 6,15% diện tích mặt nước. - Năng suất 10kg/m <sup>3</sup> . - Sản lượng 1.848,6 tấn/năm.	- Diện tích đặt lồng là 5,2% diện tích mặt nước. - Năng suất 10kg/m <sup>3</sup> . - Sản lượng đạt 1.559,8 tấn/năm.



**Hình 1.10.** Sơ đồ cấu trúc phân cấp để xác định sức tải môi trường [71]

Như vậy, tại Việt Nam giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P trong KVNCLVBVB được quy định chung về quản lý, BVMT trong Luật BVMT 2020, Luật Thủy sản 2017 nhưng chưa được nêu cụ thể. Các nghiên cứu về giải pháp kiểm soát môi trường đối với KVNCLVBVB còn ít, những nghiên cứu vào việc quản lý thức ăn, các chất thải phát sinh trong hoạt động nuôi (chất thải sinh hoạt, bao bì, bài tiết của đối tượng nuôi); hướng đánh giá sức tải của KVNCLVBVB để quản lý hoạt động nuôi, BVMT khu vực nuôi.

### 1.3. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động NCLVBVB khu vực nghiên cứu

#### 1.3.1. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển VV Cát Bà - Hải Phòng

##### Đặc điểm khí hậu

Khu vực nuôi cá biển vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng nằm trong vùng ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa và chia thành hai mùa rõ rệt: mùa đông (từ tháng

10 năm trước đến tháng 4 năm sau) có thời tiết lạnh, khô và mưa ít; mùa hè (tháng 5 đến tháng 9) có thời tiết nóng, ẩm và mưa nhiều.

*-Nhiệt độ, độ ẩm*

Nhiệt độ không khí trung bình năm dao động từ 22,5 - 30,0°C. Mùa đông khá lạnh với nhiệt độ trung bình 15,0 - 20,0°C, có thời điểm xuống dưới 10,0°C (khi có gió mùa đông bắc). Mùa hè khá nóng kéo dài 5 tháng, từ tháng 5 đến tháng 9, nhiệt độ không khí trung bình dao động từ 26,2 - 28,9°C [72].

Độ ẩm trung bình trong năm từ 80% đến 85%, cao nhất có thể đạt 100% vào những tháng 7, tháng 8, tháng 9, thấp nhất vào tháng 12 và tháng 1 năm sau. Trong suốt cả năm có khoảng 1.692,4 giờ nắng, Bức xạ mặt đất trung bình là 117kcal cm/phút [72].

*- Lượng mưa, chế độ gió*

Lượng mưa trung bình nhiều năm ở vùng ven biển Hải Phòng khá lớn khoảng từ 1.600 - 2.000mm. Lượng mưa phân bố không đều, tập trung vào các tháng mùa hè, cao nhất vào tháng 8 đạt trên 200mm. Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4, lượng mưa khá nhỏ, tổng lượng mưa chỉ đạt khoảng 300mm [72].

Chế độ gió khu vực ven biển Cát Bà - Hải Phòng thể hiện rõ rệt sự ảnh hưởng hoàn lưu chung của khí quyển và thay đổi theo mùa. Mùa đông thịnh hành gió hướng bắc và đông bắc, tần suất từ tháng 9 năm trước tới tháng 4 năm sau từ 33,5% tới 62,0%. Hàng tháng trung bình có 3 - 4 đợt gió mùa đông bắc, có tháng 5 - 6 đợt kéo dài 3 - 5 ngày. Vận tốc gió trung bình dao động từ 3,2 - 3,7m/s, mạnh nhất có thể đạt tới 25,0 - 30,0m/s. Vào mùa hè (từ tháng 5 đến tháng 9), chế độ gió chịu sự chi phối của hệ thống gió mùa Tây Nam, hướng gió chủ yếu là đông nam và nam, Tốc độ gió trung bình khoảng 3,5 - 4,0m/s, cực đại đạt 20,0 - 25,0m/s [72].

***Đặc điểm hải văn***

*- Chế độ thủy triều và mực nước*

Thủy triều khu vực biển Cát Bà mang tính nhật triều đều điển hình (mức nước trung bình 3,3 - 3,5m) với hầu hết số ngày trong tháng là: trong một ngày đêm có 1 lần nước lớn và 1 lần nước ròng. Mỗi tháng có 2 kỳ nước lớn, mỗi kỳ có 11 - 13 ngày, biên độ dao động 2,6 - 3,6m; xen kẽ là 2 kỳ nước ròng, mỗi kỳ có 3 - 4 ngày có biên độ 0,5 - 1,0m. Trong năm, biên độ triều lớn vào các tháng 6, 7 và tháng 11, 12; biên

độ triều nhỏ vào các tháng 3, 4 và tháng 8, 9. Độ lớn thủy triều tại Cát Bà - Hải Phòng thuộc loại lớn nhất nước ta, có xu thế tăng dần từ nam lên bắc và từ bờ ra khơi. Độ lớn thủy triều cực đại 4,18m ở trạm Hòn Dấu, 4,38m ở Hòn Gai, 4,80m ở Cửa Ông. Độ lớn thủy triều cực tiểu lần lượt là 1,75m, 1,80m, 1,95m, Độ lớn thủy triều trung bình lần lượt là 3,00m, 3,15m, 3,40m [73].

Hệ thủy triều tại vịnh Cát Bà rất đặc trưng với mức triều cường vào khoảng 3,5 - 4,0m/ngày. Độ mặn của nước biển dao động từ 31,0 đến 33,5‰ vào mùa khô nhưng vào mùa mưa, mức này có thể thấp hơn. Mực nước biển tại khu vực nuôi cá lồng vùng ven bờ khá cạn, độ sâu từ 6,0m đến 18,0m [73].

#### - Chế độ dòng chảy

Dòng chảy khu vực biển Cát Bà nằm trong hệ thống dòng chảy ven bờ Quảng Ninh - Hải Phòng là dòng chảy tổng hợp, có các thành phần dòng chảy triều, gió và sóng. Trong đó dòng chảy triều và thành phần nhật triều có vai trò quyết định. Vì vậy, dòng chảy có tính thuận nghịch và phụ thuộc nhiều vào địa hình bờ, định hướng theo luồng lạch, cửa sông hoặc song song với đường bờ. Tại khu vực Cát Bà, dòng chảy cũng do dòng triều quyết định, hướng chảy phức tạp, tốc độ chỉ đạt 8,0 - 12,0cm/s, nơi mạnh 20,0 - 30,0cm/s và có thể đạt đến trên 50,0cm/s ở các lạch hẹp. Khu vực này chịu ảnh hưởng của dòng chảy mùa, nên có nước đục vào mùa mưa do dòng đục hướng tây nam từ Đồ Sơn lên [73].

#### + Chế độ sóng

Sóng vùng ven biển khu vực đảo Cát Bà - Hải Phòng chủ yếu là sóng truyền từ ngoài khơi đã bị khúc xạ và phân tán năng lượng do ma sát đáy. Từ tháng 10 năm trước đến tháng 3 năm sau, hướng sóng thịnh hành trên vùng biển phía bắc đảo Cát Bà là đông bắc, tần suất lớn hơn 40%; vùng phía nam đảo Cát Bà - Long Châu, sóng chuyển dần sang hướng đông, tháng 3 sóng hướng đông thịnh hành nhất. Mùa hè, từ tháng 5 đến tháng 8, sóng hướng nam khổng chế trên toàn vùng biển, tần suất tới 43%, Tháng 7, tần suất sóng hướng đông chiếm tới 18%. Sóng vùng Cát Bà thường nhỏ, chủ yếu theo hướng đông bắc và đông nam, độ cao sóng trung bình 0,5 - 1,0m, lớn nhất có thể đạt tới 2,8m [73].

### **-Hoạt động nuôi cá biển tại Cát Bà - Hải Phòng**

#### + Số lượng ô lồng

Kết quả tổng hợp trong năm 2018 - 2022, trên các vịnh thuộc quần đảo Cát Bà có 440 cơ sở nuôi cá lồng biển với 516 nhà chòi. Số lượng ô lồng có chiều hướng giảm: Năm 2018 từ 9.057 ô lồng giảm đến năm 2021 còn 8.216 ô lồng; năm 2022, giảm còn 1.888 ô lồng theo quy hoạch của thành phố. Khu vực mới phục vụ cho nuôi cá lồng biển trên các vịnh thuộc quần đảo Cát Bà từ cửa Hang Vẹm đến Vụng O vịnh Bèo thuộc thị trấn Cát Bà, diện tích quy hoạch nuôi là 41 ha, bố trí 118 cơ sở nuôi với 1.888 ô lồng và khu vực bến Gia Luận, diện tích quy hoạch nuôi là 15 ha, gồm 12 cơ sở nuôi với 192 ô lồng [3, 74]. Diễn biến số lượng ô lồng nuôi cá biển tại Cát Bà - Hải Phòng trong thời gian năm 2018 - 2022 được trình bày trong Bảng 1.11.

**Bảng 1.11.** Số lượng cơ sở nuôi cá lồng biển ở VV Cát Bà - Hải Phòng [3]

Năm	Số lượng cơ sở nuôi	Số lượng ô lồng
2018	441	9.057
2019	438	8.892
2020	441	8.432
2021	440	8.216
2022	118	1.888

+ *Hoạt động nuôi*: Kết quả điều tra thực tế và tham khảo tài liệu [75] về hoạt động nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà - Hải Phòng như sau:

+ *Đối tượng nuôi* tại Cát Bà đa dạng và tập chung vào loài cá có giá trị kinh tế như cá Song (Song đen, Song lai, Song chấm, Song hồ,..) chiếm khoảng 90%, còn lại các loài cá khác (cá Giò, cá Sủ, cá Vược, cá Hồng, cá Gáy, cá Chim...) chiếm tỷ lệ 10%.

+ *Kết cấu ô lồng*: Lồng khung bằng gỗ, phao nổi bằng thùng phi nhựa. Kích thước lồng phổ biến 3m x 3m x 3m, số lượng nhỏ lồng 5m x 5m x 5m. Khoảng cách giữa các bè nuôi từ 20 - 30m.

+ *Mùa vụ, thời điểm thả cá giống* ở hầu hết các bè nuôi thường bắt đầu từ tháng 2 - 3 âm lịch khi thời tiết ấm dần lên và có nguồn con giống trên thị trường.

+ *Thức ăn sử dụng cho cá biển nuôi* tại Cát Bà - Hải Phòng chủ yếu là cá tạp và ít bổ sung thức ăn công nghiệp. *Cách thức cho cá ăn* theo nhu cầu của cá (khi cá không ăn nữa thì dừng) và ước lượng thức ăn hàng ngày theo kinh nghiệm, ước tính lượng cá trong lồng và lượng thức ăn của ngày hôm trước (lượng cho ăn hàng ngày dao động từ 3 - 5kg/một ô



lồng khoảng trên 300 con cá). Ngoài ra, các hộ nuôi còn sử dụng rất ít thức ăn công nghiệp cho cá ăn thêm (với cá nhỏ), lượng cho ăn theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

+ *Công tác vệ sinh lồng bè và quản lý chất lượng nước nuôi*: Các bè nuôi cá lồng biển định kỳ thay lưới và giặt lưới theo hình thức bơm nước xịt sạch, phơi nắng khô để sử dụng cho lần sau. Công tác quản lý CLMT nước trong các bè nuôi ít được quan tâm. Các bè nuôi đánh giá CLMT nước theo cảm quan (dựa vào màu nước). Các bè nuôi đã gặp tình trạng cá nuôi bị nổi đầu do thiếu ôxy hòa tan trong nước, mật độ cá nuôi dày và độ thông thoáng giữa các lồng nuôi kém. Khi cá nuôi nổi đầu do thiếu ôxy thì các hộ nuôi sử dụng máy sục khí cấp ôxy hoặc kéo giãn lồng nuôi.

### **1.3.2. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển ở VB Vĩnh Tân - Bình Thuận**

#### ***Đặc điểm khí hậu***

Khí hậu tại tỉnh Bình Thuận phân hóa thành 2 mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa thường bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau; trên thực tế mùa mưa chỉ tập trung vào tháng 8, 9, 10, vì vậy mùa khô thực tế thường kéo dài [76].

#### ***-Nhiệt độ, độ ẩm***

Nhiệt độ trung bình năm tại Bình Thuận khoảng 26,7 - 27,3°C. Biên độ nhiệt độ các tháng từ 6,0 - 8,0°C, biên độ nhiệt độ năm khoảng 6,8 - 7,5°C. Tổng nhiệt năm dao động từ 319,9 - 328,1°C. Lượng mưa tích lũy đầu mùa, cuối mùa, xác suất 2 - 3 tuần khô uớt đã thể hiện quy luật khá rõ ràng về sự phân bố mưa trong năm. Lượng mưa 838,5 - 1.639,1mm, nhưng lượng mưa phân bố không đều trong năm [76].

#### ***-Lượng mưa, giờ nắng***

Nhiệt độ trung bình 27°C, lượng mưa trung bình 1.024mm và tổng số giờ nắng 2.459 giờ. Là khu vực có độ nắng dồi dào cả về lượng và chất, cùng với nhiệt độ ôn hòa, lượng mưa thấp và tập trung [76].

### ***Hoạt động nuôi cá biển tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận***

#### ***- Số lượng lồng nuôi***

Nghề nuôi cá lồng biển tại xã Vĩnh Tân - Tuy Phong - Bình Thuận được hình thành từ năm 2005; thời gian đầu chỉ có vài hộ nuôi theo hình thức gom cá tự nhiên từ các tàu khai thác hải sản. Trong thời gian 2019 - 2021, số lượng ô lồng nuôi tại đây khá ổn định, biến động không nhiều, năm 2020 số hộ nuôi là 20 hộ nuôi và tổng số

400 ô lồng, trong đó: 87 lồng nuôi cá giò, 269 lồng nuôi cá Song, 44 lồng nuôi cá Hồng, cá Chêm, cá Chim; trong năm 2021, số lượng ô lồng tăng thêm đạt 460 ô lồng, số lượng 100 ô lồng nuôi cá Giò, 280 ô lồng nuôi cá Song và 80 ô lồng nuôi cá Hồng, cá Chêm, cá Chim [2].

#### *- Hoạt động nuôi*

Kích thước ô lồng nuôi theo kiểu truyền thống: Kết cấu lồng khung bằng gỗ, phao nổi bằng thùng phi nhựa hoặc xốp (ít). Kích thước lồng phổ biến 3m x 3m x 3m và số lượng nhỏ lồng 5m x 5m x 5m. Khoảng cách giữa các bè nuôi từ 80 - 100m.

Thức ăn cho cá nuôi 100% là cá tạp và không sử dụng thức ăn công nghiệp. Cho cá ăn vào buổi sáng hoặc buổi chiều, cho ăn khi cá no không ăn thì dừng [2].

### ***1.3.3. Đặc điểm tự nhiên và hoạt động nuôi cá biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu***

#### ***Đặc điểm khí hậu***

Bà Rịa - Vũng Tàu thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, một năm chia hai mùa rõ rệt: Mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, thời gian này có gió mùa Tây Nam mang hơi ẩm gây mưa nhiều; mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, thời gian này có gió mùa Đông Bắc.

- *Nhiệt độ, độ ẩm*: Nhiệt độ trung bình hàng năm là 27°C, tháng thấp nhất khoảng 24,8°C, các tháng cao nhất từ tháng 4 - 6, nhiệt độ dao động trong khoảng 28,2 - 29,3°C, các tháng có nhiệt độ thấp từ tháng 12 năm trước, tháng 1-2 năm sau (25,6 - 26°C). Đặc điểm khác biệt là tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu không có mùa đông và ít khi xảy ra bão [77].

- *Lượng mưa, giờ nắng*: Lượng mưa trung bình 1.500mm, phân bố không đều, tập trung vào mùa mưa đến 90%. Số giờ nắng rất cao, trung bình hàng năm khoảng 2.400 giờ [77].

#### ***Đặc điểm hải văn***

- *Chế độ thủy triều và mực nước*: Chế độ thủy văn sông ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu chịu ảnh hưởng thủy triều biển Đông, đặc trưng thủy triều tại Vũng Tàu là bán nhật triều không với cường độ lớn. Số ngày nhật triều tháng không đáng kể, ngày có lần triều lên lần triều xuống. Đinh triều, thân triều biên độ triều trung bình từ - 4m thời kỳ triều cường từ 1,5 - 2,0m thời kỳ triều mức triều trung bình dao động cốt từ

+0,23 đến -0,19m thường đạt cực đại vào tháng 9, 10, 11, 12 hàng năm. Về mùa khô, mực nước chôn cao cực đại trạm hải văn Vũng Tàu mùa khô đạt +0,03m [77].

- *Chế độ dòng chảy*: Chế độ sóng được chia thành mùa rõ rệt chế độ mùa: - Chế độ sóng mùa Đông (chủ yếu sóng hướng Đông Đông Bắc) kéo dài từ tháng 11 đến tháng 5 năm sau. Về mùa này, hoạt động biển thường gặp nhiều khó khăn có nhiều ngày biển động. Độ cao sóng toàn vùng biển dao động khoảng từ 0,5 - 1,84m. - Chế độ sóng mùa hè (chủ yếu sóng hướng Tây Nam, Tây - Tây Nam): Kéo dài từ tháng 4 - 9, có nhiều ngày lặng sóng độ cao sóng trung bình thấp. Về mùa này, hoạt động biển tương đối thuận lợi, độ cao sóng trung bình toàn vùng đạt 0,3 - 0,9m, chu kỳ sóng trung bình khoảng - 4,5 giây. Độ mặn vùng ven biển Vũng Tàu biến đổi mạnh thời kỳ gió mùa Tây Nam, độ mặn trung bình bề mặt khoảng 31 - 33‰, thường giảm xuống 20‰ vào tháng 9, 10, 11 [77].

- *Chế độ sóng*: Vùng biển Vũng Tàu là một trong những vùng có chế độ triều khá độc đáo ở nước ta. Chế độ bán nhật triều không đều cùng với một biên độ khá lớn, biên độ triều lớn nhất có thể đạt tới 4,0m. Số liệu mực nước giờ từ 2001 đến 2014 tại Vũng Tàu cho thấy: Mực nước đỉnh triều từ 0,9m đến 1,3m, trung bình 1,0m, mực nước chôn triều từ -2,2 đến -3,1m. Các tháng 5,6,7,8 là các tháng nước kém, chôn triều xuống thấp, đồng thời mực nước đỉnh triều phổ biến nhỏ hơn 1m.

Mực nước lớn nhất xảy ra vào tháng 10 và thấp nhất vào tháng 5 và tháng 6. Trong một tháng có hai lần triều cường và hai lần triều kém. Lần triều cường đầu tiên xảy ra vào ngày 2, 3 và ngày 4 âm lịch. Lần triều cường thứ hai xảy ra vào các ngày 14, 15, 15 và 17 âm lịch. Còn triều kém lần thứ nhất xảy ra vào các ngày 9 và 10 âm lịch. Lần triều kém thứ hai là ngày 23 - 24 âm lịch. Chế độ thủy động lực vùng bờ biển Bà Rịa - Vũng Tàu phụ thuộc vào đặc điểm thủy văn hạ lưu sông Mê Kông và hải văn Biển Đông với sự tương phản sâu sắc giữa mùa mưa lũ trong thời kỳ gió mùa Tây Nam (GMTN) và mùa khô - kiệt trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc (GMĐB). Chế độ mực nước và chế độ dòng chảy trên vùng biển Vũng Tàu có sự biến đổi theo chế độ gió mùa. Dòng chảy ven bờ kỳ GMĐB có hướng Đông Bắc - Tây Nam, trong mùa GMTN, dòng chảy ven bờ có hướng Tây Nam - Đông Bắc. Tốc độ dòng chảy ven bờ trong mùa GMĐB lớn hơn trong mùa GMTN từ 0,05 - đến 0,2m/s [77].

- *Chế độ thủy văn*: Do tiếp giáp với biển Đông, nên các sông hệ thống sông tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu chịu ảnh hưởng chế độ thủy văn bán nhật triều không. Hệ thống sông

Thị Vải, sông Chà Và, sông Dinh có dòng chảy theo hướng Nam - Đông Nam, chiều cường chảy hướng Bắc - Tây Bắc, vận tốc chiều rút cực đại 133cm/s, triều cường 98cm/s. Mực nước sông trung bình thay đổi từ 39 - 35cm, mực nước cao quan trắc +180cm, mực nước thấp - 329cm. Giá trị trung bình độ lớn thủy triều 310cm, độ lớn thủy triều lớn 465cm, độ lớn thủy triều nhỏ 141cm. Chế độ thủy triều: Triều lên lúc 4 - 9h sáng, 16 - 23h đêm; triều xuống lúc 9 - 16h và 23 - 4h sáng hôm sau [77].

### ***Hoạt động nuôi cá biển tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu***

- *Số lượng lồng nuôi:* Tại tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, khu vực cửa sông Chà Và - xã Long Sơn - Thành phố Vũng Tàu có số hộ nuôi cá lồng biển nhiều nhất của tỉnh; năm 2012 có 18 bè với khoảng 2.670 lồng; năm 2017 - 2018, số lượng tăng lên 275 bè với khoảng 8.000 lồng. Đối tượng nuôi chủ yếu là cá Song, cá Hồng, cá Chêm, cá Chim. Trong khoảng thời gian năm 2019 - 2022 mặc dù số lượng hộ nuôi, ô lồng nuôi trên khu vực sông Chà Và có giảm (còn 270 hộ với 5.380 lồng nuôi trên diện tích 752ha, trong đó có 3.601 lồng bè không nằm trong vùng quy hoạch) nhưng vẫn vượt quy hoạch nuôi do UBND tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu phê duyệt [4, 78]. Thống kê biến động số lượng ô lồng nuôi cá biển tại Long Sơn - Vũng Tàu được thể hiện trong Bảng 1.12.

Do số lượng lồng bè vượt quy hoạch, mật độ cá nuôi dày, thức ăn chủ yếu là cá tạp, các nguồn thải từ hoạt động sản xuất nông nghiệp, chế biến hải sản ven sông góp phần làm suy giảm CLMT nước khu vực nuôi. Những năm gần đây, sự cố môi trường và dịch bệnh thường xảy ra tại khu vực nuôi đã gây ra tình trạng cá chết hàng loạt trên sông Chà Và - Long Sơn, gây thiệt hại lớn cho các hộ nuôi.

***Bảng 1.12.*** Số lượng cơ sở nuôi cá lồng VCS Long Sơn - Vũng Tàu [4]

<b>Năm</b>	<b>Số cơ sở nuôi</b>	<b>Số lượng ô lồng</b>
2018	275	8.005
2019	270	5.380
2020	280	8.326
2021	285	8.205
2022	270	5.380

- *Hoạt động nuôi:* Từ khi thả giống đến tháng thứ 2: Mật độ thả thích hợp ở giai đoạn này khoảng 1.000 - 1.500 con/lồng, kích cỡ khoảng từ 10 - 12 cm, trọng lượng khoảng từ 20 - 25g/con, giống nhỏ khoảng 2 - 5 cm thì kích cỡ mắt lưới tương ứng  $2a = 0,5$  cm; cá từ 6 - 15 cm, kích cỡ mắt lưới tương ứng  $2a = 1,0$  cm, thức ăn là cá tươi, xay

nhuyễn, khuyến cáo người nuôi nên trộn thêm các loại vitamin, dầu mực, các loại chất khoáng tổng hợp cần thiết nhằm kích thích sự tăng trưởng và tăng sức đề kháng cho cá giống trong giai đoạn này, kiểm tra sự tăng trưởng của cá thường xuyên, chú ý san thưa lồng nuôi sau khi thả đến 2 tháng tuổi để kích thích sự tăng trưởng của cá.

Từ tháng thứ 2 đến tháng thứ 4: Mật độ thả trung bình khoảng 500 - 600 con/lồng, (từ 12 - 15 con/m<sup>2</sup>). Cá ở giai đoạn này có trọng lượng khoảng từ 1,5 - 2,5 kg/con. Kích cỡ mắt lưới tương ứng  $2a = 2,0\text{cm}$ , giai đoạn này cá tiêu thụ thức ăn nhiều, nên sử dụng thức ăn công nghiệp viên nổi tỷ lệ có thể 50/50 cá tươi, chú ý bổ sung các loại khoáng tổng hợp, vitamin nhằm tăng sức đề kháng cho cá.

Từ tháng thứ 4 đến tháng thứ 6: Mật độ thả trung bình khoảng 300 - 500 con/lồng, (từ 7 - 13 con/m<sup>2</sup>). Cá ở giai đoạn này có trọng lượng khoảng từ 4,0 - 6,0 kg/con, cá hoạt động nhiều, chú ý quan sát khi cá ăn nhằm điều chỉnh tăng giảm lượng thức ăn phù hợp.

Từ tháng thứ 6 đến khi thu hoạch: Giai đoạn này cá lớn, mật độ thả trung bình khoảng 100 - 200 con/lồng, (từ 2,5 - 5 con/m<sup>2</sup>). Kích cỡ cá nếu nuôi tốt thì trọng lượng khoảng từ 7,0 - 10 kg/con. Giống như các giai đoạn đầu, người nuôi nên cố định giờ cho cá ăn nhằm kích thích cá bắt mồi, giúp tiêu thụ thức ăn tốt và giảm công chăm sóc, cho cá ăn vào buổi sáng và buổi chiều lúc trời mát.

### ***Kết luận Chương 1:***

*- Trên thế giới, nghiên cứu về động thái dinh dưỡng N, P được thực hiện ở những quốc gia có nghề nuôi cá lồng biển phát triển như Na Uy, Trung Quốc... chủ yếu tập trung vào các nội dung nghiên cứu về nguồn phát sinh chất thải, tải lượng N, P thải ra từ hoạt động nuôi cá lồng biển; phạm vi ảnh hưởng của nuôi cá lồng biển đến môi trường xung quanh; biện pháp giảm lượng chất thải từ hoạt động nuôi cá lồng biển.*

*- Tại Việt Nam: NCLBVB hiện nay chủ yếu theo quy trình nuôi lồng bè truyền thống gần bờ, hạ tầng nuôi còn nhiều yếu kém, thiếu quy hoạch và chính sách quản lý chưa tốt dẫn đến tình trạng phải đối mặt với nhiều rủi ro thách thức, rõ nhất là suy thoái môi trường. Một số vùng nuôi hiện nay đang có CLMT vùng nuôi bị suy giảm do độ sâu và tốc độ dòng chảy thấp, mật độ các lồng nuôi quá cao, chất thải sinh*

*hoạt và chất thải từ hoạt động nuôi quá lớn, chưa kể những mâu thuẫn trong sử dụng mặt nước giữa nuôi biển và các ngành kinh tế khác như du lịch, vận tải biển.*

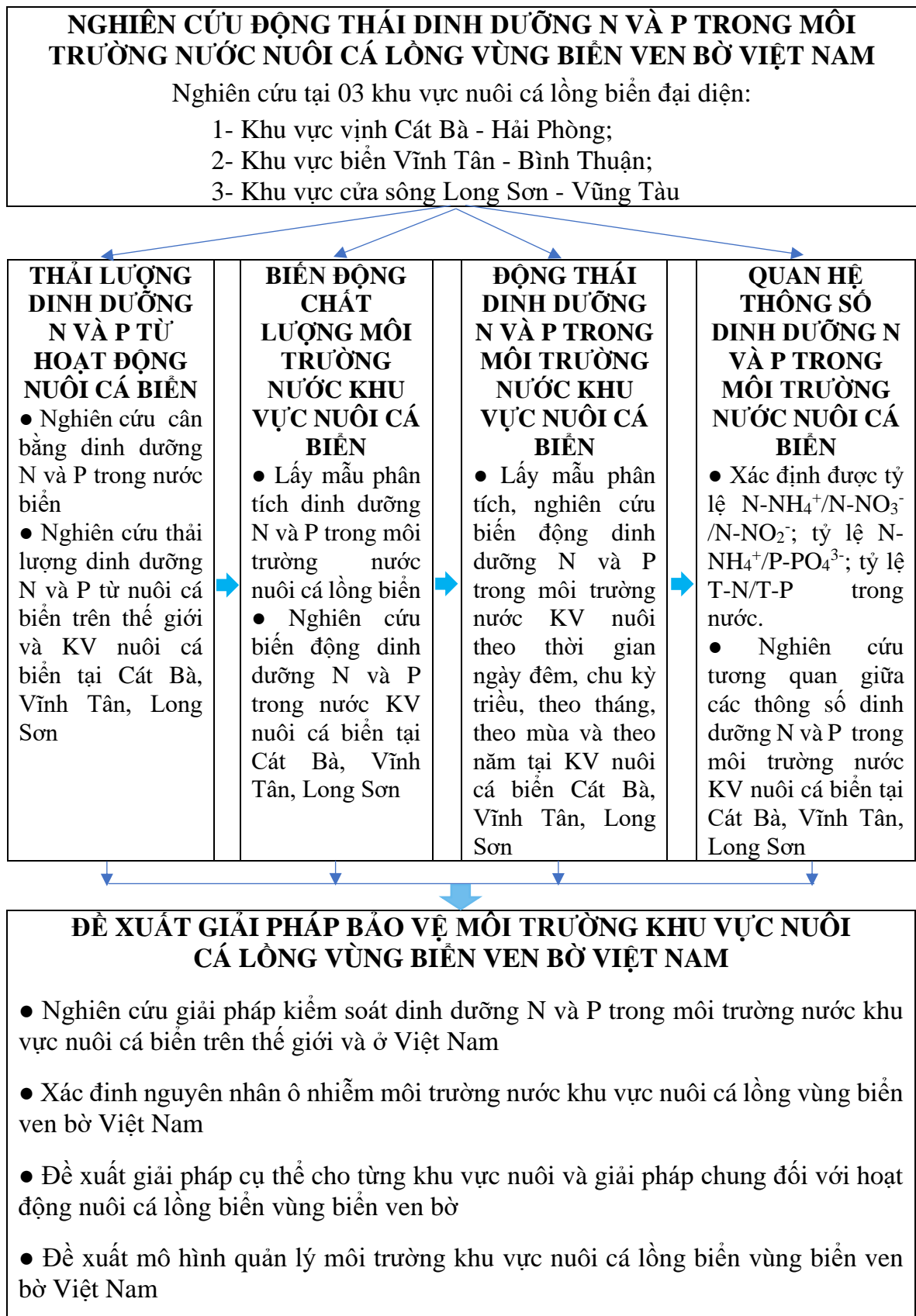
*- Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N, P trong nước KVNCLBVB Việt Nam chưa nhiều. Những nghiên cứu về BVMT tại KVNCLBVB đã được thực hiện nhưng nghiên cứu có tính hệ thống về biến động, ô nhiễm dinh dưỡng N và P tại khu vực nuôi chưa nhiều.*

*- Nghiên cứu sâu về ô nhiễm, động thái dinh dưỡng N, P trong nước KVNCLBVB còn ít. Các nghiên cứu riêng lẻ theo hiện trạng tùy theo mục đích của từng nghiên cứu; chưa có nghiên cứu biến động theo thời gian (năm, mùa, tháng, ngày, giờ), địa điểm, chu kỳ triều, tầng nước, tỷ lệ N/P trong nước đồng bộ tại từng khu vực nuôi cá biển.*

*- Từ những đánh giá, phân tích các nghiên cứu ở Chương 1. Việc nghiên cứu động thái dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn giúp cho công tác quản lý, BVMT, quy hoạch vùng nuôi, góp phần phát triển bền vững nghề NCLVBVB tại địa phương.*

## Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Sơ đồ nghiên cứu của luận án



## 2.2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

### 2.2.1. Đối tượng nghiên cứu

Động thái dinh dưỡng N ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , Tổng N) và P ( $P-PO_4^{3-}$ , Tổng P) trong môi trường nước nuôi cá lồng ven biển Việt Nam.

### 2.2.2. Phạm vi nghiên cứu

Địa điểm nghiên cứu tại 03 KVNCLVBVB đại diện tại Việt Nam gồm: 1) Khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng; 2) Khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và 3) Khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.

a) *Khu vực VV Cát Bà - Hải Phòng*: Nghiên cứu động thái dinh dưỡng theo năm, mùa, chu kỳ triều, tầng nước, trên cơ sở khảo sát 05 điểm (có tên ký hiệu HP1, HP2, HP3, HP4, HP5). Trong đó, HP2 là điểm trung tâm khu vực nuôi, thực hiện nghiên cứu biến động chi tiết theo thời gian trong ngày, theo tháng trong năm, chu kỳ triều, tầng nước.

**Bảng 2.1.** Vị trí các điểm nghiên cứu tại VV Cát Bà - Hải Phòng

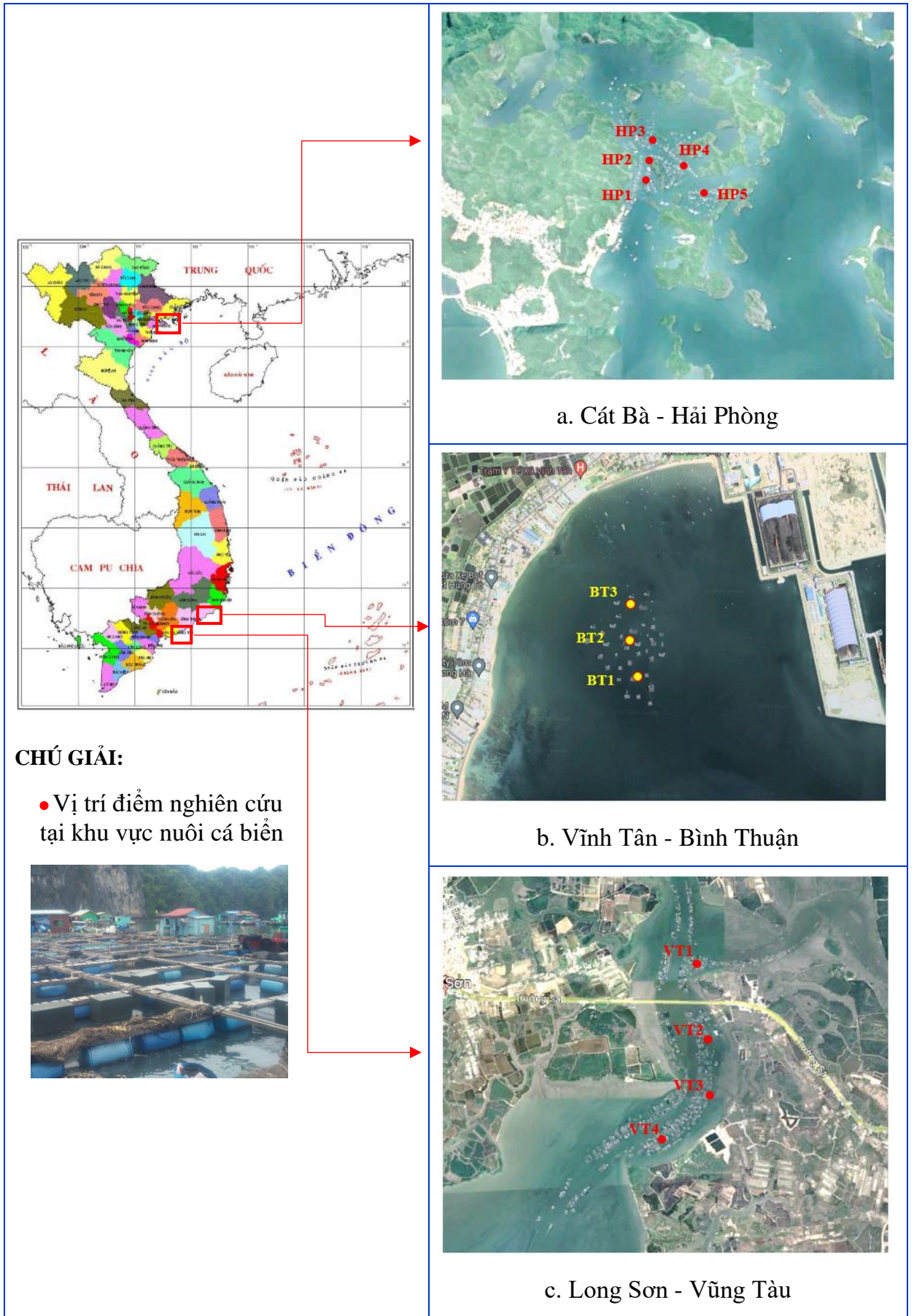
Ký hiệu	Kinh độ (°E)	Vĩ độ (°N)	Địa điểm nuôi cá lồng biển
HP1	107° 03' 595	20° 44' 388	Bến Bèo 1 - Cát Bà (mật độ cao)
HP2	107° 03' 831	20° 44' 224	Bến Bèo 2- Cát Bà (mật độ cao)
HP3	107° 04' 313	20° 46' 253	Vụng Giá - Cát Bà
HP4	107° 4' 314	20° 46' 220	Tùng Gấu - Cát Bà
HP5	107° 04' 979	20° 46' 722	Bè Hải Quân - Cát Bà

b) *Khu vực VB Vĩnh Tân - Bình Thuận*: Nghiên cứu động thái dinh dưỡng theo năm, mùa, chu kỳ triều, tầng nước, trên cơ sở khảo sát 03 điểm (có tên ký hiệu BT1, BT2, BT3). Trong đó, BT2 là điểm trung tâm khu vực nuôi, thực hiện nghiên cứu biến động chi tiết theo thời gian trong ngày, theo tháng trong năm, chu kỳ triều, tầng nước.

**Bảng 2.2.** Vị trí điểm nghiên cứu tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

KH điểm nghiên cứu	Kinh độ (E)	Vĩ độ (N)	Địa điểm nuôi cá lồng biển
BT1	108° 24' 089	11° 9' 491	Điểm gần nhà máy nhiệt điện
BT2	108° 37' 678	11° 9' 153	Giữa khu nuôi
BT3	108° 33' 519	11° 7' 962	Điểm gần khu dân cư





Hình 2.1. Địa điểm nghiên cứu tại khu nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ

c) *Khu vực VCS Long Sơn - Vũng Tàu*: Nghiên cứu động thái dinh dưỡng theo năm, mùa, chu kỳ triều, tầng nước trên cơ sở khảo sát 04 điểm (có tên ký hiệu VT1, VT2, VT3, VT4). Trong đó, VT2 là điểm trung tâm khu vực nuôi, thực hiện nghiên cứu biến động chi tiết theo thời gian trong ngày, theo tháng trong năm, chu kỳ triều, tầng nước.

**Bảng 2.3.** Vị trí các điểm nghiên cứu tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

KH điểm nghiên cứu	Kinh độ (°E)	Vĩ độ (°N)	Địa điểm nuôi cá lồng biển
VT1	107° 05' 916	10° 24' 756	Cửa sông Chà Và - nhiều bè nuôi
VT2	107° 06' 150	10° 25' 614	Nuôi cá lồng bè, nuôi hầu mật độ cao
VT3	107° 06' 672	10° 26' 526	Giữa sông Rạng
VT4	107° 07' 368	10° 26' 982	Đầu sông Rạng - Ngã ba sông Chà Và (phía thượng nguồn)

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

### 2.3.1. Tổng hợp thông tin, tài liệu, số liệu

- Thu thập thông tin, số liệu về hoạt động NCLVBVB trên thế giới, trong nước và tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập thông tin số liệu về điều kiện tự nhiên, thời tiết khí hậu, chế độ triều tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập thông tin về thông số môi trường điều kiện của nước tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập, tổng hợp số liệu về thông số dinh dưỡng N và P tại khu vực nghiên cứu, khu vực lân cận, các vùng biển khác.

- Tổng hợp các văn bản quy định pháp luật về BVMT.

Tổng hợp nguồn tài liệu sử dụng trong luận án được thống kê ở Bảng 2.4.

**Bảng 2.4.** Bảng tổng hợp nguồn dữ liệu, số liệu trong nghiên cứu của luận án

STT	Loại dữ liệu, số liệu	Nguồn
<b>A.</b>	<b>Số liệu thống kê</b>	
	Số liệu về sản lượng nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ tại địa phương (Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu) từ năm 2018 - 2022	Chi Cục Thủy sản Hải Phòng Chi Cục Thủy sản Bình Thuận Chi Cục Thủy sản Bà Rịa - Vũng Tàu UBND xã Long Sơn - Vũng Tàu
	Số liệu về điều kiện tự nhiên, môi trường khu vực Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận và Long Sơn - Vũng Tàu	UBND huyện Cát Hải - Hải Phòng; UBND xã Vĩnh Tân - Bình Thuận UBND xã Long Sơn - Vũng Tàu
	Dữ liệu môi trường khu vực nuôi cá lồng biển ven bờ từ năm 2005 - 2022	Viện nghiên cứu Hải sản - Bộ NN&PTNT
	Số liệu quan trắc môi trường NTTS của địa phương	Sở NN&PTNT Hải Phòng Sở NN&PTNT Bà Rịa - Vũng Tàu
<b>B.</b>	<b>Tài liệu</b>	
	Luật Bảo vệ môi trường 2020	Quốc hội Việt Nam
	Luật Thủy sản 2017	Quốc hội Việt Nam
	Luật Tài nguyên Môi trường biển	Quốc hội Việt Nam
	Các Tiêu chuẩn quốc gia TCVN, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN	Tiêu chuẩn quốc gia. Bộ Tài nguyên & Môi trường
	Các công trình nghiên cứu về dinh dưỡng N, P trong môi trường vùng nuôi cá lồng biển	Từ các nguồn sách, tạp chí khoa học trong và ngoài nước
	Các đề tài khoa học, nhiệm vụ môi trường nghiên cứu về dinh dưỡng N, P trong môi trường vùng nuôi cá lồng biển	Từ các nguồn báo cáo tổng kết đề tài, nhiệm vụ nghiên cứu môi trường
<b>C.</b>	<b>Số liệu từ các đề tài, nhiệm vụ</b>	
	Nhiệm vụ quan trắc môi trường thường niên: Quan trắc cảnh báo môi trường vùng nuôi cá biển tập trung, cảng cá, bến cá và khu bảo tồn biển Việt Nam năm 2005 - 2013	Nhiệm vụ môi trường cấp Bộ NN&PTNT - Viện nghiên cứu Hải sản chủ trì thực hiện ( <i>tác giả luận án là thành viên tham gia nhiệm vụ từ năm 2005 đến năm 2011; tác giả là chủ nhiệm nhiệm vụ năm 2012, 2013</i> )

	Đề tài: Nghiên cứu sức chịu tải, khả năng tự làm sạch của một số thủy vực nuôi cá lồng bè, làm cơ sở phát triển hợp lý nghề nuôi hải sản ven bờ biển Hải Phòng, Quảng Ninh, năm 2004 - 2005	Nhiệm vụ môi trường cấp Bộ NN&PTNT - Viện nghiên cứu Hải sản chủ trì thực hiện ( <i>tác giả luận án là thành viên tham gia nhiệm vụ</i> )
	Nhiệm vụ: Quan trắc, phân tích môi trường vùng biển Đông Tây Nam bộ, biển Côn Sơn và vùng nuôi cá biển tập trung, năm 2015 - 2021	Nhiệm vụ môi trường cấp Bộ NN&PTNT - Viện nghiên cứu Hải sản chủ trì thực hiện ( <i>tác giả luận án là phó chủ nhiệm nhiệm vụ, chủ trì thực hiện nội dung quan trắc môi trường vùng nuôi cá biển tập trung</i> )
	Nhiệm vụ: Đánh giá mức độ rủi ro ô nhiễm môi trường vùng NTTS tập trung trên biển và đề xuất giải pháp quản lý, kỹ thuật nhằm giảm thiểu rủi ro ô nhiễm, năm 2020 - 2021	Nhiệm vụ môi trường cấp Bộ NN&PTNT - Viện nghiên cứu Hải sản chủ trì thực hiện ( <i>tác giả luận án là thành viên tham gia nhiệm vụ</i> )
<b>D. Số liệu khảo sát, lấy mẫu bổ sung tại địa điểm, khu vực nghiên cứu</b>		
	Lấy mẫu, phân tích thông số môi trường nước tại khu vực nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và VCS Long Sơn - Vũng Tàu	Biểu quan trắc hiện trường, Bảng số liệu kết quả phân tích thông số môi trường

### 2.3.2. Phương pháp lấy mẫu, bảo quản mẫu

- *Phương pháp lấy mẫu*: Thu mẫu, lấy mẫu nước biển theo hướng dẫn của Thông tư 10/2021/TTBTNMT quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc CLMT. Xử lý và bảo quản mẫu để phân tích trong phòng thí nghiệm dựa theo hướng dẫn phương pháp chuẩn đánh giá nước và nước thải của APHA - 2017 [79].

- *Phương pháp bảo quản mẫu*: Bảo quản mẫu theo TCVN 6663-3:2016. Bảo quản và xử lý mẫu nước.

**Bảng 2.5.** Kỹ thuật bảo quản mẫu cho phân tích dinh dưỡng trong nước biển

STT	Thông số	Loại bình chứa	Kỹ thuật bảo quản	Thời gian tối đa cho phép	Ghi chú
1	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P hoặc G	Axit hóa đến pH < 3 bằng H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1-5 ngày	Giữ lạnh 2 5°C được 10 - 20 ngày
2	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P hoặc G	Lọc TSS bằng màng lọc 0,45μm, bảo quản bằng Clorofooc 1ml/l	1-5 ngày	Giữ lạnh 2 5°C được 10 - 15 ngày
3	T-N, T- P	P hoặc G			

Ghi chú: P-Polyethylen; G-Thủy tinh Nguồn: TCVN 5998:1995; TCVN 6663-3:2016

- Thời gian lấy mẫu phân tích, nghiên cứu biến động dinh dưỡng tại khu vực nghiên cứu:

Theo năm: Tổng hợp, nghiên cứu biến động môi trường theo năm từ 2018 - 2022.

Theo mùa: Tổng hợp số liệu môi trường nước, nghiên cứu biến động theo mùa (đại diện mùa khô vào tháng 4-5 và mùa mưa vào tháng 9-10), theo chu kỳ triều.

Theo tháng: Thực hiện lấy mẫu môi trường theo tháng, tổng hợp số liệu môi trường theo các tháng trong năm, lấy theo chu kỳ triều tại khu vực nuôi cá lồng biển.

Theo giờ trong ngày/đêm: Thực hiện lấy mẫu môi trường theo giờ (2h/1 lần lấy mẫu) trong ngày.

**Khảo sát, thu mẫu trong ngày/đêm tại khu nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng:**

Điểm lấy mẫu HP2:

- Đợt 1: Ngày 16-17/5/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

- Đợt 2: Ngày 6-7/9/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

**Khảo sát, thu mẫu trong ngày/đêm tại khu nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận:**

Điểm lấy mẫu BT2:

- Đợt 1: Ngày 10-11/5/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

- Đợt 2: Ngày 14-10/9/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

**Khảo sát, thu mẫu trong ngày/đêm tại khu nuôi cá lồng VCS Long Sơn - Vũng Tàu:**

Điểm lấy mẫu VT2:

- Đợt 1: Ngày 14-15/5/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

- Đợt 2: Ngày 19-20/10/2021. Lấy mẫu tầng mặt, tầng đáy theo thời gian, theo thủy triều, tần suất 2h/1 lần lấy mẫu.

**Bảng 2.6.** Tổng hợp số liệu dinh dưỡng N, P trong nước KVNCLVBVB theo năm, mùa, tháng và thời gian lấy mẫu theo giờ trong ngày

Thời gian	Năm	Mùa (khô, mưa)	Tháng (tháng 2 - 11)	Ngày (lấy mẫu theo óp: 2h lấy 1 lần trong 1 ngày/đêm)
2005 - 2016	x	x		
2017 - 2018	x	x	x	
2019 - 2022	x	x	x	x

### 2.3.3. Phương pháp phân tích thông số dinh dưỡng hòa tan N ( $N-NO_2^-$ , $N-NO_3^-$ , $N-NH_4^+$ , T-N) và P ( $P-PO_4^{3-}$ , T-P) trong nước

**a) Phân tích  $N-NO_2^-$**  bằng phương pháp trắc quang lên màu với axit sunfanilic và  $\alpha$ -naphtylamin [79]

*Nguyên tắc:* Tất cả các phương pháp xác định nitrit đều dựa vào phản ứng tạo phức màu azo của nitrit với các thuốc thử hữu cơ. Đầu tiên, nitrit sẽ phản ứng với một amin vòng thơm thứ nhất tạo muối diazoni. Sau đó, muối diazoni sẽ ghép đôi với một hợp chất vòng thơm thứ hai có chứa nhóm amin hoặc nhóm phenol tạo thành một phức chất có màu. Cường độ màu của phức chất tạo ra tỷ lệ thuận với nồng độ nitrit trong mẫu sẽ được dùng để xác định hàm lượng nitrit. Các tác nhân tạo muối diazoni thường dùng có thể là: axit sunfanilic, sunfanilamit và các tác nhân ghép đôi tạo phức màu azo thường là: 1- naphtylamin hoặc N - (1- naphtyl) - etylendiamin.

Phương pháp có thể phát hiện chính xác đến hàm lượng 0,01 $\mu$ gN/l.

**b) Phân tích  $N-NO_3^-$**  bằng phương pháp khử bởi Cd [79]

*Nguyên tắc:* Nitrat trong nước biển được khử gần như hoàn toàn một cách định lượng về nitrit khi mẫu được cho chạy qua cột khử có chứa các hạt Cd kim loại được mạ bởi Cu kim loại. Nitrit sinh ra sau đó và nitrit trong mẫu ban đầu được xác định

bằng cách tạo muối diazoni với sulfanilamid và ghép đôi với N - (1-naphtyl) - etylendiamin tạo thành hợp chất màu azo. Xác định nitrit trong mẫu ban đầu theo một thí nghiệm khác sẽ xác định được hàm lượng nitrat trong mẫu.

Phương pháp thích hợp cho phân tích mẫu trong dải nồng độ 0,01 - 1mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Phương pháp đặc biệt thích hợp cho phân tích các mẫu có nồng độ nhỏ hơn 0,1mgN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l khi các phương pháp khác không đủ độ nhạy.

Giới hạn phát hiện: Hàm lượng nitrat nhỏ nhất có thể phát hiện chính xác là khoảng 0,05 µg/l (sử dụng cuvet 10 cm).

### c) Phân tích N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> bằng phương pháp phenat [79]

*Nguyên tắc:* Nguyên tắc của phương pháp là dựa trên phản ứng Berthelot, phản ứng tạo màu xanh Indophenol khi amoniac phản ứng với phenol trong môi trường kiềm với sự có mặt của hypoclorit. Natri nitroprusit được cho vào nhằm xúc tác cho phản ứng. Phương pháp có thể phát hiện chính xác đến hàm lượng 0,1µgN/l.

Đo mật độ quang của hợp chất sinh ra ở 630nm sẽ xác định được hàm lượng amoni có trong mẫu nước.

Phương pháp đã được tiến hành thành công trực tiếp đối với mẫu nước có tổng độ cứng nhỏ hơn 400mg/l và nồng độ nitrit nhỏ hơn 5mg/l. Phương pháp phenat có thể ứng dụng thành công trong phân tích nước biển ven bờ mà không qua chưng cất. Số lượng 52 mẫu nước biển ven bờ đã được phân tích trực tiếp và so sánh với việc phân tích mẫu qua giai đoạn chưng cất. Kết quả cho thấy không có sự sai khác nhiều giữa việc chưng cất và không qua chưng cất (hệ số tương quan là 0,989).

Thuốc thử dùng cho phản ứng thay đổi theo thời gian. Do đó, không nên xây dựng đường chuẩn sử dụng các dung dịch chuẩn đã biết nồng độ cho trước đối với phương pháp này. Với mỗi loạt mẫu phân tích, cần song song tiến hành phân tích một chuẩn có nồng độ biết trước. Hàm lượng amoni tổng cộng trong mẫu được xác định theo biểu thức:

$$C_1/C_2 = D_1/D_2$$

Trong đó,

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> : Nồng độ tương ứng của mẫu chuẩn và mẫu phân tích.

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : Mật độ quang đo được của mẫu chuẩn và mẫu phân tích.

### d) Phân tích T-N bằng phương pháp Kjeldahl [79]

Phân tích T-N theo phương pháp Kjeldahl là phương pháp xác định định lượng nitơ chứa trong các chất hữu cơ cộng với nitơ trong amoni vô cơ và amoni.

*Nguyên tắc:* Mẫu nước được đun gia nhiệt trong môi trường axit sulfuric, phân hủy các chất hữu cơ bằng quá trình oxy hóa để giải phóng lượng nitơ giảm như amoni sulfat. Trong bước này  $K_2SO_4$  và  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  được thêm vào để tăng điểm sôi của môi trường (từ  $337^\circ C$  đến  $373^\circ C$ ).

b. Tính toán: Hàm lượng T-N được tính theo Công thức sau (g/l hoặc mg/l):

$$\text{Ni tơ toàn phần(g/l)} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot 10^{-3} \times 14 \times 1 \times F \times 1000 \times 20}{V_m}$$

Trong đó:

V1: Thể tích dung dịch NaOH 0,1 N tiêu tốn trên Buret

V2: Thể tích dung dịch  $H_2SO_4$  0.1N

N: đương lượng dung dịch  $H_2SO_4$  0.1N

Vm: Thể tích mẫu thử(ml)

m: khối lượng mẫu thử(g)

f: Hệ số pha loãng mẫu

F: Hệ số hiệu chỉnh nồng độ dung dịch NaOH 0.1N (Bảng 1)

V1 = ? (ghi thể tích thực tế)    V2 = 10ml    N = 0.1N    Vm = 1ml    f = 20ml

**e) Phân tích P- $PO_4^{3-}$**  bằng phương pháp khử bởi axit ascorbic [79]

*Nguyên tắc:* Amoni molybdat và kali antimonyl tacratat phản ứng trong môi trường axit với orthophosphat tạo thành axit dị vòng phosphomolybdic có màu vàng, sau đó được khử thành màu xanh molybden bởi axit ascorbic. Cường độ màu của phức chất sinh ra cuối cùng được đo ở bước sóng 880 nm và được dùng để xác định hàm lượng orthophosphat có trong mẫu ban đầu.

Tùy thuộc hàm lượng photphát trong mẫu mà có thể dùng các loại cuvet có chiều dày khác nhau. Với mức hàm lượng 0,01 - 0,25 mgP/l, sử dụng loại cuvet 5 cm. Khi hàm lượng photphát đạt 0,15 - 1,3 mgP/l có thể sử dụng loại 1 cm và sử dụng loại cuvet 0,5 cm khi hàm lượng photphát đạt 0,3 - 2,0 mgP/l.

**f) Phân tích T-P** bằng phương pháp theo TCVN 6202:2008 và SMEWW 4500-P.B&D [79].

Để phân tích thông số T-P trong nước biển: Trước tiên cần phải xử lý mẫu, vô cơ hóa mẫu trong điều kiện nhiệt độ cao kết hợp chất tăng nhiệt, xúc tác (Lấy 10ml mẫu vào bình có nút 100ml + Thêm 5 ml  $K_2S_2O_8$  (pha 4g $K_2S_2O_8$ /100ml nước) + Thêm



1ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: H<sub>2</sub>O = 1 : 2) + Đun ở 120°C trong 30 phút + Sau đó chuyển toàn bộ mẫu đã đun vào trong bình định mức tới 50ml bằng nước deion). Sau khi vô cơ hóa mẫu xong, xử lý mẫu, tiến hành phân tích: Phương pháp phân tích như với phương pháp phân tích thông số P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> hòa tan.

**Bảng 2.7.** Phương pháp phân tích thông số dinh dưỡng trong nước

TT	Thông số	Phương pháp phân tích, số hiệu tiêu chuẩn
1.	Nhiệt độ	SMEWW 2550B:2012; ISO 10523:2008
2.	pH	TCVN 6492:2011
3.	Độ mặn	SMEWW 2520B:2012
4.	DO	TCVN 7325:2004
5.	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> tính theo N)	APHA-4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B, trang 4-83 ÷ 4-84
6.	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> tính theo N)	APHA-4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , E trang 4-87 ÷ 4-80
7.	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tính theo N)	TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984); SMEWW- 4500-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .F:2012.
8.	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> tính theo P)	TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004); SMEWW- 4500-P.E:2012; SMEWW-4500-P.D:2012.
9.	T-N (tính theo N)	TCVN 6638:2000; SMEWW 4500-N.C.
10.	T-P (tính theo P)	TCVN 6202:2008; SMEWW 4500-P.B&D

Phân tích mẫu dinh dưỡng được thực hiện tại phòng thí nghiệm Trung tâm Quan trắc Môi trường biển, Phòng thí nghiệm khoa học biển - Viện nghiên cứu Hải sản. Địa chỉ: Số 224 đường Lê Lai, phường Máy Chai, quận Ngô Quyền, TP. Hải Phòng. Phòng thí nghiệm đạt yêu cầu ISO 17025: 2017; Lĩnh vực công nhận: Hóa; Mã số VILAS 1235. Thiết bị phân tích trên máy quang phổ tử ngoại khả kiến HACH DR6000; model DR6000 HACH; hãng sản xuất HACH - USA; độ chính xác bước sóng ± 1nm; dải bước sóng 190 - 1100nm; độ lặp lại bước sóng < 0,1; độ phân giải bước sóng 0,1; lựa chọn bước sóng: tự động.

#### **2.3.4. Phương pháp tính tải lượng dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng biển**

Tải lượng phát thải dinh dưỡng từ hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ được tính theo công thức [14]:

$$L_{NCL} = SL \times L_{iNCL} \times 10^{-3} \text{ (tấn/năm)}$$

Trong đó:

$L_{NCL}$ : Tải lượng chất thải từ nuôi cá lồng (tấn/năm).

SL: Sản lượng nuôi cá lồng (tấn/năm)

$L_{iNCL}$ : Hệ số phát thải thông số  $i$  (kg/tấn/năm).

**Bảng 2.8.** Hệ số phát thải của dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng biển

Thông số	Hệ số phát thải nuôi cá lồng bè (kg/tấn/năm)	Nguồn
T-N	2,9	[80]
T-P	2,6	[80]
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,03	[81]
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,03	[81]
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,70	[81]
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,17	[79]

### 2.3.5. Phương pháp đánh giá biến động chất lượng môi trường nước nuôi cá lồng biển

#### a) Đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước

Tổng hợp số liệu dinh dưỡng trong nước khu vực nuôi theo thời gian (năm, mùa, tháng, ngày đêm, giờ) và thực hiện phân tích, đánh giá so với giá trị giới hạn cho phép (GHCP), so sánh từng vùng, khu vực nghiên cứu.

Sử dụng GHCP theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 10:2023/BTNMT đối với nước biển ven bờ áp dụng cho NTTS [82]; tiêu chuẩn tạm tính của đề tài KT 03 - 07; tham khảo GHCP theo tiêu chuẩn của ASEAN để so sánh, đánh giá CLMT nước khu vực nghiên cứu.

#### b) Đánh giá mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm môi trường theo thời gian

Sử dụng chỉ số rủi ro môi trường (RQ) theo Thông tư 26/2016/TTBTNMT [83] để đánh giá. Công thức tính chỉ số RQ như sau:

$$RQ = \frac{\sum_{j=1}^n W_j \left( \frac{MEC}{PNEC} \right)_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

Trong đó:

MEC: Hàm lượng chất gây ô nhiễm j (N, P) trong môi trường, tính toán từ số liệu quan trắc, đo đạc, bảo đảm theo đúng các Tiêu chuẩn Việt Nam, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia hiện hành đối với đánh giá CLMT thành phần và loại hình ô nhiễm;

PNEC: Hàm lượng giới hạn chất gây ô nhiễm j (N, P) trong môi trường theo tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành;

m: tổng số các chất gây ô nhiễm đang xem xét, đánh giá;

Wj: trọng số để tính hệ số rủi ro môi trường đối với chất gây ô nhiễm hoặc yếu tố gây ô nhiễm j (N, P) được quy định trong thông tư 26/2016/TTBTNMT.

Mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ÔNMT đánh giá qua chỉ số rủi ro môi trường RQ được phân cấp như sau:

**Bảng 2.9.** Chỉ số rủi ro môi trường RQ<sub>tb</sub> [83]

Chỉ số rủi ro môi trường	Tiêu chí	Ký hiệu mức độ (nguy cơ)
$RQ_{tb} > 1,5$	Mức độ hoặc nguy cơ ÔNMT rất cao	(4)
$1,25 < RQ_{tb} \leq 1,5$	Mức độ hoặc nguy cơ ÔNMT cao	(3)
$1 < RQ_{tb} \leq 1,25$	Mức độ hoặc nguy cơ ÔNMT trung bình	(2)
$RQ_{tb} \leq 1$	Mức độ hoặc nguy cơ ÔNMT thấp	(1)

### 2.3.5. Phương pháp nghiên cứu động thái dinh dưỡng và tỷ lệ N : P trong môi trường nước khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè

#### a) Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển

Nghiên cứu biến động hàm lượng, động thái dinh dưỡng N và P theo thủy triều, thời gian ngày đêm, tháng, mùa và năm.

So sánh khối lượng dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi so với khối lượng dinh dưỡng N, P quy định trong TCVN, QCVN và trong nước biển khơi.

#### b) Xác định tỷ lệ N : P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển

Trong môi trường nước luôn xảy ra quá trình biến đổi hàm lượng các thông số dinh dưỡng N và P; sự biến đổi thể hiện ảnh hưởng của các yếu tố (nguồn thải, chu kỳ triều, thời gian ngày đêm, tháng, mùa và năm) tác động đến CLMT nước. Nghiên cứu tỷ lệ dinh dưỡng N và P trong nước phản ánh trạng thái dịch chuyển, bổ sung và tiêu thụ dinh dưỡng N, P theo thời gian và theo đặc trưng từng vùng nước nghiên cứu

[6, 5, 84]. Trong luận án nghiên cứu tỷ lệ N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ.

- **Tỷ lệ A** là  $N-NH_4^+/N-NO_3^-/N-NO_2^-$  thể hiện dấu hiệu ô nhiễm dinh dưỡng N, phản ánh quá trình tiêu thụ, bổ sung dinh dưỡng N trong môi trường nước.

- **Tỷ lệ B** là  $N-NH_4^+/P-PO_4^{3-}$  phản ánh trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng  $N-NH_4^+$  sang  $P-PO_4^{3-}$  và ngược lại do quá trình tiêu thụ, bổ sung dinh dưỡng N và P trong môi trường nước.

- **Tỷ lệ C** là T-N/T-P (chỉ số Redfield) xác định yếu tố giới hạn đối với sự phú dưỡng trong môi trường nước. Chỉ số Redfield được tính dựa vào tỷ số T-N/T-P theo hướng dẫn trong tài liệu của Redfield [39] và WHO [66]. Các điều kiện giới hạn khác nhau đối với từng vùng nước được thể hiện trong Bảng 2.10.

**Bảng 2.10.** Tỷ lệ T-N/T-P (thể hiện bằng trọng lượng) đối với các điều kiện giới hạn khác nhau trong nước ngọt, nước cửa sông và nước ven biển [39, 66]

Vùng nước	Giới hạn N (N- liminting Ratio N/P)	Trung gian (Ratio N/P)	Giới hạn P (P- limiting Ratio N/P)
Vùng nước ngọt (Freshwater)	$\leq 4,5$	4,5 - 6	$\geq 6$
Vùng nước cửa sông/ Vùng nước ven biển (Estuarine/ Coastal water*)	$\leq 5$	5 - 10	$\geq 6$

### 2.3.6. Phương pháp xác định mối quan hệ dinh dưỡng N và P trong nước

- **Phương pháp tính hệ số tương quan** [85]:

+ Tổng thể 2 chiều (X,Y) là tập hợp các phần tử được quan sát đồng thời 2 dấu hiệu X,Y

+ Các đặc trưng của mẫu 2 chiều:

a) Theo dấu hiệu X

$$\bar{x} = \frac{x_1n_1 + x_2n_2 + \dots + x_kn_k}{n}, \quad n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$$

$$\overline{x^2} = \frac{x_1^2n_1 + x_2^2n_2 + \dots + x_k^2n_k}{n}$$

b) Deviation  $\hat{s}_x^2 = \overline{x^2} - (\bar{x})^2$

b) Theo dấu hiệu Y

$$\bar{y} = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + \dots + y_h m_h}{n}, \quad n = m_1 + m_2 + \dots + m_h$$

$$\overline{y^2} = \frac{y_1^2 m_1 + y_2^2 m_2 + \dots + y_h^2 m_h}{n}$$

$$b) \text{Deviation } \hat{s}_y^2 = \overline{y^2} - (\bar{y})^2$$

**c) Trung bình của tích**

$$\overline{xy} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^h x_i y_j n_{ij}}{n}$$

**d) Hệ số tương quan mẫu**

- Công thức:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\hat{s}_x \cdot \hat{s}_y}$$

**Ý nghĩa:** Hệ số tương quan mẫu dùng để đánh giá mức độ chặt chẽ của quan hệ X, Y trong mẫu

- Miền giá trị  $-1 \leq \mathbf{r}_{xy} \leq 1$
- Nếu  $-1 \leq \mathbf{r}_{xy} \leq 0$  thì tương quan âm;  $\mathbf{r}_{xy}$  càng gần  $-1$  thì mối liên hệ tuyến tính nghịch giữa x, y càng mạnh.
- Nếu  $0 \leq \mathbf{r}_{xy} \leq 1$  thì tương quan dương; rxy càng gần 1 thì mối liên hệ tuyến tính thuận giữa x, y càng mạnh.
- $\mathbf{r}_{xy}$  càng gần 0 thì quan hệ tuyến tính càng yếu.

**- Phương trình hồi quy tuyến tính:**

+ Phương trình hồi quy tuyến tính mẫu Y theo X có dạng:

$$y = ax + b \quad \text{với} \quad a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\hat{s}_x^2} \quad b = \bar{y} - a\bar{x}$$

$$x = cy + d \quad \text{với} \quad c = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\hat{s}_y^2} \quad d = \bar{x} - c\bar{y}$$

**Ý nghĩa:** Với phương trình  $y = ax + b$ . Ta có thể dự báo

Với phương trình:  $y = ax + b$ . Ta có thể dự báo được trung bình của Y khi X nhận giá trị  $x_0$  (không có trong mẫu) nghĩa là ta có xấp xỉ trung bình  $y_{x_0} \approx ax_0 + b$  Tương tự với đường hồi quy tuyến tính X theo Y ta có xấp xỉ trung bình  $x_{y_0} \approx cy_0 + d$ .

- **Hệ số xác định  $R^2$**  (Coefficient of determination): Là tỷ lệ của tổng sự biến thiên trong biến phụ thuộc gây ra bởi sự biến thiên của các biến độc lập (biến giải thích) so với tổng sự biến thiên toàn phần.

Tên gọi: R bình phương (R squared)      Ký hiệu:  $R^2$

Là bình phương của hệ số tương quan mẫu.

Công thức tính  $R^2$        $0 \leq R^2 \leq 1$

RSS: Tổng của các mức độ khác biệt bình phương giữa giá trị dự đoán của y và trị số trung bình của y.

TSS: Tổng của các mức độ khác biệt bình phương giữa từng giá trị  $y_i$  và trị số trung bình của y.

$$R^2 = \frac{RSS}{TSS} = \frac{\hat{\beta}_2^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{\hat{\beta}_2^2 \overline{x^2} - (\bar{x})^2}{\overline{y^2} - (\bar{y})^2}$$

$$R^2 = (r_{xy})^2$$

Tính chất của hệ số xác định  $R^2$ :

- $0 \leq R^2 \leq 1$
- Cho biết % sự biến thiên của Y được giải thích bởi các biến số X trong mô hình.
- $R^2 = 1$ : đường hồi quy phù hợp hoàn hảo
- $R^2 = 0$ : X và Y không có quan hệ
- $R^2$  càng lớn càng tốt
- Đối với chuỗi dữ liệu chuỗi thời gian thì  $R^2 = 1$ : thường lớn hơn 0,9. Nếu thấp hơn 0,6 hay 0,7 thì xem là thấp.
- Với dữ liệu chéo thì  $R^2$  khoảng 0,6 hay 0,7 cũng chưa hẳn thấp.

### 2.3.7. Phương pháp lập biểu đồ

Tổng hợp, xử lý số liệu, vẽ biểu đồ trên phần mềm Excel - Office 2021. Thể hiện biến động hàm lượng các chất dinh dưỡng N, P trong nước theo thời gian, không gian, chu kỳ triều, chu kỳ ngày và đêm.

### 2.3.8. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu phân tích được xử lý bằng phương pháp thống kê (trên phần mềm Excel - Office 2021) để đánh giá hiện trạng, phân tích biến động CLMT theo thời gian và không gian; phân tích tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N, P trong môi trường nước.

### Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Thải lượng dinh dưỡng N và P từ hoạt động NCLVBVB khu vực nghiên cứu

##### *- Khu vực nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng*

Trong chu kỳ nuôi 12 tháng năm 2020, toàn bộ số lượng lồng nuôi tại Cát Bà thải ra tổng lượng dinh dưỡng từ nguồn N khoảng 535,6 tấn N/năm và nguồn P khoảng 556,3 tấn P/năm; năm 2021, tổng lượng thải từ nguồn N ước tính là 507,0 tấn N/năm và từ nguồn P khoảng 526,6 tấn P/năm. Từ số liệu tính lượng phát thải dinh dưỡng N và P trong quá trình nuôi nhận thấy, đối với N hòa tan ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ ), ghi nhận lượng phát thải  $N-NH_4^+$  nhiều nhất; đối với dinh dưỡng P, lượng  $P-PO_4^{3-}$  khá lớn và cao hơn lượng phát thải  $N-NH_4^+$ . Lượng phát thải dinh dưỡng các dạng của N và P trong năm 2020 - 2021 được thể hiện ở Bảng 3.1.

##### *- Khu vực nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận*

Trong chu kỳ nuôi 12 tháng năm 2020, toàn bộ số lượng lồng nuôi tại Vĩnh Tân phát thải ra tổng lượng dinh dưỡng từ nguồn N khoảng 21,8 tấn N/năm và nguồn P khoảng 22,6 tấn P/năm. Năm 2021, tổng lượng thải từ nguồn N ước tính là 25,6 tấn N/năm và từ nguồn P khoảng 26,9 tấn P/năm. Trong các thông số dinh dưỡng hòa tan trong nước, lượng phát thải dinh dưỡng  $P-PO_4^{3-}$  cao nhất, tiếp đến là  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^- + N-NO_2^-$ . Lượng phát thải cụ thể từng thông số dạng N và P trong năm 2020 - 2021 tại Vĩnh Tân được thể hiện ở Bảng 3.1.

##### *- Khu vực nuôi cá lồng VCS Long Sơn - Vũng Tàu*

Trong chu kỳ nuôi 12 tháng năm 2020, toàn bộ số lượng lồng nuôi tại Long Sơn phát thải ra tổng lượng chất thải dinh dưỡng từ nguồn N khoảng 574,2 tấn N/năm và từ nguồn P khoảng 596,4 tấn P/năm; tương tự với năm 2021, lượng chất thải từ nguồn N, P ước tính là 551,0 tấn N/năm và 572,3 tấn P/năm. Đối với thông số dinh dưỡng hòa tan, lượng phát thải dinh dưỡng  $P-PO_4^{3-}$  nhiều nhất, tiếp đến là  $N-NH_4^+$  và  $N-NO_3^- + N-NO_2^-$ ; lượng phát thải với từng thông số dinh dưỡng N, P trong năm 2020 - 2021 tại Long Sơn được thể hiện ở Bảng 3.1.

Như vậy, tổng hợp lượng phát thải dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng biển trình bày ở Bảng 3.1, số liệu phản ánh lượng phát thải dinh dưỡng tại khu vực nuôi Long Sơn lớn nhất, tiếp đến là vùng nuôi Cát Bà và vùng nuôi Vĩnh Tân.

Kết quả này cho thấy mối liên quan giữa số lượng lồng bè nuôi đến lượng dinh dưỡng phát thải ra môi trường nước tại từng khu vực nuôi.

**Bảng 3.1.** Lượng phát thải dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, VCS Long Sơn - Vũng Tàu, năm 2020 - 2021

Thông số	Lượng phát thải dinh dưỡng N và P (tấn/năm)					
	Năm 2020			Năm 2021		
	Cát Bà - Hải Phòng	Vĩnh Tân - Bình Thuận	Long Sơn - Vũng Tàu	Cát Bà - Hải Phòng	Vĩnh Tân - Bình Thuận	Long Sơn - Vũng Tàu
T-N	427,9	17,4	458,8	405,0	20,7	440,2
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	4,4	0,2	110,7	4,2	0,2	106,3
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	103,3	4,2	4,7	97,8	5,0	4,6
T-P	383,7	15,6	411,3	363,1	18,5	394,7
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	172,6	7,0	185,1	163,4	8,3	177,6

### 3.2. Biến động chất lượng môi trường nước KVNCLBVB Việt Nam

#### 3.2.1. Biến động CLMT nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

##### a. Giá trị chỉ số rủi ro môi trường RQtb:

Nghiên cứu chỉ số rủi ro môi trường RQtb (tính theo TCVN) của nước khu vực nuôi phản ánh CLMT nước trong tình trạng suy giảm. Theo các năm nghiên cứu, biến động giá trị RQtb dao động trong khoảng 0,99 - 3,54, trong đó giá trị RQtb vào mùa khô và mùa mưa các năm 2018 - 2021 đều cao hơn 1,0 và ở mức (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình đến mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao (Bảng 3.2). Trong năm 2022, CLMT được cải thiện vào mùa mưa, giá trị RQtb của nước thấp (0,99) < 1: Nguy cơ ÔNMT thấp.

Đối với RQtb tính theo tiêu chuẩn ASEAN, kết quả nghiên cứu ghi nhận giá trị RQtb của nước trong mùa khô và mùa mưa các năm nghiên cứu cao (1,50 - 3,20): Nguy cơ ô nhiễm môi trường rất cao (Bảng 3.2).

CLMT nước khu vực nuôi cá biển tại Cát Bà bị suy giảm do nhiều nguyên nhân (tác nhân, đặc điểm tự nhiên khu vực). Giá trị RQtb của nước khu vực nuôi Cát Bà cao hơn giá trị RQtb (khoảng 0,24 - 0,50, trung bình là 0,34) của nước biển ven bờ tỉnh Ninh Bình [86]. Đối với vùng biển ven bờ quần đảo Cát Bà, kết quả nghiên cứu của Lê Văn Nam và cộng sự (2021) vào mùa khô, giá trị RQtb của nước biển là 0,57;



mùa mưa đạt 0,65 [87]. Theo nghiên cứu của Dương Thanh Nghị (2022) ở quy mô lớn phạm vi 21 trạm quan trắc toàn dải ven biển Việt Nam: Giá trị RQtb của nước biển ven bờ ở mức < 1,0: Nguy cơ ÔNMT thấp, trong đó duy nhất ghi nhận giá trị RQtb ở trạm Ba Lạt đạt 1,09: Nguy cơ ÔNMT ở mức trung bình [88].

Như vậy, từ kết quả nghiên cứu về giá trị RQtb của nước khu vực nuôi Cát Bà cho thấy, CLMT nước bị suy giảm và có dấu hiệu ô nhiễm, mức độ rủi ro môi trường vào mùa mưa cao hơn mùa khô; các dẫn chứng số liệu RQtb của nước khu vực nuôi Cát Bà được trình bày ở Bảng 3.2.

**Bảng 3.2.** Giá trị chỉ số rủi ro môi trường RQtb (tính theo TCVN và Tiêu chuẩn ASEAN) của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng, năm 2018 - 2022

Thời gian	Giá trị	RQtb theo TCVN		RQtb theo TC ASEAN	
		Tháng 5	Tháng 10	Tháng 5	Tháng 10
2018	<i>Trung bình</i>	2,60±0,73	2,33±0,52	2,97±0,74	1,80±0,46
2019	<i>Trung bình</i>	1,24±0,34	3,54±0,80	1,50±0,36	3,20±0,77
2020	<i>Trung bình</i>	1,28±0,43	1,58±0,49	2,23±0,68	2,27±0,76
2021	<i>Trung bình</i>	1,14±0,38	1,57±0,48	1,84±0,60	2,28±0,76
2022	<i>Trung bình</i>	1,40±0,49	0,99±0,25	2,16±0,47	1,97±0,58
<i>Trung bình các năm</i>		<b>1,55±0,35</b>	<b>2,10±0,54</b>	<b>2,14±0,58</b>	<b>2,32±0,63</b>

Ghi chú: 

RQt ≤ 1	1 < RQ ≤ 1,25	1,25 < RQ ≤ 1,5	RQ > 1,5
---------	---------------	-----------------	----------

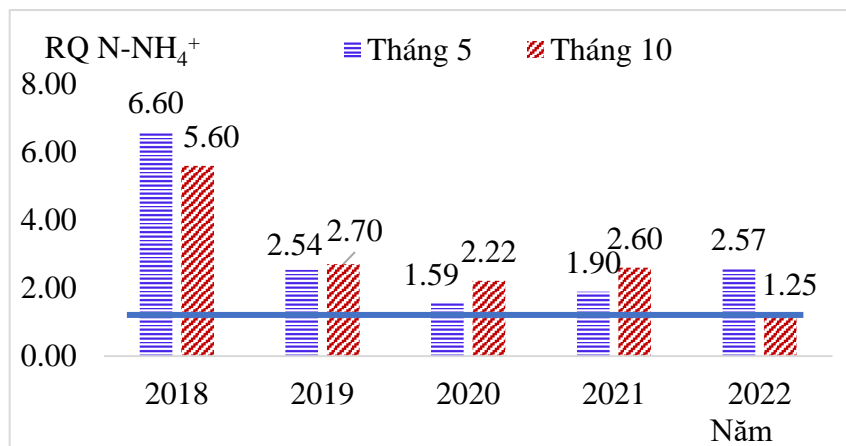
### **b. Giá trị rủi ro môi trường (RQ) dinh dưỡng N của nước**

+ *Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>*:

Như đã phân tích ở phần hiện trạng dinh dưỡng N, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước khu vực nuôi cao nhất so với các thông số dinh dưỡng N hòa tan, kết quả này phản ánh quá trình phân hủy liên tục chất ô nhiễm có trong nước khu vực nuôi cá biển VV Cát Bà - Hải Phòng. Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> luôn cao và ghi nhận cao nhất trong năm 2018 vượt giá trị ngưỡng (≤1,0) vào mùa khô là 6,5 lần, mùa mưa vượt 5,6 lần; trong năm 2019 - 2022, giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm nhưng duy trì ở mức cao trong khoảng 1,25 - 2,70. Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước trong các năm 2018 - 2021 đều cao ở mức độ (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao. Năm 2022, giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vào mùa khô đạt 2,57 ở mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao; vào mùa mưa giảm còn 1,25 ở mức (3): Nguy cơ ÔNMT cao (Hình 3.1).

Kết quả RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nghiên cứu này cao hơn so với nghiên cứu của Cao Thị Thu Trang (2019) ở khu vực biển ven bờ tỉnh Ninh Bình, giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong cả mùa khô và mùa mưa đều > 1,0 [86].

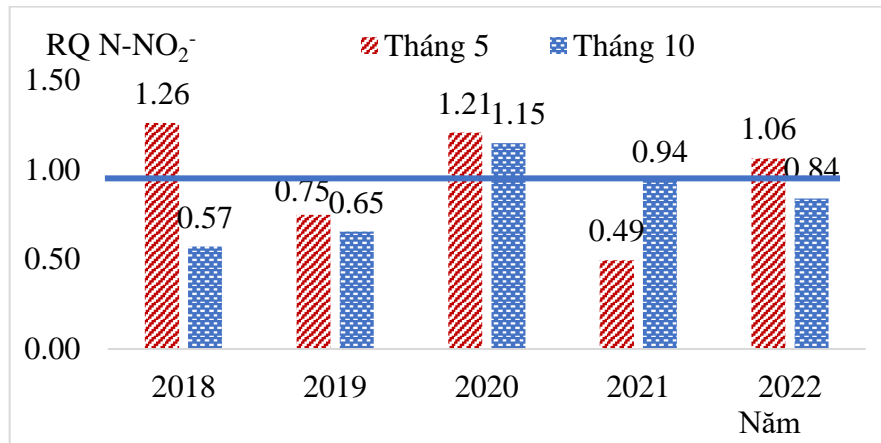
Kết quả nghiên cứu RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu vực nuôi Cát Bà cao hơn so với nghiên cứu của Dương Thanh Nghị (2022) ở vùng ven biển, đa số giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước tại các trạm nghiên cứu cao vượt ngưỡng (1,0: Nguy cơ ô nhiễm môi trường thấp) tại Cửa Lục (1,5 lần), Đồ Sơn (1,4 lần), Ba Lạt (1,4 lần), Sầm Sơn (1,2 lần), Cửa Lò (2,6 lần), Cô Tô (1,2 lần), Bạch Long Vĩ (1,0 lần), Sông Đốc (1,2 lần) [88].



**Hình 3.1.** Biến động giá trị RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

+ Giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:

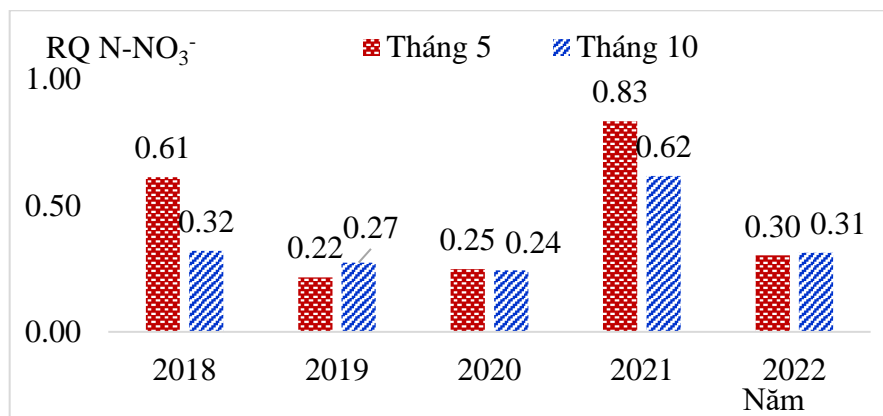
Giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước khu vực nuôi dao động từ 0,04 đến 8,59 và trung bình mùa khô (0,95) cao hơn mùa mưa (0,83). Biến động giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> qua các năm nghiên cứu thể hiện trên Hình 3.2. Năm 2018, chỉ ghi nhận giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> vào mùa khô cao 1,26 ở mức (3): Nguy cơ ÔNMT cao. Năm 2020, trong mùa khô là 1,21 - mùa mưa 1,15 và năm 2022 (mùa khô 1,06) đều ghi nhận giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> cao ở mức (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình. Giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> trong nghiên cứu này cao hơn nghiên cứu của Phan Minh Thụ (2015) khu vực vịnh Nha Trang (RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> từ 0,05- 0,09) [89] và Cao Thị Thu Trang (2019) tại vùng biển ven bờ tỉnh Ninh Bình (RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> thấp hơn 1,0) [86]. Như vậy, thông qua giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> cho thấy dấu hiệu suy giảm CLMT tại vùng nuôi Cát Bà.



**Hình 3.2.** Biến động giá trị RQ N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

+ Giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:

Giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước khu vực nuôi dao động từ 0,04 đến 2,86; đã ghi nhận cục bộ giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cao vượt ngưỡng (1,0) từ 1,0 đến 2,9 lần tại điểm nuôi mật độ ô lồng lớn; giá trị trung bình mùa khô là 0,44 và mùa mưa là 0,35. Biến động theo thời gian, năm 2021, giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước cao nhất, vào mùa khô là 0,86 và mùa mưa là 0,62; những năm còn lại, giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước thấp và được thể hiện ở Hình 3.3. Kết quả nghiên cứu này thấp tương tự nghiên cứu của Nguyễn Trâm Anh (2019) về đánh giá rủi ro môi trường vùng biển ven bờ Ninh Phước - Khánh Hòa: Giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong tháng 10/2019 thấp (0,70 - 0,80) và nằm trong giới hạn an toàn về mặt môi trường [90].



**Hình 3.3.** Biến động giá trị RQ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

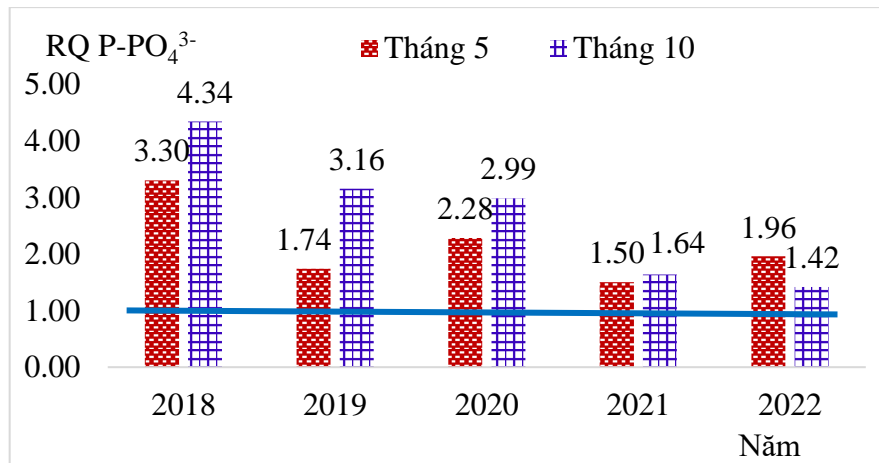
### c. Giá trị rủi ro môi trường (RQ) dinh dưỡng P của nước

+ Giá trị RQP- $PO_4^{3-}$ :

Kết quả nghiên cứu giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi Cát Bà khá cao (Hình 3.4) dao động trong khoảng 1,42 - 4,34 thuộc mức (3): Nguy cơ ÔNMT cao và ở mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao. CLMT nước khu vực nuôi trong mùa mưa bị ô nhiễm và suy giảm hơn mùa khô với giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  tương ứng trong mùa mưa và mùa khô là 2,71 và 2,16. Biến động RQN- $NH_4^+$  của nước ghi nhận cao nhất vào năm 2018 (RQP- $PO_4^{3-}$  mùa mưa đạt 4,34, mùa khô 3,30), sau đó giảm dần trong các năm 2019, 2020, thấp nhất trong năm 2021; năm 2020, giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  vào mùa khô đạt 1,96, mùa mưa là 1,42.

Kết quả nghiên cứu RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi Cát Bà cao hơn nghiên cứu của Cao Thị Thu Trang (2019) ở khu vực biển ven bờ tỉnh Ninh Bình (RQ P- $PO_4^{3-}$  thấp hơn 1,0) [86]. Đồng thời cũng cao hơn nghiên cứu của Nguyễn Trâm Anh (2019) ở vùng biển ven bờ Ninh Phước - Khánh Hòa: Giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  trong tháng 10/2019 thấp (0,70 - 0,80) [90] nằm trong giới hạn an toàn về mặt môi trường.

Như vậy, giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi cao cho thấy mức độ ô nhiễm P- $PO_4^{3-}$  trong thủy vực. Kết quả này phản ánh quá trình phân hủy liên tục chất ô nhiễm trong nước là nguồn làm tăng hàm lượng P- $PO_4^{3-}$  trong nước.



**Hình 3.4.** Biến động giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

### 3.2.2. Biến động CLMT nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

#### a. Biến động chỉ số rủi ro môi trường RQtb của nước khu vực nuôi:

Giá trị chỉ số RQtb (tính theo TCVN) của nước khu vực nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận phản ánh CLMT nước có dấu hiệu ô nhiễm, cụ thể trong mùa

mưa các năm 2019 - 2020, giá trị RQtb đạt 1,13: Nguy cơ ÔNMT nước ở mức trung bình và đạt 1,31: Nguy cơ ÔNMT cao. Năm 2021, giá trị RQtb trong mùa khô đạt 1,09 và mùa mưa 1,03; môi trường nước ở mức nguy cơ ÔNMT trung bình. CLMT nước khu vực nuôi được cải thiện trong năm 2022, giá trị RQtb thấp (0,68 - 0,74): Nguy cơ ÔNMT thấp.

Kết quả nghiên cứu giá trị RQtb theo Tiêu chuẩn ASEAN cao hơn so với RQtb theo TCVN, trong đó RQtb các tháng mùa mưa các năm đạt 1,18 - 1,89: Nguy cơ ÔNMT ở mức trung bình, cao và rất cao; trong mùa khô ghi nhận RQtb cao vào năm 2021 đạt 1,32 và năm 2022 đạt 1,37: Môi trường nước ở mức nguy cơ ÔNMT cao. Biến động RQtb trong thời gian nghiên cứu 2019 - 2022 được trình bày ở Bảng 3.3.

**Bảng 3.3.** Biến động chỉ số rủi ro môi trường RQtb nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận (năm 2019 - 2022)

Thời gian	Giá trị	RQtb theo TCVN		RQtb theo Tiêu chuẩn ASEAN	
		Tháng 5	Tháng 10	Tháng 5	Tháng 10
2019	n=24	0,91±0,15	1,14±0,19	0,90±0,32	1,18±0,20
2020	n=24	0,87±0,22	1,31±0,38	0,81±0,30	1,36±0,50
2021	n=24	1,09±0,26	1,03±0,24	1,32±0,47	1,89±0,62
2022	n=24	0,68±0,19	0,74±0,21	1,37±0,40	1,73±0,54
<i>Giá trị RQtb toàn vùng</i>		<b>0,88±0,31</b>	<b>1,05±0,35</b>	<b>1,11±0,42</b>	<b>1,79±0,68</b>

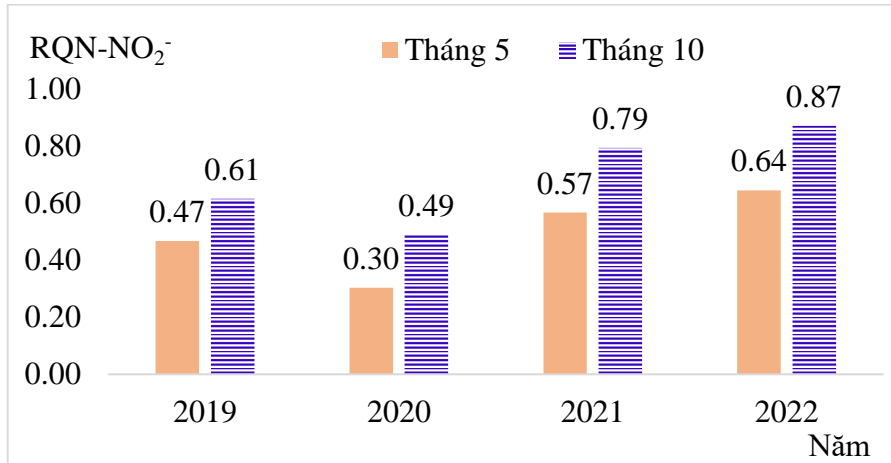
Ghi chú: 

RQt ≤ 1	1 < RQ ≤ 1,25	1,25 < RQ ≤ 1,5	RQ > 1,5
---------	---------------	-----------------	----------

### **b. Biến động chỉ số RQ dinh dưỡng N**

+ *Giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>*:

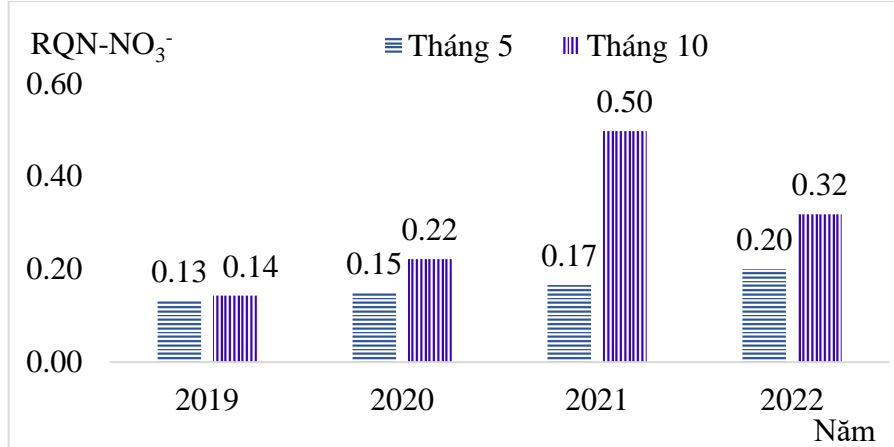
Môi trường nước khu vực nuôi Vĩnh Tân chưa ghi nhận ô nhiễm thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước các năm dao động trong khoảng 0,30 - 0,87 thấp hơn ngưỡng 1,0: Nguy cơ ô ÔNMT thấp. Biến động theo thời gian, giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> năm 2019 vào mùa khô là 0,47, mùa mưa đạt 0,61; năm 2020 giảm xuống 0,30 và 0,49; năm 2021 tăng đạt 0,57 và 0,79; đến năm 2022 cao nhất vào mùa khô là 0,64 và mùa mưa đạt 0,87 (biến động giá trị RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> được thể hiện ở Hình 3.5).



**Hình 3.5.** Biến động chỉ số RQ N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

+ *Giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:*

Cũng giống như N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước khu vực nuôi thấp; giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước dao động từ 0,13 - 0,50, thấp hơn ngưỡng 1,0: Nguy cơ ÔNMT thấp. Giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước khu vực nuôi vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Biến động RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> theo thời gian ghi nhận cao nhất vào mùa mưa năm 2021 và thấp vào mùa khô năm 2019 (Hình 3.6).

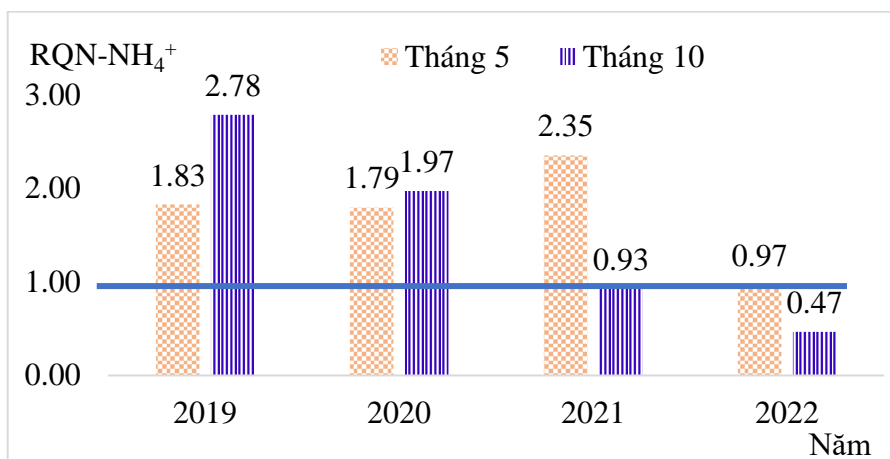


**Hình 3.6.** Biến động chỉ số RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

+ *Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:*

Trong số các thông số dinh dưỡng N vô cơ hòa tan, ghi nhận hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao nhất so với N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Kết quả tính giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu vực nuôi Vĩnh Tân - Bình Thuận dao động trong khoảng 0,047 - 2,78 và cao hơn nghiên cứu của Nguyễn Trâm Anh (2019) tại vùng biển ven bờ khu vực Ninh Phước - Ninh Hòa - Khánh Hòa, trong tháng 10/2019, giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> thấp trong khoảng

0,33 - 0,45 [90]. Biến động RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước theo thời gian không theo xu thế, không thể hiện rõ theo mùa. Trong năm 2019 và năm 2020 ghi nhận giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước cao vượt ngưỡng 1,0 từ 1,8 - 2,8 lần và giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong mùa mưa cao hơn so với mùa khô. Năm 2021 - 2022, giá trị RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm và chỉ ghi nhận cao trong mùa khô năm 2021 vượt ngưỡng 1,0 là 2,4 lần (Hình 3.7).

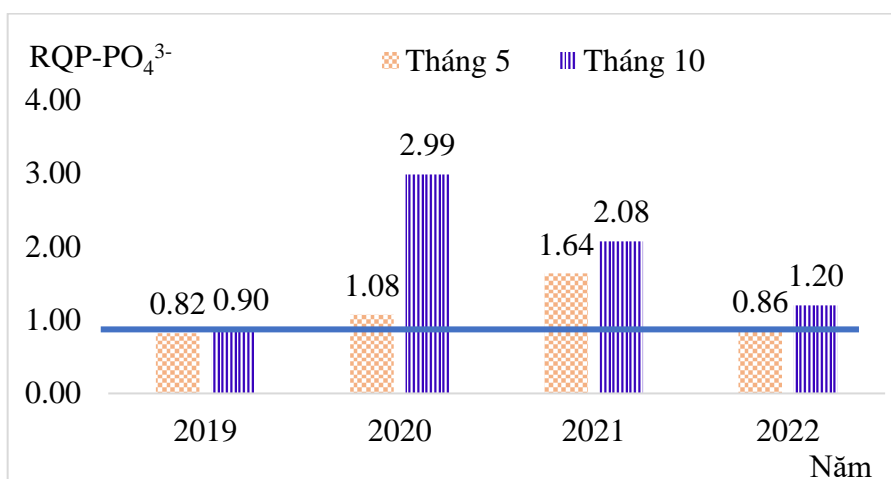


**Hình 3.7.** Biến động chỉ số RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

### c. Biến động chỉ số RQ dinh dưỡng P

+ Giá trị RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:

Kết quả tính chỉ số RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> của nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,82 - 2,99 (Hình 3.8) và cao hơn so với RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,47 - 2,78); kết quả này khác biệt so với nghiên cứu RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại Cát Bà - Hải Phòng và phản ánh môi trường nước bị suy giảm và ô nhiễm khá cân bằng giữa hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> hòa tan trong nước. Biến động giá trị RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong các năm ghi nhận cao trong năm 2020 - 2021 và vượt ngưỡng 1,0 từ 1,1 - 2,9 lần, môi trường nước ở mức (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình và mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao. Năm 2019 và năm 2022, giá trị RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> của nước thấp ở mức (1): Nguy cơ ÔNMT thấp và mùa mưa năm 2022 đạt 1,20 ở mức (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình.



**Hình 3.8.** Biến động chỉ số RQ P- $\text{PO}_4^{3-}$  của nước khu nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

### 3.2.3. Biến động CLMT nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

#### a. Giá trị chỉ số rủi ro môi trường RQtb của nước khu vực nuôi

Trong thời gian 2018 - 2022, kết quả tính chỉ số RQtb môi trường nước vùng nuôi Long Sơn - Vũng Tàu (tính theo TCVN) cho thấy: Môi trường nước trong tình trạng ô nhiễm, giá trị RQtb các năm đều  $> 1,0$  (giá trị ngưỡng ô nhiễm thấp) và CLMT nước các năm đều ở mức (4) với RQtb  $> 1,5$ : Nguy cơ ÔNMT rất cao; ghi nhận trong mùa mưa CLMT nước giảm và ô nhiễm hơn so với mùa khô, cụ thể năm 2018 (RQtb mùa khô là 1,56; RQtb mùa mưa đạt 3,38), tương ứng năm 2019 (giá trị RQtb là 2,16 và 2,97), năm 2020 (2,57 và 2,47) và năm 2021 (2,41 và 2,11); năm 2022, CLMT nước được cải thiện, giá trị RQtb mùa khô là 1,11: Nguy cơ ÔNMT nước trung bình nhưng giá trị RQtb mùa mưa đạt 1,88: Nguy cơ ÔNMT rất cao. So với cùng thời gian nghiên cứu của Trần Lưu Khanh (2005 - 2012) [60], ghi nhận vào tháng 5 (đại diện mùa khô), CLMT nước được cải thiện hơn; trong tháng 10 (đại diện mùa mưa) mức độ ÔNMT nước khu vực nuôi tăng hơn so với mùa khô.

Sử dụng Tiêu chuẩn ASEAN để tính RQtb cho kết quả: Giá trị RQtb vào tháng 5 và tháng 10 trong thời gian năm 2018 - 2022 đều cao ở mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao đối với hoạt động NTTS (được thể hiện ở Bảng 3.4).

Như vậy, môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu bị ô nhiễm và giá trị RQtb của nước cao hơn so với RQtb của nước khu vực biển quanh các đảo của Việt Nam như nghiên cứu của Phạm Văn Hiếu (2012) tại vùng biển đảo Côn Cỏ - Quảng Trị (RQ  $< 0,25$ ) [91], nghiên cứu của Lê Thị Vinh (2016) ở vùng lõi đảo Cù Lao Chàm (RQ  $< 0,25$ ) [92] và nghiên cứu của Lưu Ngọc Thiện (2021) ở vùng biển quần đảo Nam Du - Kiên Giang (RQ = 0,32) [93].



**Bảng 3.4.** Biến động rủi ro môi trường nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu (năm 2018 - 2022)

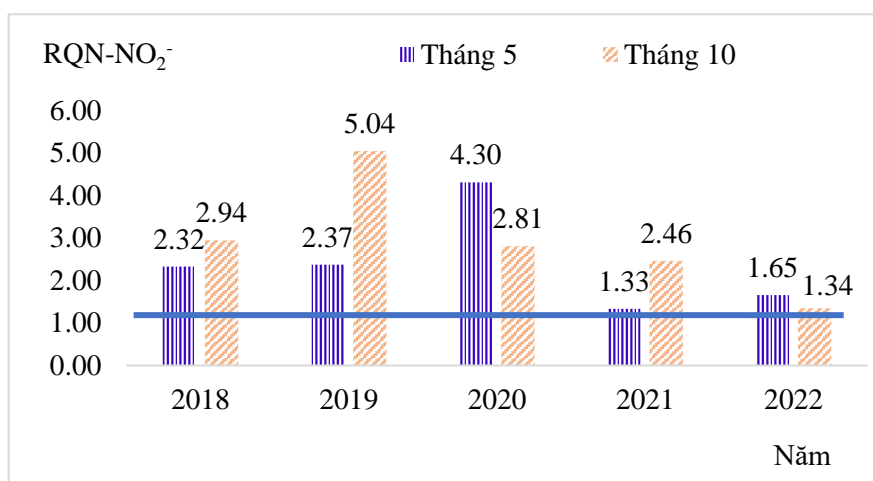
Thời gian	Giá trị	RQtb theo TCVN		RQtb theo Tiêu chuẩn ASEAN	
		Tháng 5	Tháng 10	Tháng 5	Tháng 10
2018	<i>Trung bình</i>	1,56±0,72	3,83±0,69	4,94±1,26	5,40±1,61
2019	<i>Trung bình</i>	2,16±0,70	2,97±0,50	3,81±0,58	7,88±1,20
2020	<i>Trung bình</i>	2,54±0,62	2,47±0,30	7,31±1,87	7,45±1,42
2021	<i>Trung bình</i>	2,41±0,57	2,11±0,29	6,53±1,52	5,79±1,04
2022	<i>Trung bình</i>	1,11±0,23	1,88±0,39	3,36±0,91	3,55±9,92
<b><i>Trung bình các năm</i></b>		<b>1,94±0,52</b>	<b>2,64±0,66</b>	<b>5,15±1,41</b>	<b>5,98±1,50</b>

**Ghi chú:**

RQtt ≤ 1,0	1,0 < RQ ≤ 1,25	1,25 < RQ ≤ 1,5	RQ > 1,5
------------	-----------------	-----------------	----------

**b. Giá trị RQ nhóm dinh dưỡng N**

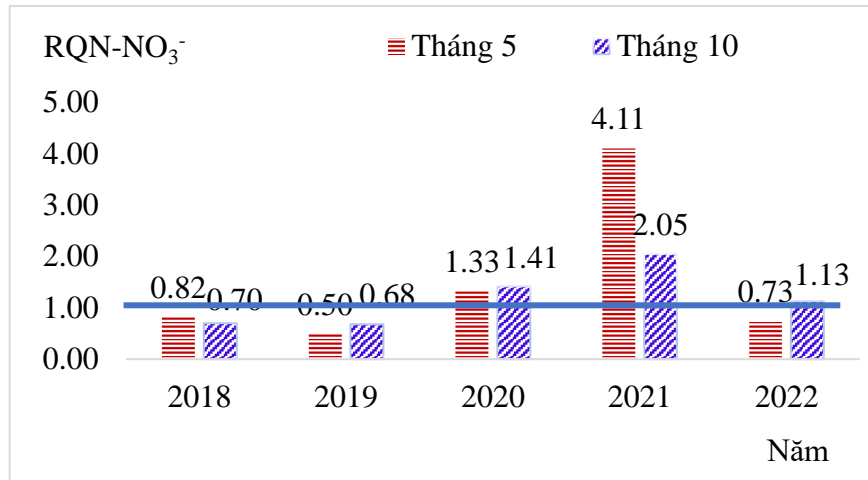
+ Giá trị  $RQN-NO_2^-$  của nước khu vực nuôi cá lồng biển Long Sơn trong khoảng 1,33 - 4,30, trung bình mùa mưa 2,92 cao hơn mùa khô 2,40 (Hình 3.9). Giá trị  $RQN-NO_2^-$  cao vượt ngưỡng 1,0 từ 1,3 - 4,3 lần và CLMT nước ở mức từ (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình đến mức (3): Nguy cơ ÔNMT cao và mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao. Trong thời gian nghiên cứu, ghi nhận  $RQN-NO_2^-$  cao nhất vào năm 2019, tiếp đến năm 2020 và  $RQN-NO_2^-$  trong khoảng 1,33 - 2,46 vào các năm 2021 - 2022.



**Hình 3.9.** Biến động chỉ số RQ N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

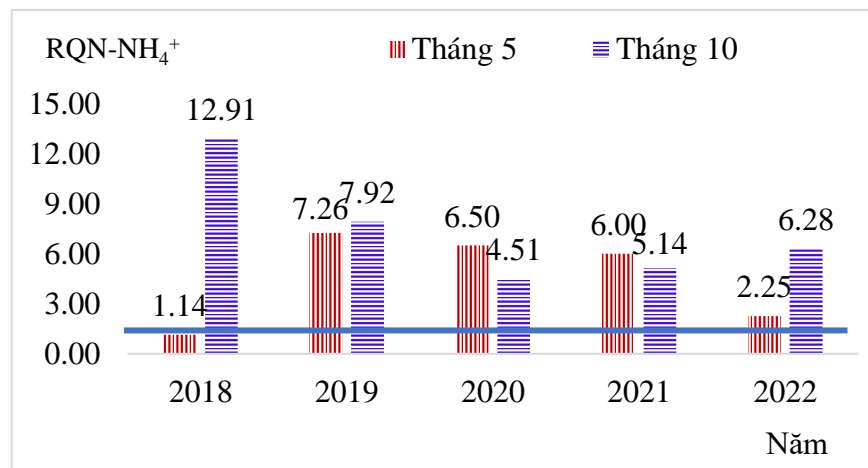
+ Giá trị  $RQN-NO_3^-$  của nước khu vực nuôi trong khoảng 0,50 - 4,11 (Hình 3.10), trung bình mùa khô các năm đạt 1,50 cao hơn so với mùa mưa 1,20. Biến động giá trị  $RQN-NO_3^-$  của nước theo thời gian, ghi nhận cao nhất trong năm 2021 ở mức (4):

Nguy cơ ô ÔNMT rất cao; tiếp đến năm 2020, giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ở mức (3): Nguy cơ ÔNMT cao; năm 2022, mùa mưa ghi nhận RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ở mức (2): Nguy cơ ÔNMT trung bình. Năm 2018 - 2019, giá trị RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ở mức (1): Nguy cơ ô ÔNMT thấp.



**Hình 3.10.** Biến động chỉ số RQ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

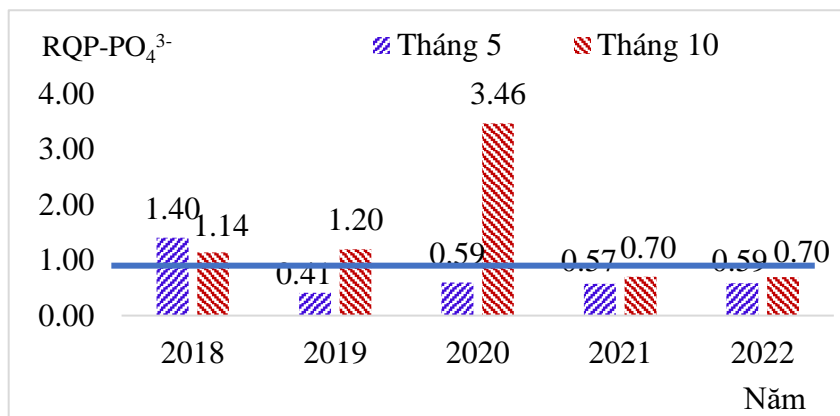
+ Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu vực nuôi Long Sơn cao nhất so với RQN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và RN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Giá trị RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dao động trong khoảng 1,14 - 12,91 (Hình 3.11); trung bình mùa mưa các năm đạt 7,35 cao hơn 1,6 lần so với mùa khô (4,63). Biến động theo năm ghi nhận giá trị RQ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao nhất vào mùa mưa năm 2018 và giảm thấp trong các năm 2019, 2020, 2021, 2022, tuy nhiên giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> các năm đều cao ở mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao đối với thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.



**Hình 3.11.** Biến động chỉ số RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

### c. Giá trị RQ nhóm dinh dưỡng P

+ Giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,41 - 3,46 (Hình 3.12), trung bình mùa mưa 1,44 cao hơn mùa khô 0,71. Biến động RQP- $PO_4^{3-}$  theo thời gian, ghi nhận cao nhất vào mùa mưa năm 2020 đạt 3,64 ở mức (4): Nguy cơ ÔNMT rất cao; tiếp đến năm 2018, giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  cao ở mức 1,14 - 1,40; mùa mưa năm 2019 đạt 1,20; giá trị RQP- $PO_4^{3-}$  các năm 2021 - 2022 thấp ở mức (1): Nguy cơ ÔNMT thấp với thông số P- $PO_4^{3-}$ .



**Hình 3.12.** Biến động chỉ số RQP- $PO_4^{3-}$  của nước khu nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Như vậy, đối với nhóm dinh dưỡng N và P hòa tan, kết quả nghiên cứu phản ánh rõ quy luật phân bố trong nước tại khu vực nuôi cá lồng biển ở Long Sơn - Vũng Tàu: Giá trị RQN- $NO_2^-$ , RQN- $NH_4^+$ , RQP- $PO_4^{3-}$  vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Riêng giá trị RQN- $NO_3^-$  ngược lại, ghi nhận trong mùa khô cao hơn so với mùa mưa.

### 3.3. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước khu nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

#### 3.3.1. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

##### 3.3.1.1. Động thái dinh dưỡng N ( $N-NO_2^-$ , $N-NO_3^-$ , $N-NH_4^+$ , T-N) trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

###### a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)

###### + Động thái dinh dưỡng N theo ngày:

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N trong nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16-17/5/2021 (cuối mùa khô).

+ *Chế độ thủy triều*: Độ cao mực nước lúc nước thủy triều cao nhất (nước lớn) đạt 3,3m - lúc 19h ngày 16/5/2021. Độ cao mực nước lúc nước thủy triều thấp nhất (nước ròng) là 0,3m - lúc 9h ngày 17/5/2021.

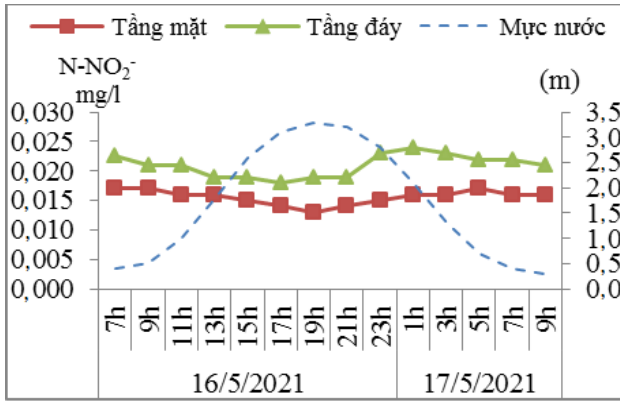
+ *Độ sâu điểm nghiên cứu*: Lúc nước lớn đạt 9,6m; lúc nước ròng là 6,5m.

+ *Hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>* trong thời gian nghiên cứu dao động từ 0,013 đến 0,024 mg/l, trung bình tầng đáy (0,016 mg/l) cao hơn tầng mặt (0,021 mg/l). Theo thời gian trong ngày, hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> giảm thấp vào buổi chiều (lúc 15h - 17h) và tăng vào ban đêm về sáng (21h - 5h), chênh lệch hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> lúc cao nhất và lúc thấp nhất là 0,005 mg/l (Hình 3.13).

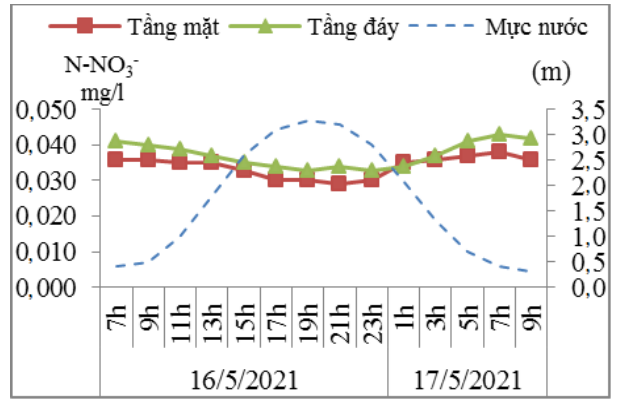
+ *Hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>* trong nước dao động từ 0,029 đến 0,043 mg/l, trung bình tầng đáy (0,037 mg/l) cao hơn tầng mặt (0,034 mg/l); thời gian lúc 1h - 3h sáng, hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ở tầng mặt và tầng đáy ngang bằng nhau. Trong ngày, hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm thấp vào ban đêm (21h - 3h) và tăng vào ban ngày (7h - 11h), chênh lệch hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> là 0,010 mg/l (Hình 3.14).

+ *Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>* trong nước dao động từ 0,151 đến 0,384 mg/l. Khác với N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, theo thời gian trong ngày, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> biến động ở tầng mặt cao hơn tầng đáy (6h - 15h) và phân bố ngược lại, hàm lượng trong tầng đáy cao hơn tầng mặt vào buổi chiều và đêm về sáng (16h - 5h). Chênh lệch hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lúc cao nhất và thấp nhất là 0,195 mg/l. Theo chu kỳ triều, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tăng ở tầng đáy và tầng mặt giảm vào thời gian nước lớn (Hình 3.15).

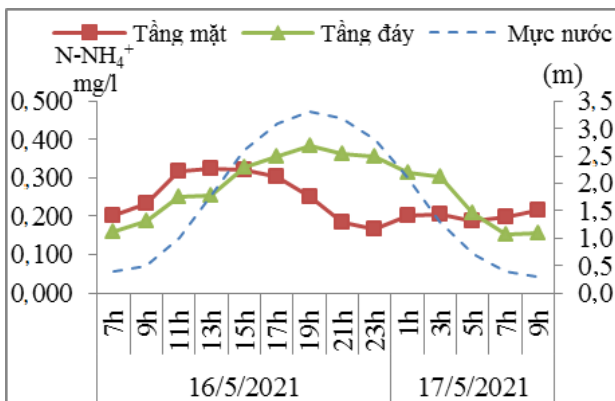
+ *Hàm lượng T-N*: Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng T-N dao động từ 0,216 - 0,423 mg/l. Tương tự như thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, hàm lượng T-N trong nước tầng mặt cao hơn tầng đáy vào ban ngày (7h - 14h) và phân bố ngược lại hàm lượng trong tầng đáy cao hơn tầng mặt vào thời gian chiều và đêm (15h - 5h), chênh lệch hàm lượng T-N lúc nước lớn và lúc nước ròng là 0,185 mg/l. Trong ngày, khi thủy triều đạt đỉnh - lúc nước lớn, hàm lượng T-N tại tầng đáy có xu hướng tăng cao cùng pha so với thủy triều; ngược lại trong lúc nước ròng, ghi nhận hàm lượng T-N tăng cao tại tầng mặt (Hình 3.16).



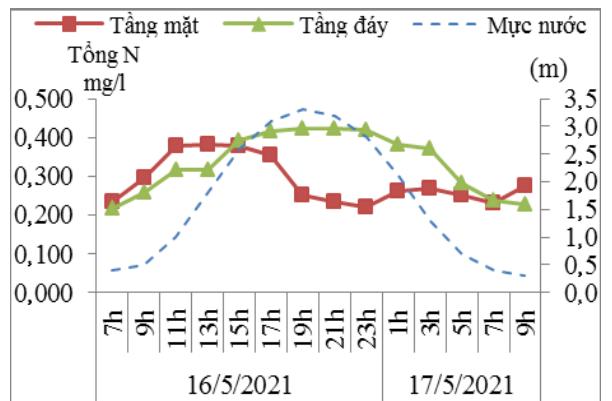
**Hình 3.13.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021



**Hình 3.14.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021



**Hình 3.15.** Biến động hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021



**Hình 3.16.** Biến động hàm lượng T-N trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021

Kết quả nghiên cứu theo thời gian trong ngày vào tháng 5/2021 và theo thủy triều cho thấy, hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có biến động và tỷ lệ nghịch (độ trễ 1 h) với mức biến động của thủy triều. Khi nước thủy triều lên (độ cao cột nước tăng), vùng nước tại điểm nghiên cứu được pha loãng bởi khối nước từ ngoài biển làm hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm. Khi nước thủy triều xuống (độ cao cột nước giảm dần), hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tăng dần đạt giá trị cao nhất trong ngày tương ứng với N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (tầng mặt 0,016 - 0,017mg/l; tầng đáy 0,022 - 0,024mg/l); với N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (tầng mặt 0,036 - 0,037mg/l; tầng đáy 0,041 - 0,043mg/l).

**Bảng 3.5.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  và T-N trong nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa khô

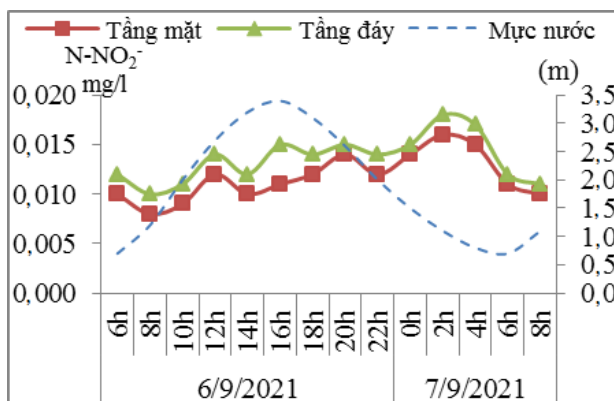
Thời gian nghiên cứu: từ 7 giờ ngày 16/5 đến 9 giờ ngày 17/5/2021	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14
Giá trị NN	0,166	0,151	0,013	0,018	0,029	0,033	0,220	0,216
Giá trị LN	0,323	0,384	0,017	0,024	0,038	0,043	0,383	0,423
Giá trị TB	0,236	0,269	0,016	0,021	0,034	0,037	0,287	0,335
Hiệu của Giá trị LN và NN	0,157	0,233	0,004	0,006	0,009	0,010	0,163	0,207

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6-7/9/2021 (cuối mùa mưa).

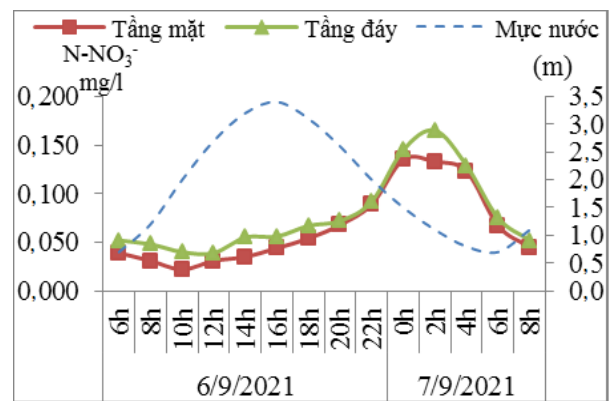
+ Chế độ thủy triều: Độ cao mực nước lúc đạt 3,4 m - lúc 16 giờ ngày 6/9/2021. Độ cao mực nước lúc nước ròng là 0,6 m - lúc 6 giờ ngày 7/9/2021.

+ Độ sâu điểm nghiên cứu: Lúc nước lớn 10,1 m; lúc nước ròng 7,2 m.

+ Hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước dao động từ 0,008 - 0,018 mg/l và trung bình tầng đáy (0,014 mg/l) cao hơn tầng mặt (0,012 mg/l). Theo chu kỳ triều, hàm lượng  $N-NO_2^-$  tăng cao nhất đạt 0,016 - 0,018 mg/l vào lúc nước ròng (2 giờ), chênh lệch hàm lượng giữa lúc nước ròng và lúc nước lớn là 0,013 mg/l (Hình 3.17).



**Hình 3.17.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021



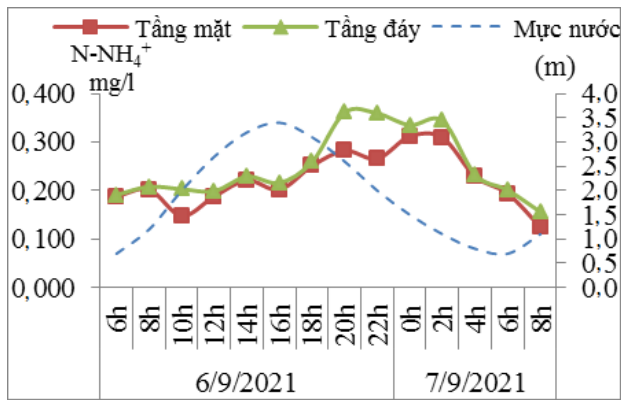
**Hình 3.18.** Biến động hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021

+ Hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước dao động từ 0,022 - 0,165 mg/l, chênh lệch không nhiều giữa tầng đáy (0,078 mg/l) và tầng mặt (0,065 mg/l). Trong lúc nước lớn, khối nước được pha loãng bởi nước biển ngoài khơi làm cho hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm thấp

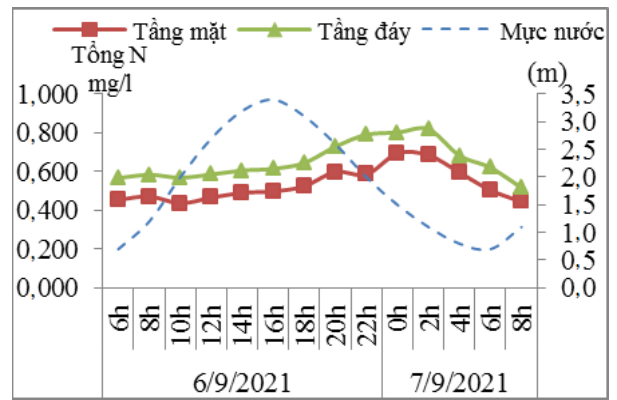
(lúc 10 giờ là 0,022 mg/l) và tăng cao lúc nước ròng (lúc 2 giờ đạt 0,165 mg/l), chênh lệch hàm lượng  $N-NO_3^-$  lúc cao nhất và thấp nhất là 0,120 mg/l (Hình 3.18).

+ Hàm lượng  $N-NH_4^+$  dao động trong khoảng 0,125 - 0,361 mg/l, ghi nhận tại tầng đáy (trung bình 0,249 mg/l) cao hơn không nhiều so với tầng mặt (0,223 mg/l). Theo chu kỳ triều, hàm lượng  $N-NH_4^+$  giảm trong lúc nước lớn vào thời gian ban ngày (6 - 14 giờ) và tăng cao trong lúc nước ròng vào thời gian ban đêm (20 giờ - 2 giờ), chênh lệch hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong chu kỳ triều đạt 0,236 mg/l (Hình 3.19).

+ Hàm lượng T-N trong nước dao động từ 0,517 đến 0,819 mg/l và tại tầng đáy (trung bình 0,652 mg/l) cao hơn tầng mặt (0,532 mg/l). Theo thủy triều, hàm lượng T-N giảm trong lúc nước lớn vào ban ngày (8 - 16 giờ) và tăng dần trong lúc nước ròng (ban đêm về sáng 20 giờ - 2 giờ), chênh lệch hàm lượng T-N giữa hai con nước là 0,280 mg/l (Hình 3.20).



**Hình 3.19.** Biến động hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021



**Hình 3.20.** Biến động hàm lượng T-N trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021

**Bảng 3.6.** Biến động dinh dưỡng  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  và T-N trong nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa mưa

Thời gian nghiên cứu: Từ 6 giờ ngày 6/9 đến 8 giờ ngày 7/9/2021	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14
Giá trị NN	0,125	0,156	0,008	0,010	0,022	0,039	0,437	0,517
Giá trị LN	0,312	0,361	0,016	0,018	0,135	0,165	0,694	0,819
Giá trị TB	0,223	0,250	0,012	0,014	0,065	0,078	0,532	0,652
Hiệu của giá trị LN và NN	0,187	0,205	0,008	0,008	0,113	0,126	0,257	0,302

Biến động dinh dưỡng N trong nước vào thời gian nghiên cứu tháng 9/2021: Nhìn chung đối với các thông số N biến động theo quy luật khi thủy triều xuống thấp, hàm lượng có xu hướng tăng và ngược lại. Riêng thông số  $N-NO_2^-$ , trong chu kỳ triều vào thời gian ban ngày biến động thông số này lên xuống theo giờ; tuy nhiên trực xu thế theo hướng khi thủy triều lên, hàm lượng N giảm và ngược lại. Sự phân tầng đối với thông số T-N thể hiện rõ hàm lượng ở tầng đáy luôn cao hơn tầng mặt.

Như vậy, từ kết quả nghiên cứu động thái dinh dưỡng N theo thời gian ngày 16 - 17/5/2021 (đại diện mùa khô) và ngày 6 - 7/9/2021 (đại diện mùa mưa) cho thấy: Hầu hết các thông số dinh dưỡng N có hàm lượng trong nước vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô. Kết quả này tương tự nghiên cứu của Longgen (2003) về dinh dưỡng N, P trong nước nuôi cá lồng biển tại vùng vịnh ở Trung Quốc [29]. Khi thủy triều xuống, lúc nước ròng hàm lượng N, P có xu hướng tăng và ngược lại lúc triều lên - nước lớn, hàm lượng N, P giảm, đây là những đặc điểm chung của vùng nước ven biển chịu tác động bởi nguồn nước từ lục địa đưa ra. Đối với dinh dưỡng gốc N, hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước khu vực nuôi cá lồng biển luôn cao nhất. Theo nghiên cứu của Đặng Kim Chi (1999), khi  $N-NH_4^+$  cao là dấu hiệu nhận diện môi trường nước trong tình trạng ô nhiễm dinh dưỡng [6]. Riêng với  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_2^-$ , trong chu kỳ triều vào thời gian ban ngày, biến động hai thông số này lên xuống theo giờ; tuy nhiên, trực xu thế theo hướng khi thủy triều lên, hàm lượng N giảm và ngược lại. Sự phân tầng đối với thông số T-N thể hiện rõ hàm lượng ở tầng đáy luôn cao hơn tầng mặt. Kết quả nghiên cứu dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển cao tương tự vùng nước khu vực cảng cá, nơi chịu tác động mạnh bởi hoạt động dịch vụ hậu cần nghề cá, đồng thời cao hơn nhiều so với nước biển xa bờ khu vực đảo Bạch Long Vĩ [58].

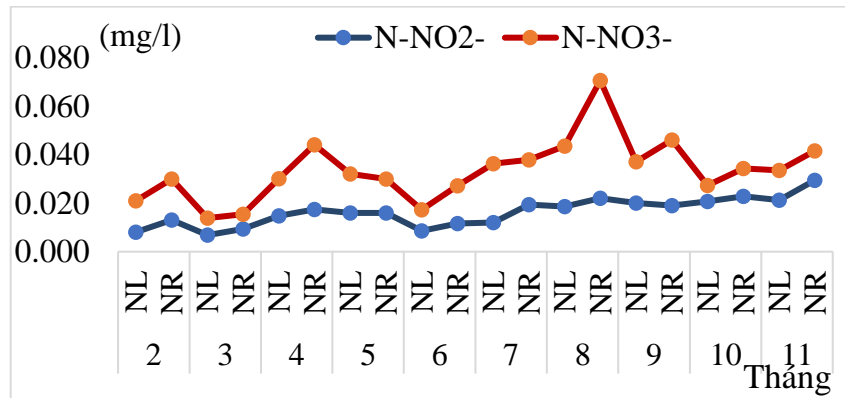
#### + ***Động thái dinh dưỡng N theo tháng:***

Kết quả nghiên cứu biến động dinh dưỡng N theo tháng cho thấy:

- *Hàm lượng  $N-NO_2^-$*  dao động trong khoảng 0,007 - 0,029mg/l, trung bình 0,016mg/l, chênh lệch hàm lượng  $N-NO_2^-$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất đạt 0,022mg/l; ghi nhận sự gia tăng trong tháng 4-5/2020, giảm trong tháng 6-7/2020 và tăng cao hơn trong tháng 8-10/2020 (Hình 3.21).

- *Hàm lượng  $N-NO_3^-$*  từ 0,014 - 0,071mg/l, trung bình 0,032mg/l, chênh lệch hàm lượng  $N-NO_3^-$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất đạt 0,057mg/l; hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm vào tháng 4,6/2020, gia tăng trong tháng 7,8,9,10/2020 (Hình 3.21).

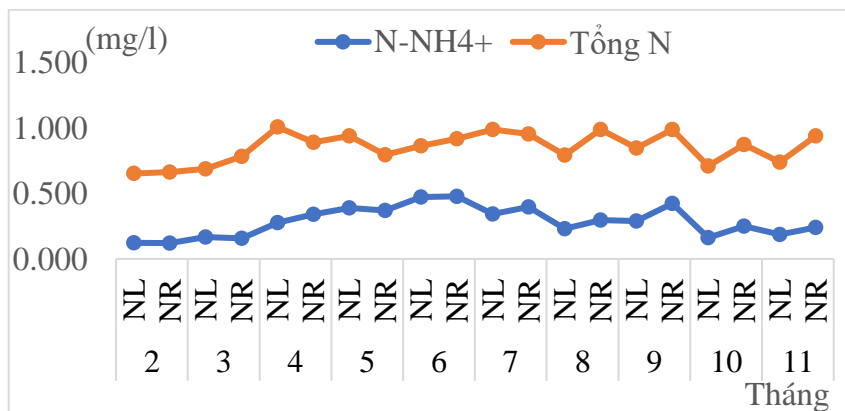




**Hình 3.21.** Hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020

- Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước dao động từ 0,121 - 0,477mg/l, trung bình 0,281mg/l, chênh lệch hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lúc lớn nhất và nhỏ nhất đạt 0,357mg/l. Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vượt GHCP 0,10 mg/l theo QCVN 10-MT: 2015/BTNMT từ 1,2 - 4,8 lần và có xu hướng tăng trong tháng 3-6/2020 sau đó giảm dần trong tháng 8/2020, kết quả này phản ánh môi trường nước nuôi trong tình trạng ô nhiễm N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Trong tháng 9-11/2020, chỉ ghi nhận hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước lúc NR vượt GHCP 1,7 lần (Hình 3.22).

- Hàm lượng T-N trong nước dao động từ 0,651 - 0,978mg/l, trung bình 0,834mg/l, chênh lệch hàm lượng T-N lúc lớn nhất và nhỏ nhất đạt 0,355. Tương tự như thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ghi nhận hàm lượng T-N cao trong các tháng 4,5,7,9,11/2020 (Hình 3.22).



**Hình 3.22.** Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020

Đối với khu vực nuôi, khi hàm lượng N, P trong nước cao là điều kiện thuận lợi cho sự phú dưỡng của thủy vực, đồng thời là một trong những nguyên nhân có liên quan đến các dấu hiệu bệnh xảy ra gây hại đến đối tượng nuôi [10].

Như vậy, kết quả nghiên cứu theo thời gian tháng trong năm đối với từng thông số có đặc điểm chung: Dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cao vào các tháng 4,5,6,7,8,9,10. Đây là thời gian nuôi chính, duy trì mật độ cá nuôi trong các ô lồng cao trong năm.

**+ Động thái dinh dưỡng N theo mùa:**

Kết quả nghiên cứu hàm lượng dinh dưỡng N trong nước theo mùa trong 5 năm từ 2018 - 2022 được trình bày trong Bảng 3.7. Qua đó thấy rằng, tỷ lệ 4/5 lần có hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> trung bình trong nước vào mùa khô cao hơn mùa mưa. Các thông số N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong các năm nghiên cứu cũng ghi nhận tỷ lệ 3/5 lần ghi nhận hàm lượng N trung bình trong nước vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Kết quả nghiên cứu này thể hiện đặc điểm của vùng nước ven biển theo mùa và theo đặc trưng thời tiết khu vực miền Bắc.

**Bảng 3.7.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=20			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=20			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=20			T-N (mg/l) n=20		
Mùa khô	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,001	0,101	0,015	0,005	0,336	0,072	0,076	2,102	0,388	0,516	4,586	1,213
2019	0,006	0,013	0,009	0,012	0,038	0,025	0,019	0,302	0,149	0,414	0,989	0,683
2020	0,007	0,042	0,014	0,010	0,051	0,029	0,033	0,294	0,094	0,450	0,996	0,581
2021	0,002	0,021	0,006	0,022	0,247	0,098	0,050	0,260	0,112	0,495	1,043	0,677
2022	0,008	0,016	0,013	0,029	0,045	0,036	0,100	0,180	0,151	0,592	0,766	0,701
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,011</b>			<b>0,052</b>			<b>0,179</b>			<b>0,771</b>
Mùa mưa	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,002	0,023	0,007	0,006	0,126	0,038	0,063	2,102	0,329	0,484	4,586	1,053
2019	0,005	0,013	0,008	0,019	0,048	0,032	0,119	0,214	0,159	0,614	0,817	0,708
2020	0,003	0,022	0,013	0,009	0,048	0,029	0,040	0,300	0,130	0,486	0,975	0,653
2021	0,004	0,022	0,011	0,022	0,165	0,073	0,086	0,250	0,153	0,589	0,942	0,740
2022	0,003	0,021	0,010	0,006	0,078	0,037	0,016	0,068	0,038	0,426	0,586	0,473
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,010</b>			<b>0,048</b>			<b>0,162</b>			<b>0,725</b>

**+ Động thái dinh dưỡng N theo năm:**

Biến động hàm lượng dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng (Bảng 3.8) cho thấy:

- Thông số  $N-NO_2^-$ : Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$  trung bình giữa các năm nghiên cứu không theo xu hướng, quy luật cụ thể. Ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  cao nhất vào năm 2020 đạt 0,014mg/l, thấp nhất vào năm 2019, năm 2021 là 0,008mg/l.

- Thông số  $N-NO_3^-$ : Biến động hàm lượng  $N-NO_3^-$  trung bình giữa các năm nghiên cứu không theo xu hướng, quy luật cụ thể. Ghi nhận hàm lượng  $N-NO_3^-$  cao nhất vào năm 2021 đạt 0,085mg/l, thấp nhất vào năm 2019, năm 2020 là 0,029mg/l.

**Bảng 3.8.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Năm	$N-NO_2^-$ (mg/l) n=20			$N-NO_3^-$ (mg/l) n=20			$N-NH_4^+$ (mg/l) n=20			T-N (mg/l) n=20		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,001	0,101	0,011	0,005	0,336	0,055	0,063	2,102	0,359	0,484	4,586	1,133
2019	0,005	0,013	0,008	0,012	0,048	0,029	0,019	0,302	0,154	0,414	0,989	0,695
2020	0,003	0,042	0,014	0,009	0,051	0,029	0,033	0,300	0,112	0,450	0,996	0,617
2021	0,002	0,022	0,008	0,022	0,247	0,085	0,050	0,260	0,132	0,495	1,043	0,708
2022	0,003	0,021	0,011	0,006	0,078	0,036	0,016	0,180	0,095	0,426	0,766	0,587
<i>Tr.Bình</i>			0,010			0,048			0,171			0,770

- Thông số  $N-NH_4^+$ : Biến động  $N-NH_4^+$  trung bình trong thời gian nghiên cứu thể hiện rõ xu hướng giảm  $N-NH_4^+$  từ năm 2018 (0,359mg/l) giảm trong các năm tiếp theo, đến năm 2022 ghi nhận hàm lượng  $N-NH_4^+$  chỉ đạt 0,095mg/l.

- Thông số T-N: Tương tự như  $N-NH_4^+$ , biến động T-N trung bình trong nước có chiều hướng giảm trong các năm nghiên cứu; năm 2018 đạt 1,133mg/l sau đó giảm trong các năm tiếp theo; năm 2022, ghi nhận hàm lượng T-N trung bình là 0,587mg/l.

Sự khác biệt về hàm lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá biển theo năm nghiên cứu có liên quan chính đến số lượng, mật độ ô lồng nuôi tại Cát Bà - Hải Phòng.

### **b. Theo không gian**

#### **- Động thái dinh dưỡng N theo chu kỳ triều (nước lớn, nước ròng):**

Kết quả nghiên cứu ghi nhận hàm lượng các thông số  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$  cùng có tỷ lệ 3/5 lần trong nước lúc nước lớn cao hơn lúc nước ròng. Thông số T-N trong thời gian nghiên cứu, ghi nhận tỷ lệ 4/5 lần có hàm lượng T-N trong nước lúc nước ròng cao hơn lúc nước lớn (Bảng 3.9).

**Bảng 3.9.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Chu kỳ triều	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=20			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=20			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=20			T-N (mg/l) n=20		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,001	0,009	0,004	0,005	0,126	0,037	0,063	2,102	0,426	0,484	4,586	1,243
2019	0,005	0,013	0,008	0,019	0,048	0,032	0,102	0,302	0,182	0,590	0,989	0,754
2020	0,003	0,042	0,014	0,009	0,051	0,027	0,033	0,300	0,109	0,450	0,975	0,608
2021	0,003	0,022	0,011	0,037	0,165	0,074	0,050	0,250	0,139	0,495	0,942	0,713
2022	0,008	0,021	0,012	0,026	0,078	0,042	0,016	0,180	0,092	0,453	0,764	0,588
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,010</b>			<b>0,042</b>			<b>0,184</b>			<b>0,781</b>
Nước ròng	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,003	0,101	0,018	0,011	0,336	0,072	0,087	0,595	0,292	0,550	1,685	1,023
2019	0,005	0,013	0,008	0,012	0,045	0,025	0,019	0,214	0,127	0,414	0,817	0,637
2020	0,007	0,022	0,014	0,014	0,049	0,031	0,036	0,294	0,115	0,463	0,996	0,626
2021	0,002	0,022	0,006	0,022	0,247	0,097	0,060	0,260	0,125	0,535	1,043	0,704
2022	0,003	0,016	0,010	0,006	0,059	0,031	0,024	0,180	0,097	0,426	0,766	0,586
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,010</b>			<b>0,051</b>			<b>0,151</b>			<b>0,715</b>

Biến động hàm lượng N trong nước theo chu kỳ triều thể hiện ảnh hưởng của chất ô nhiễm từ nguồn lục địa tác động đến môi trường nước khu vực nuôi, tuy nhiên do vị trí khu vực nuôi nằm trong vịnh xen lẫn với các dãy núi nên dòng chảy ảnh hưởng đến sự khuếch tán chất ô nhiễm; quy luật phân bố dinh dưỡng N, P không theo quy luật thường ghi nhận với những vùng nước ven biển khác (lúc nước ròng thường lớn hơn lúc nước lớn).

### 3.3.1.2. Động thái dinh dưỡng P (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P) trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

#### a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)

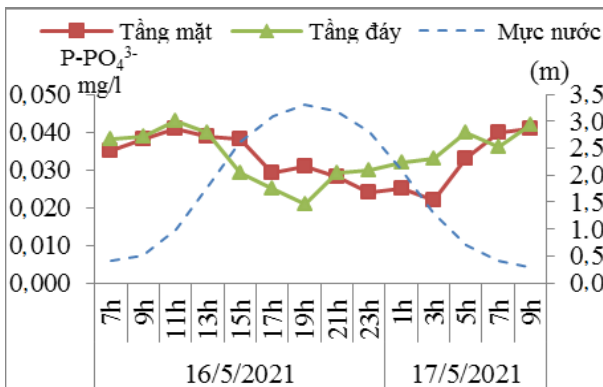
##### + Động thái dinh dưỡng P theo ngày:

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng ngày 16-17/5/2021 (cuối mùa khô).

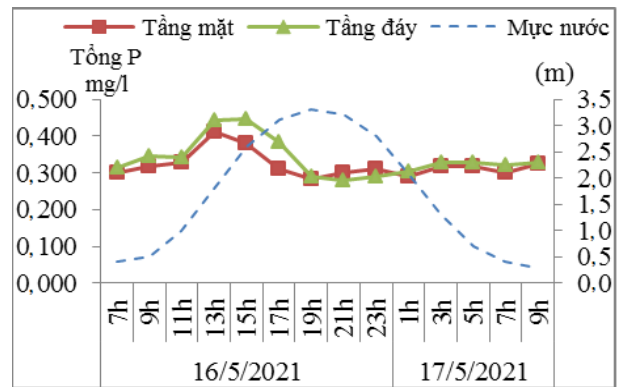
+ Chế độ thủy triều: Độ cao mực nước lúc nước lớn đạt 3,3m - lúc 19 giờ ngày 16/5/2021. Độ cao mực nước lúc nước ròng là 0,3m - lúc 9 giờ ngày 17/5/2021.

+ Độ sâu điểm nghiên cứu: Lúc nước lớn đạt 9,6 m; lúc nước ròng là 6,5 m.

+ Hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  dao động trong khoảng 0,021 - 0,043 mg/l, lúc nước ròng có hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  cao hơn so với lúc nước lớn; chênh lệch hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giữa hai con nước là 0,021 mg/l (Hình 3.23). Biến động hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giữa tầng mặt và tầng đáy đan xen theo chu kỳ triều và phụ thuộc vào thời gian, cường độ quang hợp; vào ban ngày, hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giảm thấp do bị tiêu thụ (giảm mạnh từ 13 - 19 giờ); ban đêm về sáng (21 giờ - 9 giờ) hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  tăng cao do được tích lũy trong quá trình vô cơ hóa. Theo tác giả Đoàn Bộ (2001) [5], khi thời tiết bất thường hoặc chế độ triều của vùng biển diễn biến phức tạp thì quy luật này thay đổi.



**Hình 3.23.** Biến động hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021



**Hình 3.24.** Biến động hàm lượng T-P trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 16 - 17/5/2021

+ Hàm lượng T-P tại khu vực nuôi dao động từ 0,278 - 0,455 mg/l, chênh lệch hàm lượng giữa lúc nước lớn và lúc nước ròng là 0,147 mg/l. Biến động hàm lượng T-P theo thủy triều trong ngày: khi thủy triều đạt đỉnh - lúc nước lớn, hàm lượng T-P tại tầng đáy có xu hướng tăng cao cùng pha so với thủy triều; ngược lại trong lúc nước ròng, ghi nhận hàm lượng T-P tăng cao tại tầng mặt (Hình 3.24).

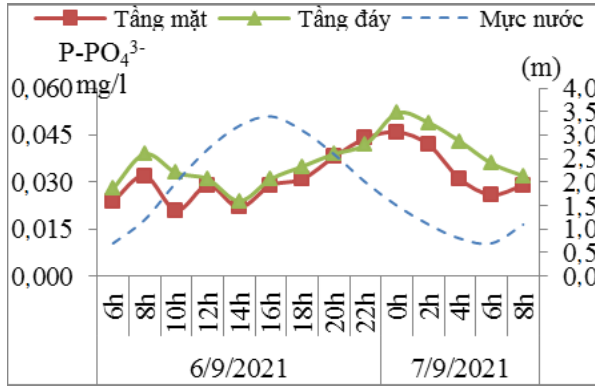
- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6-7/9/2021 (cuối mùa mưa).

+ Chế độ thủy triều: Độ cao mực nước lúc nước lớn đạt 3,4 m - lúc 16 giờ ngày 6/9/2021. Độ cao mực nước lúc nước ròng là 0,6 m - lúc 6 giờ ngày 7/9/2021.

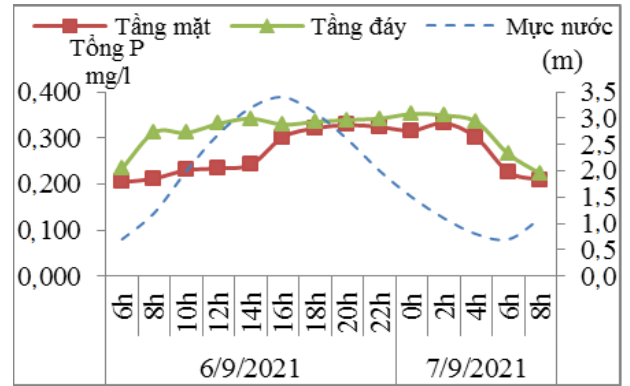
+ Độ sâu điểm nghiên cứu: Lúc nước lớn 10,1 m; lúc nước ròng 7,2 m.

+ Hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trong nước tại điểm nghiên cứu dao động từ 0,021 - 0,052 mg/l, trung bình tầng đáy đạt 0,037mg/l và tầng mặt là 0,032mg/l. Trong chu kỳ triều, chênh lệch hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  là 0,034 mg/l; lúc nước lớn, hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giảm thấp vào ban ngày (10 - 16 giờ) và ghi nhận hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  cao vào cuối chu kỳ triều khi nước ròng vào ban đêm (22 giờ - 4 giờ) (Hình 3.25).

+ Hàm lượng T-P dao động trong khoảng 0,204 - 0,352 mg/l, trung bình tầng mặt 0,1 thấp hơn tầng đáy (0,314 mg/l) (Hình 3.26). Chênh lệch hàm lượng T-P lúc nước ròng và lúc nước lớn là 0,129 mg/l; ghi nhận hàm lượng T-P cao khi thời điểm nước ròng (lúc nửa đêm về sáng 20 giờ - 2 giờ), giảm thấp trong lúc nước lớn (6 - 14 giờ).



**Hình 3.25.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021



**Hình 3.26.** Biến động hàm lượng T-P trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển Cát Bà - Hải Phòng, ngày 6 - 7/9/2021

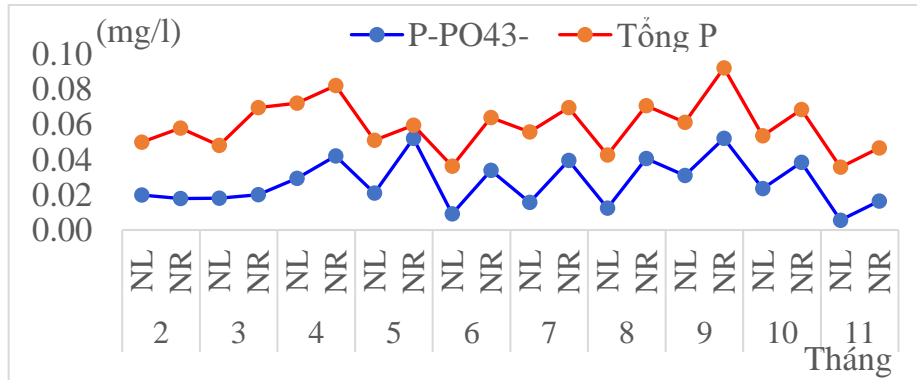
**Bảng 3.10.** Biến động dinh dưỡng P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng vào mùa khô và mùa mưa

Giá trị	Thời gian nghiên cứu: từ 7 giờ ngày 16/5 đến 9 giờ ngày 17/5/2021				Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 6/9 đến 8 giờ ngày 7/9/2021			
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)	
	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14
Giá trị NN	0,022	0,021	0,283	0,278	0,021	0,024	0,204	0,222
Giá trị LN	0,041	0,043	0,410	0,445	0,046	0,052	0,332	0,352
Giá trị TB	0,033	0,034	0,320	0,339	0,032	0,037	0,270	0,314
Hiệu của giá trị LN và NN	0,019	0,022	0,127	0,167	0,025	0,028	0,128	0,130

+ **Động thái dinh dưỡng P theo tháng:**

- **Thông số P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:** Trong thời gian nghiên cứu, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước dao động trong khoảng 0,006 - 0,052mg/l, trung bình năm 0,026mg/l, chênh lệch hàm lượng giữa các tháng 0,046mg/l. Ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm thấp trong các tháng 6,7/2020 là do quá trình quang hợp tiêu thụ P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dẫn đến hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước thấp. Kết quả nghiên cứu ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> cao trong tháng 4,5/2020 và tháng 8,9,10/2020 (Hình 3.27).

- *Thông số T-P*: Tương tự như P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, hàm lượng T-P trong nước dao động từ 0,036 - 0,092mg/l, trung bình 0,060mg/l, chênh lệch hàm lượng T-P giữa các tháng nghiên cứu là 0,056mg/l; ghi nhận hàm lượng T-P cao trong tháng 3,4/2020 và tháng 9/2020. Hàm lượng T-P giảm thấp trong các tháng 5,6,8/2020 (Hình 3.27).



**Hình 3.27.** Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P (mg/l) trong nước tại điểm nuôi cá lồng biển VV Bến Bèo - Cát Bà - Hải Phòng, năm 2020

+ **Động thái dinh dưỡng P theo mùa:**

Kết quả nghiên cứu biến động dinh dưỡng P theo mùa, ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (4/5 lần) trong mùa mưa cao hơn mùa khô. Biên độ hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước cao (0,007 - 0,086mg/l) những năm 2018 - 2019 và giảm thấp hơn (0,002 - 0,062mg/l) vào năm 2020 - 2021. Biến động hàm lượng T-P theo mùa khá giống với hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, tỷ lệ 4/5 lần ghi nhận hàm lượng T-P vào mùa mưa (trung bình từ 0,032 - 0,182mg/l) cao hơn mùa khô (0,033 - 0,054mg/l); trong thời gian nghiên cứu, hàm lượng T-P cao nhất đạt 0,301mg/l, giá trị thấp nhất là 0,018mg/l; biến động theo mùa khô và mùa mưa ghi nhận hàm lượng T-P cao trong năm 2018 - 2019 và giảm vào năm 2020 - 2022. Kết quả nghiên cứu thể hiện rõ đặc điểm của vùng nước biển ven bờ chịu tác động của nguồn chất thải từ hoạt động phát triển kinh tế từ nguồn lục địa.

**Bảng 3.11.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=20			T-P (mg/l) n=20		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,009	0,143	0,039	0,024	0,158	0,054
2019	0,007	0,073	0,020	0,022	0,088	0,035
2020	0,010	0,052	0,027	0,025	0,067	0,042
2021	0,003	0,052	0,018	0,018	0,067	0,033
2022	0,010	0,038	0,023	0,025	0,053	0,038
<b>Trung bình</b>			<b>0,025</b>			<b>0,040</b>

Mùa mưa	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,009	0,246	0,051	0,024	0,261	0,066
2019	0,054	0,286	0,167	0,069	0,301	0,182
2020	0,013	0,062	0,035	0,028	0,077	0,050
2021	0,002	0,052	0,019	0,017	0,067	0,034
2022	0,009	0,024	0,017	0,024	0,039	0,032
<b>Trung bình</b>			<b>0,058</b>			<b>0,073</b>

**+ Động thái dinh dưỡng P theo năm:**

Biến động hàm lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng thể hiện rõ xu thế giảm trong thời gian từ 2019 - 2022. Kết quả này phản ánh mối liên quan giữa số lượng, mật độ ô lồng có ảnh hưởng đến môi trường khu vực nuôi, cụ thể từ 2020 - 2022, số lượng lồng bè tại Cát Bà giảm mạnh, mật độ ô lồng không dày đặc như năm 2015 - 2017; kết quả nghiên cứu hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước giảm và chỉ số chất lượng môi trường giảm.

**Bảng 3.12.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=20			T-P (mg/l) n=20		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,009	0,246	0,045	0,024	0,261	0,060
2019	0,007	0,286	0,093	0,022	0,301	0,108
2020	0,010	0,062	0,031	0,025	0,077	0,046
2021	0,002	0,052	0,018	0,017	0,067	0,033
2022	0,009	0,038	0,020	0,024	0,053	0,035
<b>Trung bình</b>			<b>0,042</b>			<b>0,057</b>

**b. Theo không gian**

**- Động thái dinh dưỡng P theo chu kỳ triều (nước lớn, nước ròng):**

Trong chu kỳ triều, ghi nhận tỷ lệ 4/5 lần giá trị hàm lượng dinh dưỡng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và T-P trong lúc nước ròng cao hơn so với lúc nước lớn. Giá trị hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trung bình trong thời gian nghiên cứu lúc nước ròng đạt 0,045mg/l cao hơn so với lúc nước lớn 0,038mg/l; tương tự với hàm lượng T-P trong lúc nước ròng 0,060mg/l cao hơn lúc nước lớn 0,053mg/l. Kết quả này thể hiện môi trường nước khu vực nuôi ngoài chịu ảnh hưởng của chất thải từ hoạt động nuôi còn chịu ảnh hưởng của nguồn chất thải từ lục địa, đây cũng là đặc điểm môi trường nước vùng biển ven bờ.



**Bảng 3.13.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Chu kỳ triều	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=20			T-P (mg/l) n=20		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Nước lớn						
2018	0,009	0,099	0,030	0,024	0,114	0,045
2019	0,015	0,284	0,102	0,030	0,299	0,117
2020	0,010	0,060	0,025	0,025	0,075	0,040
2021	0,003	0,052	0,017	0,018	0,067	0,032
2022	0,009	0,032	0,018	0,024	0,047	0,033
<b>Trung bình</b>			<b>0,038</b>			<b>0,053</b>
Nước ròng						
2018	0,010	0,246	0,060	0,025	0,261	0,075
2019	0,007	0,286	0,085	0,022	0,301	0,100
2020	0,024	0,062	0,037	0,039	0,077	0,052
2021	0,002	0,052	0,020	0,017	0,067	0,035
2022	0,010	0,038	0,022	0,025	0,053	0,037
<b>Trung bình</b>			<b>0,045</b>			<b>0,060</b>

### 3.3.1.3. Khối lượng dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khối lượng dinh dưỡng N và P ước tính trong nước nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà - Hải Phòng cao hơn so với nước biển khơi (Bảng 3.14). Sự khác biệt này thể hiện rõ ảnh hưởng của chất thải từ các nguồn tác động đến CLMT nước khu vực nuôi.

Khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cao hơn so với đặc trưng nước biển ngoài khơi đối với các thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và T-P. Trong đó, thông số T-N có khối lượng lớn và cao hơn nhiều nhất, tiếp đến là thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Các thông số T-P, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> cùng ghi nhận giá trị khối lượng nghiên cứu thấp hơn và giá trị cao hơn đặc điểm khối lượng dinh dưỡng trong nước biển khơi.

Đánh giá khối lượng dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi so với quy định trong TCVN: Khối lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> thấp hơn so với khối lượng quy định trong TCVN; chỉ ghi nhận khối lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao hơn cục bộ trong từng thời điểm nghiên cứu.

Như đã phân tích ở trên, đối chiếu với lượng dinh dưỡng N và P thải ra từ nguồn thức ăn là cá tạp và kết quả nghiên cứu hàm lượng N và P trong nước cho thấy

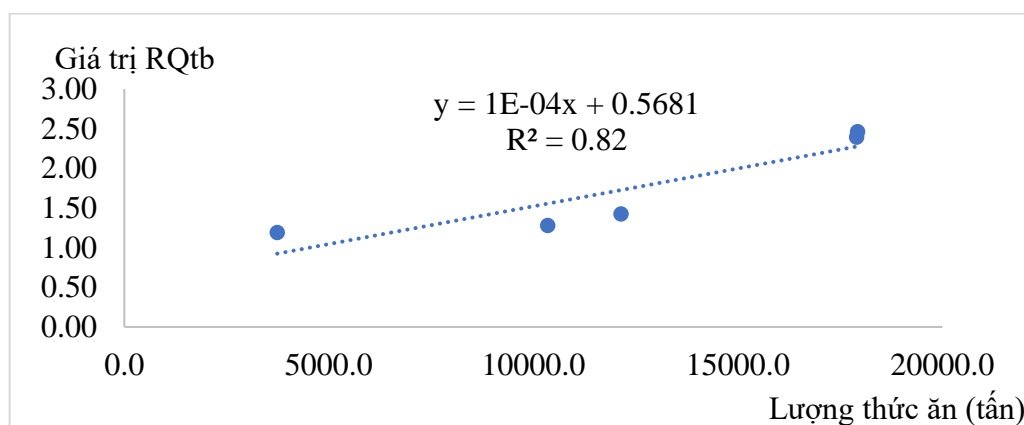
ảnh hưởng chất ô nhiễm từ nguồn thức ăn đến môi trường nước khu nuôi là lớn. Khi môi trường nước bị ô nhiễm, giá trị RQtb môi trường nước thay đổi, khi giá trị cao phản ánh môi trường nước ô nhiễm ở mức cao.

**Bảng 3.14.** Khối lượng dinh dưỡng N, P (kg) trong nước khu vực nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam

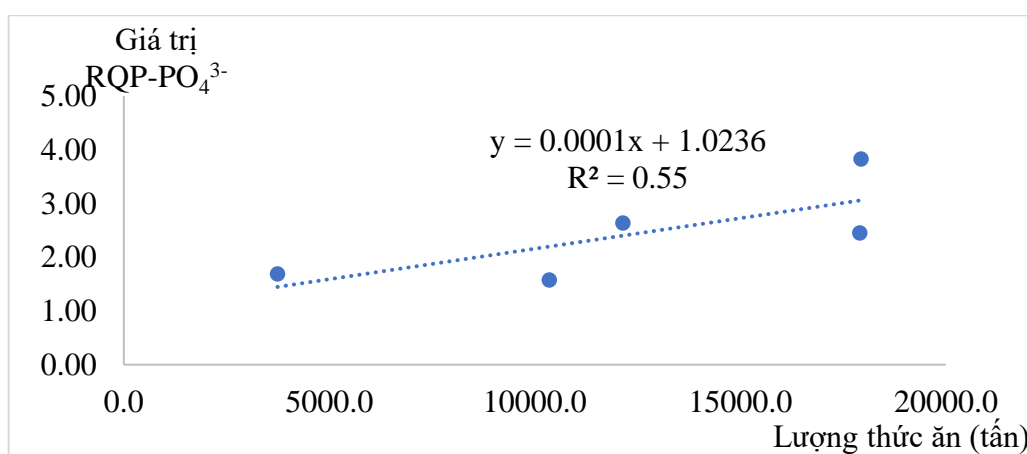
Thông số (1)	Khối lượng nghiên cứu		Khối lượng trong nước biển khơi (4)	Chênh lệch (3) so với (4)	Khối lượng theo TCVN (5)	Chênh lệch (3) so với (5)
	Khoảng dao động (2)	Trung bình (3)				
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (kg)	68,7 - 171,8	114,5	114,5	Nhỏ hơn và 11,5 - 57,3	229,0	Nhỏ hơn
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kg)	286,3 - 1.122,2	549,6	458,0	Nhỏ hơn và 171,8 - 664,1	5.725,4	Nhỏ hơn
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg)	435,1 - 4.442,9	1.958,1	229,0	206,1 - 4.213,9	1.145,1	Nhỏ hơn và 137,4 - 3.297,8
Tổng N (kg)	5.416,2 - 13.889	8.567,1	5.725,4	927,5 - 8.164,4	-	-
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (kg)	194,7 - 1.912,3	480,9	2,3	192,4 - 1.910,0	2.290,2	Nhỏ hơn
Tổng P (kg)	366,4 - 2.084,0	652,7	801,6	Nhỏ hơn và 34,4 - 1.282,5	-	-

#### 3.3.1.4. Đánh giá mối tương quan giữa số lượng thức ăn với hệ số rủi ro dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

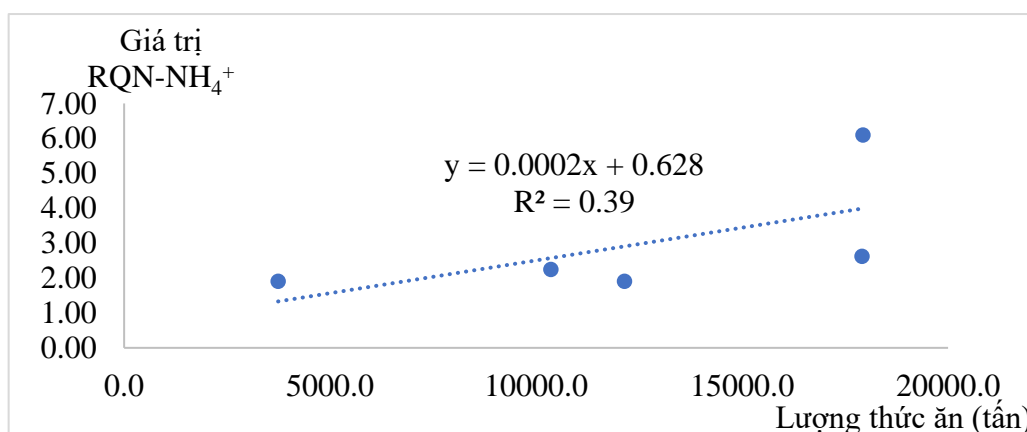
Thực tiễn hoạt động nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng cho thấy: Lượng thức ăn là cá tạp là nguyên chính gây ÔNMT nước khu vực nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy có mối tương quan giữa lượng thức ăn cá tạp dùng cho nuôi cá lồng biển và giá trị chỉ số rủi ro môi trường nước (RQtb) khu vực nuôi Cát Bà - Hải Phòng (Hình 3.28). Hệ số xác định  $R^2 = 0,82$  thể hiện mối tương quan thuận giữa lượng thức ăn ảnh hưởng đến CLMT nước khu vực nuôi. Mối tương quan thuận giữa lượng thức ăn với giá trị RQ P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước thể hiện rõ với  $R^2 = 0,55$  (Hình 3.29). Đối với thông số dinh dưỡng N, ghi nhận tương quan thuận với  $R^2 = 0,39$  giữa lượng thức ăn với giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Hình 3.30).



**Hình 3.28.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng



**Hình 3.29.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQP- $PO_4^{3-}$  tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng



**Hình 3.30.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQN- $NH_4^+$  tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

### 3.3.2. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

#### 3.3.2.1. Động thái dinh dưỡng N ( $N-NO_2^-$ , $N-NO_3^-$ , $N-NH_4^+$ , T-N) trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

**a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)**

**+ Động thái dinh dưỡng N theo ngày:**

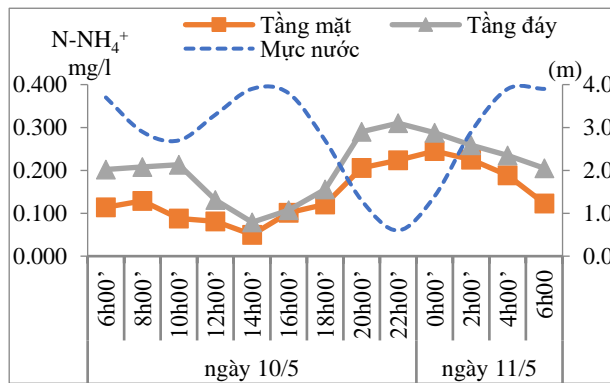
- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, ngày 10-11/5/2021 (đại diện mùa khô).

**+ Chế độ thủy triều:**

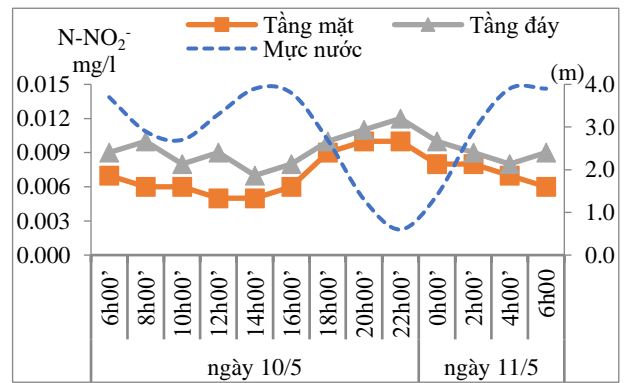
Ngày 10/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước ròng (10h00'): 2,7m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (14h00'): 3,9m; lúc nước ròng (22h00'): 0,6m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 6,9m; lúc nước ròng 5,4m.

Ngày 11/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (4h00'): 3,9m; Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 6,9m.

+ Hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong thời gian nghiên cứu dao động từ 0,050 - 0,310mg/l, sự phân tầng rõ tại tầng đáy (trung bình 0,206mg/l) thấp hơn tầng mặt (0,146mg/l); theo thủy triều, hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước giảm thấp lúc nước lớn vào trưa và chiều (12h - 16h); tăng cao nhất khi nước ròng vào buổi tối (20h - 00h) và giảm khi nước lớn của chu kỳ triều tiếp theo vào sáng hôm sau (2h - 6h); chênh lệch hàm lượng  $N-NH_4^+$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,260mg/l (Hình 3.31).



**Hình 3.31.** Biến động hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021

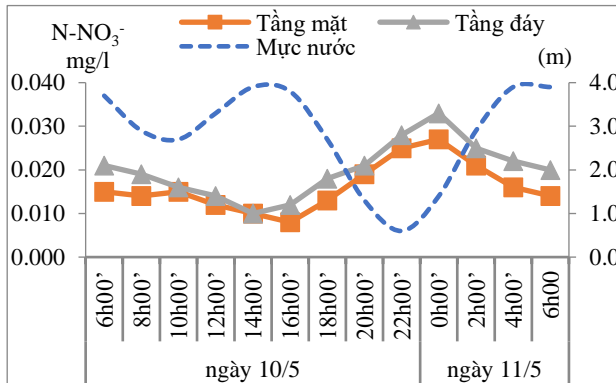


**Hình 3.32.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021

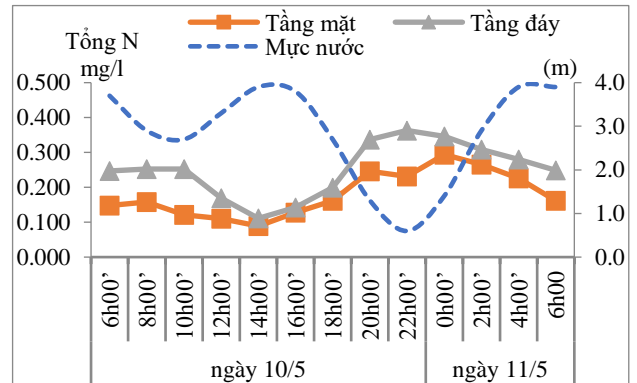
+ Hàm lượng  $N-NO_2^-$  dao động trong khoảng 0,005 - 0,012mg/l, trung bình tầng mặt 0,007mg/l thấp hơn tầng đáy 0,012mg/l; theo thủy triều, lúc nước lớn vào ban ngày (10h - 16h), hàm lượng  $N-NO_2^-$  giảm thấp và tăng cao nhất khi nước ròng vào đêm hôm trước (20h - 22h) sau đó giảm thấp vào lúc nước lớn hôm sau (4h - 6h); chênh lệch hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,007mg/l (Hình 3.32).

+ Hàm lượng  $N-NO_3^-$  dao động trong khoảng 0,008 - 0,033mg/l, trung bình tầng mặt 0,016mg/l thấp hơn tầng đáy 0,020mg/l; biến động theo thủy triều, hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm nhẹ lúc nước lớn vào ban ngày (12h - 16h) và tăng khi nước ròng vào ban đêm hôm trước và sáng hôm sau (22h - 2h), hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm vào lúc nước

lớn sáng hôm sau (2h - 6h); chênh lệch hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,025mg/l (Hình 3.33).



**Hình 3.33.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021



**Hình 3.34.** Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021

+ Hàm lượng T-N trong nước khu vực nuôi dao động từ 0,089 - 0,363mg/l, trung bình tầng mặt 0,180mg/l thấp hơn tầng đáy 0,250mg/l; vào sáng sớm lúc nước ròng (6h - 10h), ghi nhận hàm lượng T-N tăng nhẹ, sau đó giảm khi nước ròng vào buổi chiều (14h - 16h) và đạt cao nhất vào lúc nước ròng ban đêm (20h - 22h); giảm vào sáng hôm sau khi nước lớn (2h - 6h); chênh lệch hàm lượng T-N trong lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,274mg/l (Hình 3.34).

**Bảng 3.15.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng N trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại vùng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa khô

Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 10/5 đến 6 giờ ngày 11/5/2021	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)		N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,050	0,079	0,005	0,007	0,008	0,010	0,089	0,111
Giá trị LN	0,245	0,310	0,010	0,012	0,027	0,033	0,294	0,363
Giá trị TB	0,146	0,206	0,007	0,009	0,016	0,020	0,180	0,250
Hiệu của giá LN và NN	0,195	0,231	0,005	0,005	0,019	0,023	0,205	0,252

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, ngày 14-15/10/2021 (đại diện mùa mưa).

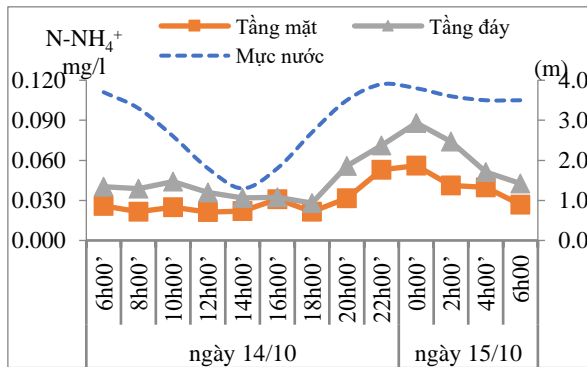
+ Chế độ thủy triều:

Ngày 14/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (6h00'): 3,7m. Độ cao mực nước lúc nước ròng (14h00'): 1,3m; lúc nước lớn (22h00'): 3,9m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 7,0m; lúc nước ròng 5,3m.

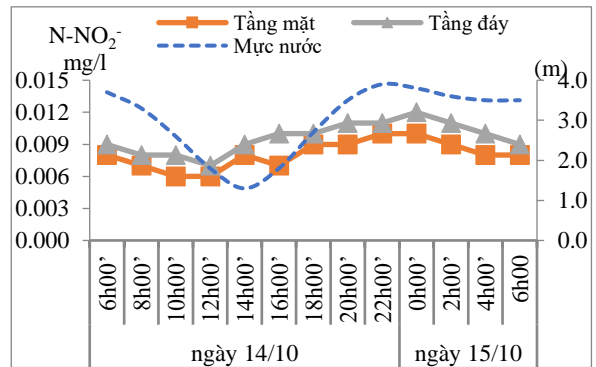
Ngày 15/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước ròng(4h00'): 3,5m; Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 7,0m.

+ Hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước dao động từ 0,021 - 0,088mg/l, sự phân tầng thể hiện rõ, trung bình tầng mặt 0,035mg/l thấp hơn tầng đáy 0,060mg/l; biến động theo chu kỳ triều: hàm lượng  $N-NH_4^+$  giảm thấp khi nước ròng vào ban ngày (8h - 18h); tăng đạt cao nhất lúc nước lớn vào đêm hôm trước và sáng sớm hôm sau (22h - 2h); chênh lệch hàm lượng  $N-NH_4^+$  lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,067mg/l (Hình 3.35).

+ Hàm lượng  $N-NO_2^-$  dao động trong khoảng 0,006 - 0,012mg/l, trung bình tầng mặt 0,004mg/l thấp hơn tầng đáy 0,005mg/l; Trong lúc nước ròng vào ban ngày (8h - 12h), ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước thấp; ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  tăng và cao nhất lúc nước lớn vào đêm hôm trước và sáng hôm sau (22h - 2h); chênh lệch hàm lượng  $N-NO_2^-$  giữa lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,006mg/l. (Hình 3.36).



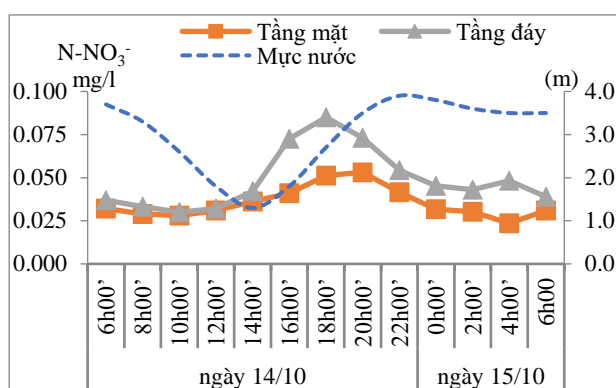
**Hình 3.35.** Biến động hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021



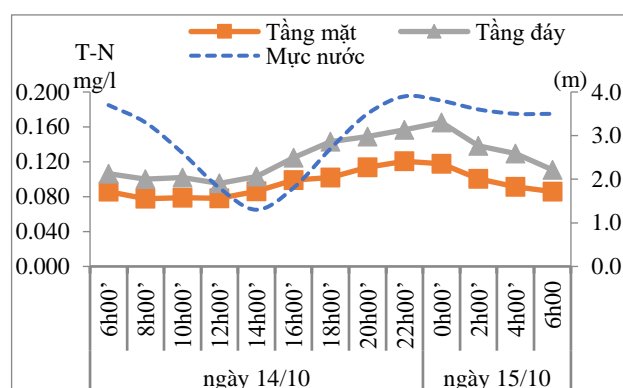
**Hình 3.36.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021

+ Hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,024 - 0,085mg/l, trung bình tầng mặt (0,030mg/l) thấp hơn so với tầng đáy (0,055mg/l). Biến động theo chu kỳ triều, hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm thấp lúc nước ròng vào ban ngày (8h - 12h) và tăng cao nhất trong lúc nước lớn vào chiều tối (16h - 20h), sau đó hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước giảm vào đêm hôm trước và sáng hôm sau (22h - 4h); chênh lệch hàm lượng  $N-NO_3^-$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,062mg/l (Hình 3.37).

+ Hàm lượng  $T-N$  trong nước khu vực nuôi dao động từ 0,078 - 0,165mg/l, trung bình tầng mặt 0,043mg/l thấp hơn tầng đáy 0,070mg/l; vào ban ngày lúc nước ròng (10h - 14h), ghi nhận hàm lượng  $T-N$  giảm thấp, tăng cao nhất khi nước lớn vào đêm hôm trước và sáng hôm sau (20h - 2h), sau đó giảm dần vào lúc nước ròng sáng hôm sau (2h - 6h); chênh lệch hàm lượng  $T-N$  trong lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,088mg/l (Hình 3.38).



**Hình 3.37.** Biến động hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021



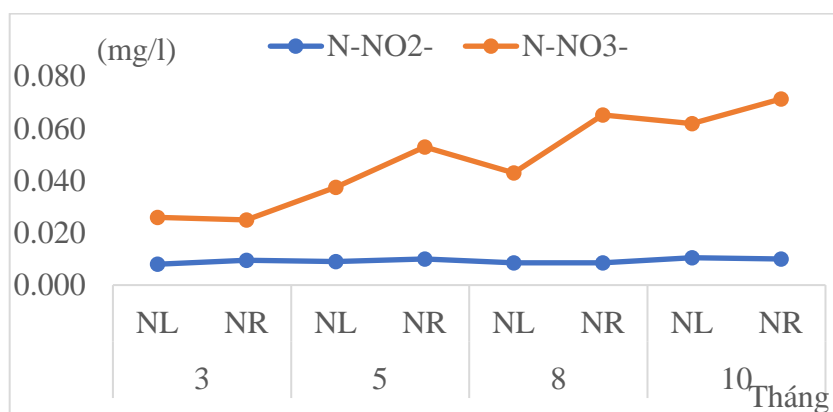
**Hình 3.38.** Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021

**Bảng 3.16.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng N trong môi trường nước nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa mưa

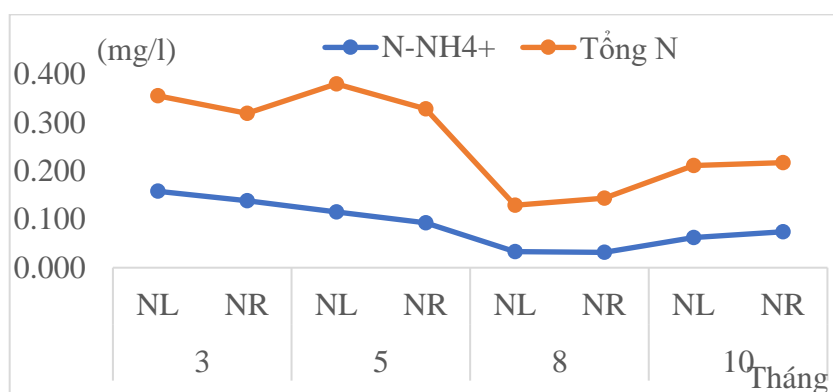
Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 14/10 đến 6 giờ ngày 15/10/2021	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,021	0,028	0,006	0,007	0,024	0,030	0,078	0,095
Giá trị LN	0,056	0,088	0,010	0,012	0,053	0,085	0,121	0,165
Giá trị TB	0,032	0,049	0,008	0,010	0,035	0,049	0,095	0,125
Hiệu của giá trị LN và NN	0,035	0,060	0,004	0,005	0,030	0,055	0,043	0,070

+ **Biến động theo tháng:**

Nghiên cứu biến động dinh dưỡng N tại khu vực nuôi theo tháng trong năm 2021, ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  dao động trong khoảng 0,008 - 0,011 mg/l, cao vào tháng 5 và tháng 10. Hàm lượng  $N-NO_3^-$  dao động từ 0,016 - 0,061 mg/l, xu hướng tăng trong các tháng 5, 8, 10 (thể hiện trên Hình 3.39). Hàm lượng  $N-NH_4^+$  dao động trong khoảng 0,032 - 0,158 mg/l, hàm lượng T-N từ 0,096 - 0,265 mg/l; ngược lại với  $N-NO_3^-$ , cả hàm lượng  $N-NH_4^+$ , T-N cao vào tháng 3, 5 và giảm trong tháng 8, 10 (thể hiện ở Hình 3.40).



**Hình 3.39.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước theo tháng năm 2021 tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận



**Hình 3.40.** Biến động hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo tháng năm 2021 tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

#### + **Biến động theo mùa:**

Vào mùa khô, đối với thông số dinh dưỡng N ghi nhận hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> xu hướng tăng dần trong thời gian nghiên cứu; năm 2022, hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> cao nhất nhưng hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N giảm thấp vào thời gian 2021 - 2019. Trong mùa mưa, hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> có xu hướng tăng những năm gần đây; hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có biến động tăng, giảm trong thời gian nghiên cứu. Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước giảm trong những năm gần đây.

So sánh hàm lượng dinh dưỡng N theo mùa nhận thấy, giá trị trung bình N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Ngược lại, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trung bình trong nước vào mùa khô cao hơn so với mùa mưa.



**Bảng 3.17.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=12			T-N (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,003	0,010	0,006	0,008	0,032	0,016	0,069	0,172	0,107	0,159	0,390	0,252
2020	0,002	0,008	0,004	0,009	0,026	0,018	0,073	0,173	0,106	0,180	0,392	0,252
2021	0,001	0,010	0,007	0,008	0,033	0,020	0,050	0,310	0,138	0,146	0,662	0,322
2022	0,001	0,012	0,008	0,018	0,034	0,024	0,041	0,090	0,057	0,132	0,231	0,165
<b>T.Bình</b>	<b>0,006</b>			<b>0,019</b>			<b>0102</b>			<b>0,248</b>		
Mùa mưa	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,004	0,009	0,007	0,010	0,024	0,017	0,086	0,264	0,164	0,210	0,570	0,371
2020	0,002	0,009	0,006	0,017	0,037	0,026	0,020	0,340	0,116	0,080	0,744	0,284
2021	0,002	0,021	0,009	0,030	0,085	0,059	0,020	0,088	0,055	0,123	0,261	0,197
2022	0,003	0,021	0,010	0,021	0,061	0,037	0,008	0,084	0,027	0,080	0,222	0,123
<b>T.Bình</b>	<b>0,008</b>			<b>0,035</b>			<b>0,090</b>			<b>0,244</b>		

**+ Biến động theo năm:**

Biến động dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi theo năm nhận thấy thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> có xu hướng tăng dần trong những năm gần đây; hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> biến động tăng, giảm giữa các năm. Xu hướng giảm hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước thể hiện rõ, năm 2022 ghi nhận kết quả thấp nhất trong thời gian nghiên cứu. Biến động dinh dưỡng N theo năm thể hiện trong Bảng 3.18.

**Bảng 3.18.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=12			T-N (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,003	0,010	0,006	0,008	0,032	0,016	0,069	0,264	0,136	0,159	0,570	0,311
2020	0,002	0,009	0,005	0,009	0,037	0,022	0,020	0,340	0,111	0,080	0,744	0,268
2021	0,001	0,021	0,008	0,008	0,085	0,039	0,020	0,310	0,097	0,123	0,662	0,260
2022	0,001	0,021	0,009	0,018	0,061	0,031	0,008	0,090	0,042	0,080	0,231	0,144
<b>T. Bình</b>	<b>0,007</b>			<b>0,027</b>			<b>0,096</b>			<b>0,246</b>		

**- Theo không gian (nước lớn nước ròng)**

Nghiên cứu hàm lượng dinh dưỡng N theo không gian cho thấy, trong lúc nước ròng ghi nhận hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước cao hơn lúc

nước lớn (Bảng 3.19). Kết quả này phản ánh ảnh hưởng của nguồn chất thải từ hoạt động sản xuất ven biển đến CLMT khu vực nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận. Điển hình là nguồn chất thải từ hoạt động của bến cá, cơ sở sản xuất giống thủy sản ven bờ biển, nước thải từ khu dân cư trên địa bàn xã Vĩnh Tân.

**Bảng 3.19.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=12			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=12			T-N (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,003	0,008	0,005	0,008	0,024	0,014	0,069	0,155	0,113	0,159	0,359	0,261
2020	0,002	0,007	0,004	0,011	0,037	0,021	0,020	0,130	0,093	0,080	0,320	0,230
2021	0,001	0,012	0,007	0,016	0,055	0,035	0,020	0,310	0,104	0,123	0,662	0,269
2022	0,001	0,021	0,008	0,018	0,061	0,035	0,008	0,069	0,035	0,086	0,187	0,133
<b>T.Bình</b>			<b>0,006</b>			<b>0,026</b>			<b>0,116</b>			<b>0,223</b>
Nước ròng	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,005	0,010	0,008	0,011	0,032	0,018	0,082	0,264	0,159	0,189	0,570	0,362
2020	0,002	0,009	0,005	0,009	0,036	0,023	0,040	0,340	0,129	0,125	0,744	0,306
2021	0,002	0,021	0,009	0,008	0,085	0,043	0,020	0,310	0,089	0,141	0,650	0,250
2022	0,002	0,020	0,010	0,019	0,036	0,026	0,012	0,090	0,049	0,080	0,231	0,155
<b>T.Bình</b>			<b>0,008</b>			<b>0,028</b>			<b>0,251</b>			<b>0,268</b>

### 3.3.2.2. Động thái dinh dưỡng P (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P) trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

#### a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)

##### + Động thái dinh dưỡng P theo ngày:

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, ngày 10-11/5/2021 (đại diện mùa khô).

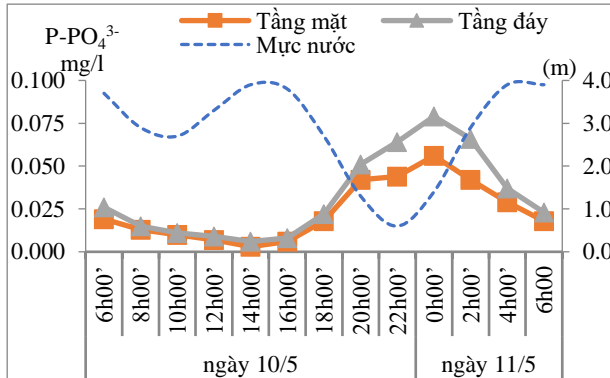
##### + Chế độ thủy triều:

Ngày 10/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước ròng (10h00'): 2,7m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (14h00'): 3,9m; lúc nước ròng (22h00'): 0,6m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 6,9m; lúc nước ròng 5,4m.

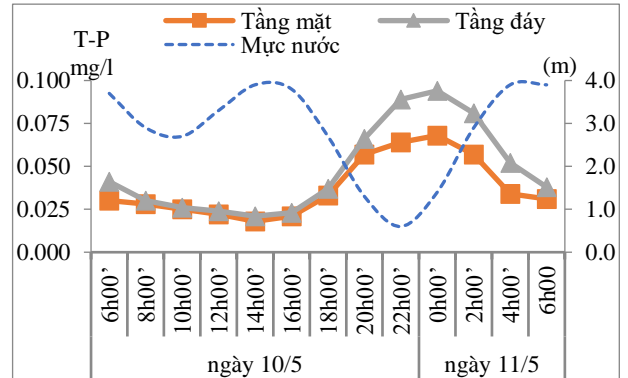
Ngày 11/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (4h00'): 3,9m; Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 6,9m.

+ Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dao động trong khoảng 0,003 - 0,079mg/l, trung bình tầng mặt (0,023mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,033mg/l); hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm thấp trong lúc

nước lớn vào ban ngày (10h - 16h), hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tăng đạt cao nhất lúc nước ròng vào đêm hôm trước và sáng hôm sau (22h - 2h), sau đó giảm vào lúc nước lớn sáng hôm sau (4h - 6h); chênh lệch hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,036mg/l (Hình 3.41).



**Hình 3.41.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021



**Hình 3.42.** Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 10-11/5/2021

+ Hàm lượng T-P trong nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,018 - 0,094mg/l, trung bình tầng mặt (0,038mg/l) thấp hơn so với tầng đáy (0,048mg/l); biến động theo chu kỳ triều, hàm lượng T-P giảm trong lúc nước lớn vào buổi trưa và chiều (10h - 16h); tăng cao nhất trong lúc nước ròng vào đêm hôm trước sáng hôm sau (22h - 2h); sau đó giảm khi nước lớn sáng hôm sau (4h - 8h); chênh lệch hàm lượng T-P lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,076mg/l (Hình 3.42).

- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, ngày 14-15/10/2021 (đại diện mùa mưa).

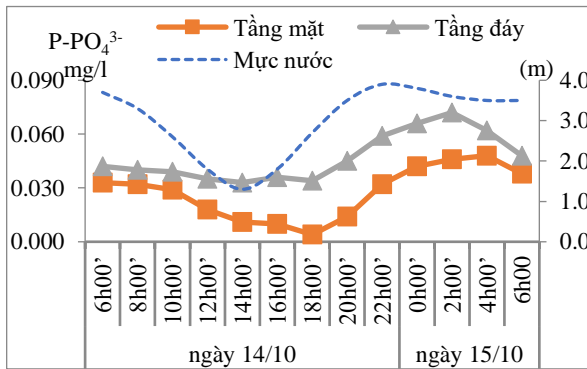
+ Chế độ thủy triều:

Ngày 14/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (6h00'): 3,7m. Độ cao mực nước lúc nước ròng (14h00'): 1,3m; lúc nước lớn (22h00'): 3,9m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 7,0m; lúc nước ròng 5,3m.

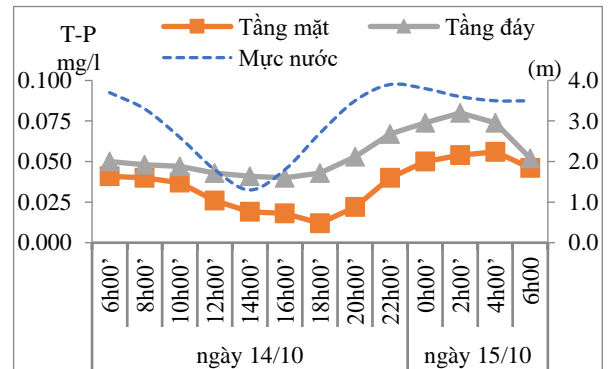
Ngày 15/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước ròng(4h00'): 3,5m; Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 7,0m.

+ Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước dao động từ 0,004 - 0,072mg/l, trung bình tầng mặt (0,014mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,030mg/l); biến động theo chu kỳ triều, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm trong thời gian nước lớn lúc chiều tối (14h - 18h); hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tăng cao nhất khi nước lớn vào sáng hôm sau (0h - 4h), sau đó giảm lúc nước lớn

sáng hôm sau (6h) (Hình 3.43); chênh lệch hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,059mg/l.



**Hình 3.43.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021



**Hình 3.44.** Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận ngày 14-15/10/2021

+ Hàm lượng T-P dao động trong khoảng 0,012 - 0,080mg/l, phân bố ở tầng mặt (0,035mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,040mg/l) (Hình 3.44). Biến động theo chu kỳ triều, hàm lượng T-P giảm nhẹ trong lúc nước lớn vào buổi chiều (14h - 18h), hàm lượng T-P tăng đạt cao nhất vào lúc nước lớn sáng sớm hôm sau (0h - 2h) sau đó giảm trong lúc nước lớn của con nước tiếp theo sáng hôm sau (4h - 6h); chênh lệch hàm lượng T-P lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,068mg/l.

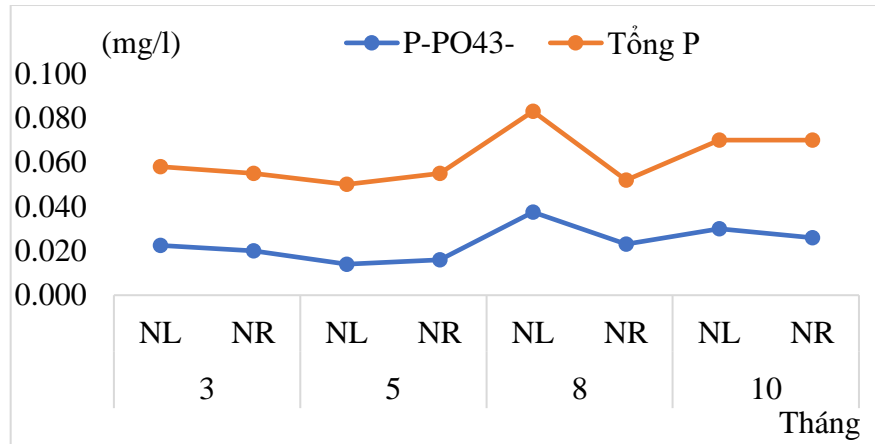
**Bảng 3.20.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận vào mùa khô và mùa mưa

Giá trị	Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 10/5 đến 6 giờ ngày 11/5/2021				Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 14/10 đến 6 giờ ngày 15/10/2021			
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,003	0,006	0,018	0,021	0,004	0,033	0,012	0,040
Giá trị LN	0,026	0,039	0,068	0,094	0,018	0,063	0,056	0,080
Giá trị TB	0,024	0,032	0,038	0,048	0,027	0,047	0,035	0,055
Hiệu của giá trị LN và NN	0,023	0,033	0,050	0,073	0,014	0,030	0,035	0,040

+ **Theo tháng:**

Trong năm 2021, nghiên cứu biến động dinh dưỡng P theo tháng cho kết quả hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước khu vực nuôi dao động từ 0,014 - 0,038mg/l, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> thấp trong tháng 5, tăng cao vào tháng 10. Tương tự như P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, hàm

lượng T-P trong nước biến động không nhiều vào tháng 3, 5 và tăng cao trong tháng 8, 10. Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong các tháng nghiên cứu thể hiện trong Hình 3.45.



**Hình 3.45.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo tháng tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

+ **Theo mùa:**

Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước biến động theo thời gian không thể hiện rõ xu hướng trong các năm nghiên cứu (Bảng 3.21). Cũng giống như dinh dưỡng N, hàm lượng trung bình thông số dinh dưỡng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P vào mùa mưa cao hơn mùa khô thể hiện ảnh hưởng của nguồn chất ô nhiễm từ đất liền đến môi trường khu vực nuôi. Đặc trưng này là đặc điểm của môi trường nước khu vực ven biển.

**Bảng 3.21.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=12			T-P (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Tháng 5						
2019	0,006	0,012	0,010	0,026	0,032	0,030
2020	0,004	0,035	0,013	0,024	0,055	0,033
2021	0,003	0,089	0,019	0,025	0,109	0,044
2022	0,001	0,027	0,010	0,021	0,047	0,030
<b>Trung bình</b>			<b>0,013</b>			<b>0,034</b>
Tháng 10						
2019	0,006	0,014	0,011	0,026	0,034	0,031
2020	0,010	0,130	0,035	0,030	0,150	0,055
2021	0,004	0,072	0,024	0,024	0,092	0,044
2022	0,006	0,028	0,014	0,026	0,048	0,034
<b>Trung bình</b>			<b>0,021</b>			<b>0,041</b>

+ **Theo năm:**

Trong thời gian năm, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước dao động từ 0,006 - 0,130mg/l, biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> không thể hiện xu hướng, giá trị hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trung bình các năm là 0,017mg/l. Hàm lượng T-P trong nước khu vực nuôi Vĩnh Tân dao động từ 0,021 - 0,150mg/l, trung bình các năm là 0,038mg/l; biến động hàm lượng T-P không thể hiện xu hướng trong các năm nghiên cứu (Bảng 3.22).

**Bảng 3.22.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=12			T-P (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,006	0,014	0,010	0,026	0,034	0,030
2020	0,004	0,130	0,024	0,024	0,150	0,044
2021	0,003	0,089	0,022	0,024	0,109	0,044
2022	0,001	0,028	0,012	0,021	0,048	0,032
<b>Trung bình</b>			<b>0,017</b>			<b>0,038</b>

**b. Theo không gian**

+ **Theo nước lớn nước ròng:**

Theo chu kỳ triều, nghiên cứu cho thấy hàm lượng trung bình P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân lúc nước ròng cao hơn lúc nước lớn. Chênh lệch hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong lúc nước ròng và lúc nước lớn tương ứng là 0,004mg/l và 0,006mg/l. Kết quả nghiên cứu này thể hiện ảnh hưởng của nguồn chất thải từ đất liền đến môi trường khu vực nuôi, đây cũng là đặc điểm của vùng nước ven biển.

**Bảng 3.23.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo chu kỳ triều tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=12			T-P (mg/l) n=12		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Nước lớn						
2019	0,006	0,014	0,009	0,026	0,034	0,029
2020	0,004	0,030	0,014	0,024	0,050	0,034
2021	0,003	0,089	0,024	0,024	0,109	0,048
2022	0,002	0,020	0,011	0,022	0,040	0,031
<b>Trung bình</b>			<b>0,015</b>			<b>0,036</b>

Nước ròng	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2019	0,009	0,013	0,011	0,029	0,033	0,031
2020	0,005	0,130	0,034	0,025	0,150	0,054
2021	0,004	0,072	0,020	0,025	0,092	0,041
2022	0,001	0,028	0,014	0,021	0,048	0,034
<b>Trung bình</b>			<b>0,019</b>			<b>0,042</b>

### 3.3.2.3. Khối lượng dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Kết quả tính khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân: Khối lượng thông số T-N trong nước cao nhất, tiếp đến khối lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-P, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Kết quả này thể hiện đặc điểm tự nhiên của dinh dưỡng N, P trong nước, tuy nhiên so sánh khối lượng dinh dưỡng trong nước biển khơi và theo tiêu chuẩn Việt Nam, ghi nhận dấu hiệu ô nhiễm, khối lượng dinh dưỡng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước cao hơn so với khối lượng ước tính của nước biển khơi tương ứng với N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> từ 97,5 - 1.636,1kg và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> từ 111,3 - 497,7kg. Khối lượng cụ thể của từng thông số N, P được trình bày trong Bảng 3.24.

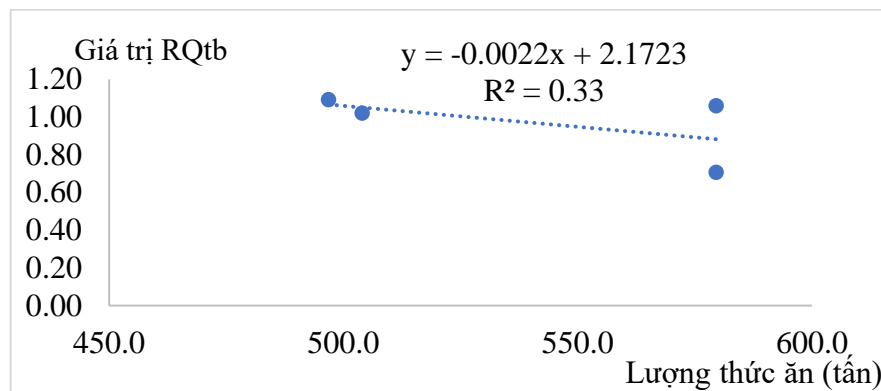
**Bảng 3.24.** Khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam

Thông số (1)	Khối lượng nghiên cứu		Khối lượng trong nước biển (4)	Chênh lệch (3) so với (4)	Khối lượng theo TCVN (5)	Chênh lệch (3) so với (5)
	Khoảng dao động (2)	Trung bình (3)				
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (kg)	45,4 - 113,6	79,5	113,6	Nhỏ hơn	227,2	Nhỏ hơn
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kg)	181,8 - 670,4	306,8	454,5	Nhỏ hơn và 215,9	5.681,0	Nhỏ hơn
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg)	306,8 - 1.863,4	1.090,8	227,2	97,5 - 1.636,1	1.136,2	Nhỏ hơn và 125,0 - 727,2
T-N (kg)	1.397,5 - 4.215,3	2.795,1	5.681	Nhỏ hơn	-	-
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (kg)	113,6 - 499,9	193,2	2,3	111,3 - 497,7	2271,4	Nhỏ hơn
T-P (kg)	125,0 - 624,9	431,8	795,3	Nhỏ hơn	-	-

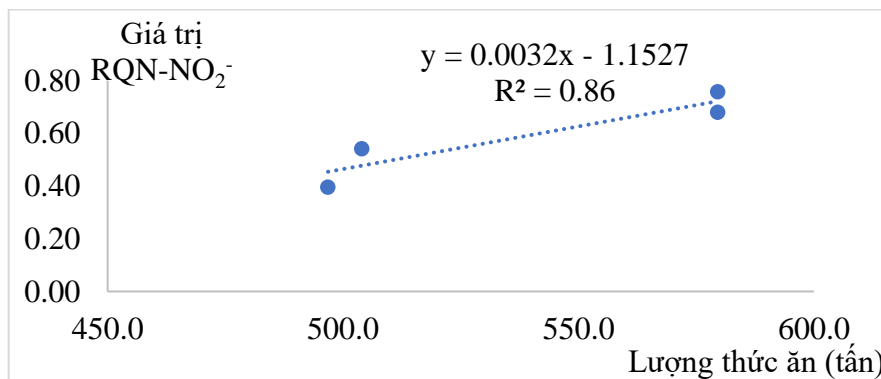
3.3.2.4. *Đánh giá tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro dinh dưỡng N, P của nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận*

Nghiên cứu tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường tại khu vực nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận cho hệ số xác định thấp  $R^2 = 0,33$  thể hiện tương quan yếu (Hình 3.46). Với số lượng ô lồng không cao, mật độ ô lồng nuôi không dày, cách thức nuôi theo phương pháp truyền thống nên những áp lực từ hoạt động nuôi đến môi trường chưa lớn; vị trí khu vực nuôi là vùng biển hở nên quá trình trao đổi nước đã pha loãng, khuếch tán chất ô nhiễm ra diện rộng làm giảm mức độ ô nhiễm tại khu vực nuôi. Từ những phân tích nêu trên dẫn đến CLMT nước khu vực nuôi còn khá tốt, giá trị rủi ro môi trường RQtb dao động trong khoảng 0,68 - 1,31 ở mức nguy cơ ÔNMT thấp đến mức nguy cơ ÔNMT cao.

Xét theo khía cạnh từng thông số, cả 3 thông số dinh dưỡng N đều có tương quan thuận với lượng thức ăn, trong đó với giá trị RQN- $\text{NO}_2^-$  có hệ số  $R^2 = 0,86$  cao nhất (Hình 3.47); với giá trị RQN- $\text{NO}_3^-$  có hệ số  $R^2 = 0,79$  (Hình 3.48) và với giá trị RQN- $\text{NH}_4^+$  có hệ số  $R^2 = 0,59$  (Hình 3.49). Kết quả này phản ánh ảnh hưởng trực diện của lượng thức ăn dư thừa trong điều kiện nhiệt độ cao (đặc điểm khu vực miền Trung) phân hủy ngay gây ảnh hưởng đến môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận.

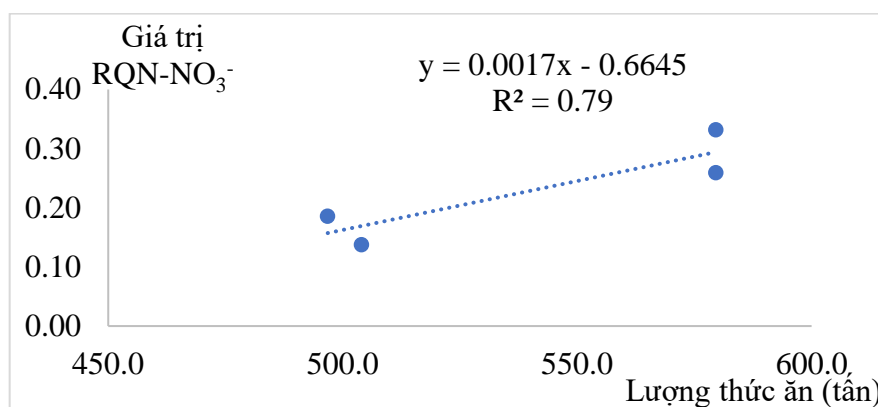


**Hình 3.46.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

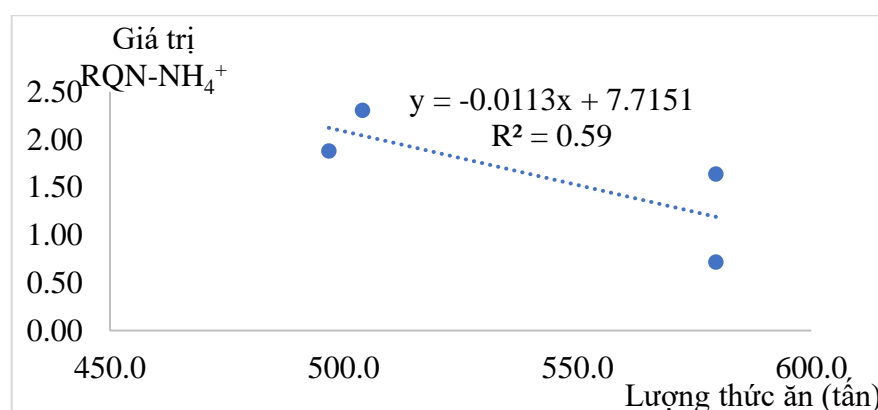


**Hình 3.47.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN- $\text{NO}_2^-$  tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận





**Hình 3.48.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận



**Hình 3.49.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

### 3.3.3. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

#### 3.3.3.1. Động thái dinh dưỡng N (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Tổng N) trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

##### a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)

##### + Theo ngày:

- Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu, ngày 14-15/5/2021 (đại diện mùa khô).

+ Ngày 14/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (3h47'): 3,3m; lúc nước ròng (9h11'): 2,2m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (14h04'): 3,3m; lúc nước ròng (21h22'): 0,4m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 8,9m; lúc nước ròng 6,6m.

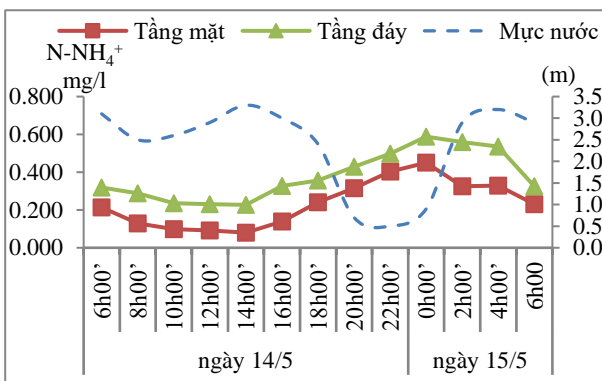
+ Ngày 15/5/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (4h29'): 3,3m; lúc nước ròng (9h45'): 2,3m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (14h23'): 3,3m; lúc nước ròng (21h55'): 0,4m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 9,0m.

+ *Hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>* trong thời gian nghiên cứu dao động từ 0,080 - 0,588mg/l, sự phân tầng rõ tại tầng mặt (trung bình 0,234mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,378mg/l); theo thủy triều, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước giảm thấp lúc nước lớn (10h - 14h); tăng khi nước ròng vào buổi chiều tối (16h - 22h) và đạt cao nhất khi nước lớn của chu kỳ triều tiếp theo vào sáng ngày hôm sau (0h - 4h); chênh lệch hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,508mg/l (Hình 3.50).

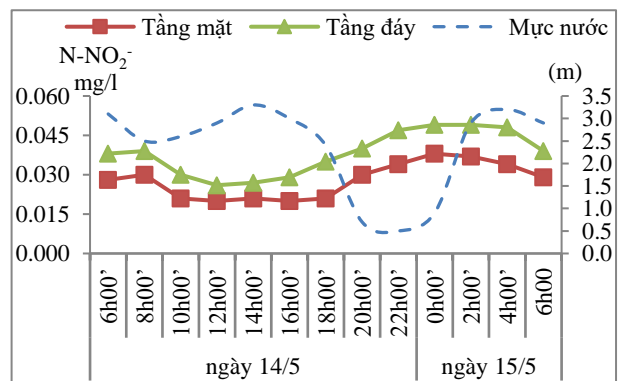
+ *Hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>* dao động trong khoảng 0,020 - 0,049mg/l, trung bình tầng mặt 0,028mg/l, tầng đáy 0,038mg/l; theo thủy triều, lúc nước lớn vào ban ngày (8h - 14h), hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> giảm thấp và tăng khi nước ròng vào đêm hôm trước (18h - 22h) và đạt cao nhất vào lúc nước lớn hôm sau (2h - 4h); chênh lệch hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> trong nước lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,029mg/l (Hình 3.51).

+ *Hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>* dao động trong khoảng 0,268 - 0,612mg/l, trung bình tầng mặt 0,394mg/l, tầng đáy 0,450mg/l; biến động theo thủy triều, ghi nhận hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm nhẹ lúc nước lớn vào ban ngày (10h - 14h) và tăng khi nước ròng vào ban đêm (18h - 22h), hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tăng cao vào lúc nước lớn sáng hôm sau (2h - 4h); chênh lệch hàm lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,344mg/l (Hình 3.52).

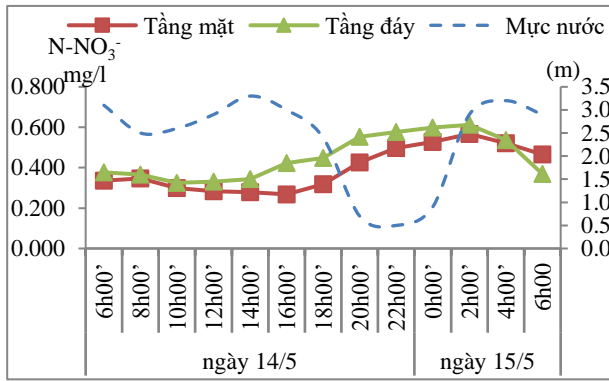
+ *Hàm lượng T-N* trong nước khu vực nuôi dao động từ 0,426 - 1,269mg/l, trung bình tầng mặt 0,629mg/l thấp hơn tầng đáy 0,659mg/l; vào ban ngày lúc nước lớn (10h - 16h), ghi nhận hàm lượng T-N giảm thấp, tăng khi nước ròng vào chiều tối (18h - 22h) hôm trước và đạt cao nhất vào lúc nước lớn sáng sớm hôm sau (0h - 2h); chênh lệch hàm lượng T-N lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,843mg/l (Hình 3.53).



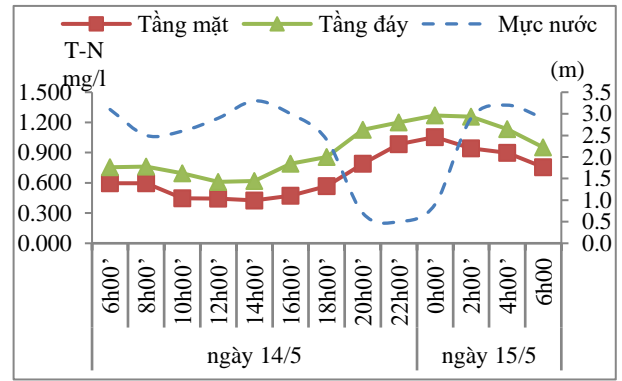
**Hình 3.50.** Biến động hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021



**Hình 3.51.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021



**Hình 3.52.** Biến động hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021



**Hình 3.53.** Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021

**Bảng 3.25.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  và T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa khô

Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 14/5 đến 6 giờ ngày 15/5/2021	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM	TĐ	TM	TĐ	TM	TĐ	TM	TĐ
	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13
Giá trị NN	0,080	0,227	0,020	0,026	0,268	0,325	0,426	0,610
Giá trị LN	0,450	0,588	0,038	0,049	0,567	0,612	1,055	1,269
Giá trị TB	0,234	0,378	0,028	0,038	0,395	0,450	0,690	0,925
Hiệu của giá trị LN và NN	0,370	0,361	0,018	0,023	0,299	0,287	0,629	0,659

- Kết quả nghiên cứu động thái dinh dưỡng N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu, ngày 19-20/10/2021 (đại diện mùa mưa).

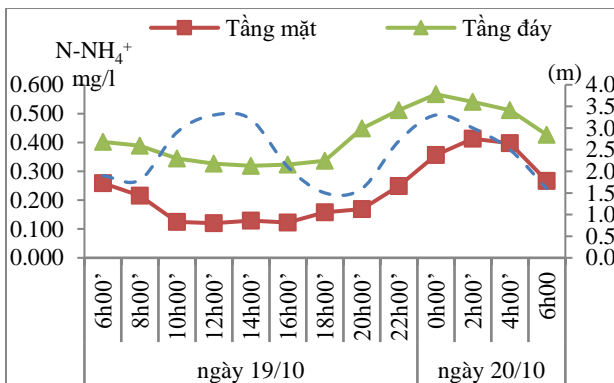
+ Ngày 19/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (0h58'): 3,6m; lúc nước ròng (7h08'): 1,7m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (12h49'): 3,4m; lúc nước ròng (17h08'): 1,3m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 9,9m; lúc nước ròng 7,5m.

+ Ngày 20/10/2021: Độ cao mực nước lúc nước lớn (1h19'): 3,6m; lúc nước ròng (7h36'): 1,4m. Độ cao mực nước lúc nước lớn (13h34'): 3,5m; lúc nước ròng (19h42'): 1,5m. Độ sâu điểm nghiên cứu: lúc nước lớn 9,9m.

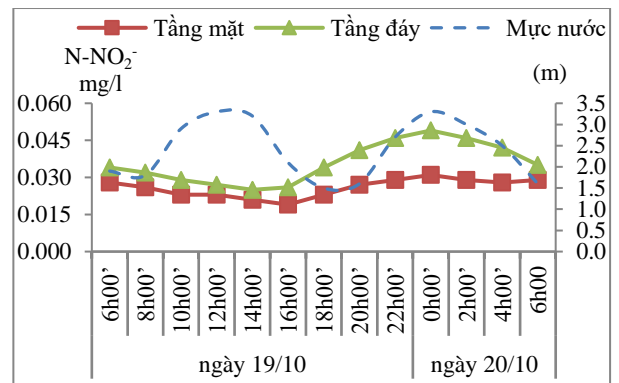
+ Hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước dao động trong khoảng 0,120 - 0,567mg/l, sự phân tầng thể hiện rõ, trung bình tầng mặt 0,229mg/l thấp hơn so với tầng đáy 0,419mg/l; biến động hàm lượng  $N-NH_4^+$  theo chu kỳ triều: khi nước lớn (8h - 14h) vào ban ngày, hàm lượng  $N-NH_4^+$  giảm thấp, lúc nước ròng vào chiều tối cùng ngày (16h -

20h), hàm lượng  $N-NH_4^+$  tăng và đạt cao nhất vào lúc nước lớn sáng sớm hôm sau (0h - 4h); chênh lệch hàm lượng  $N-NH_4^+$  lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,447mg/l (Hình 3.54).

+ Hàm lượng  $N-NO_2^-$  dao động trong khoảng 0,019 - 0,049mg/l, trung bình tầng mặt 0,026mg/l thấp hơn tầng đáy 0,036mg/l; chênh lệch hàm lượng  $N-NO_2^-$  giữa lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,030mg/l. Trong lúc nước lớn vào ban ngày (10h - 14h), ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước thấp; lúc nước ròng vào ban đêm (20h - 22h) và lúc nước lớn vào sáng ngày hôm sau (0h - 2h), ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  tăng và cao nhất trong thời gian nghiên cứu (Hình 3.55).



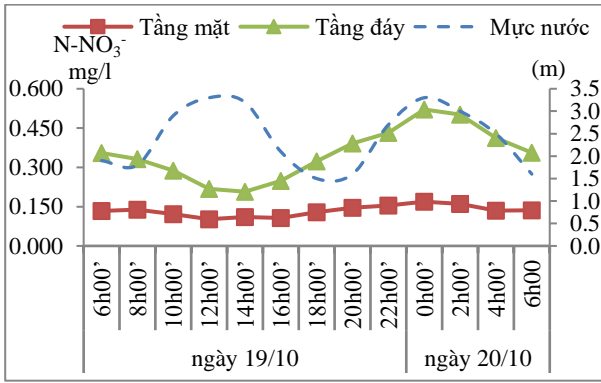
**Hình 3.54.** Biến động hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021



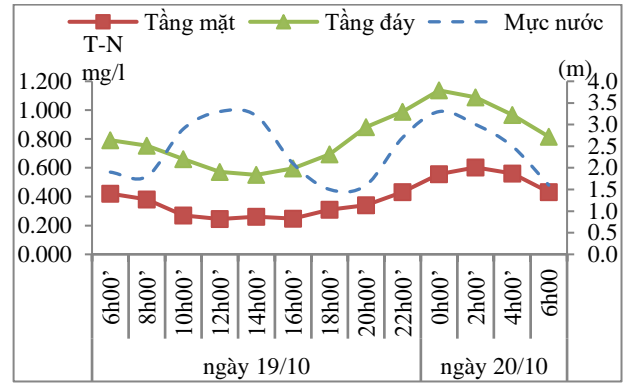
**Hình 3.55.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021

+ Hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,102 - 0,521mg/l, trung bình tầng mặt (0,134mg/l) thấp hơn nhiều so với tầng đáy (0,353mg/l). Cũng giống như thông số  $N-NO_2^-$ , trong thời gian nước lớn vào ban ngày (8h - 12h), hàm lượng  $N-NO_3^-$  giảm thấp và gia tăng trong lúc nước ròng (16h - 20h), ghi nhận hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước cao nhất lúc nước lớn, tăng mạnh tại tầng đáy vào sáng sớm hôm sau (0h - 2h); chênh lệch hàm lượng  $N-NO_3^-$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,419mg/l (Hình 3.56).

+ Hàm lượng  $T-N$  dao động trong khoảng 0,245 - 1,137mg/l, phân bố ở tầng mặt (0,389mg/l) thấp hơn so với tầng đáy (0,807mg/l). Cũng giống như thông số  $N-NH_4^+$ , hàm lượng  $T-N$  thấp trong lúc nước lớn (12h - 14h), sau đó gia tăng khi nước ròng (18h - 20h) và đạt hàm lượng cao nhất lúc nước lớn vào ban đêm và sáng sớm ngày hôm sau (22h - 2h); chênh lệch hàm lượng  $T-N$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất đạt 0,892mg/l (Hình 3.57).



**Hình 3.56.** Biến động hàm lượng  $N-NO_3^-$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021



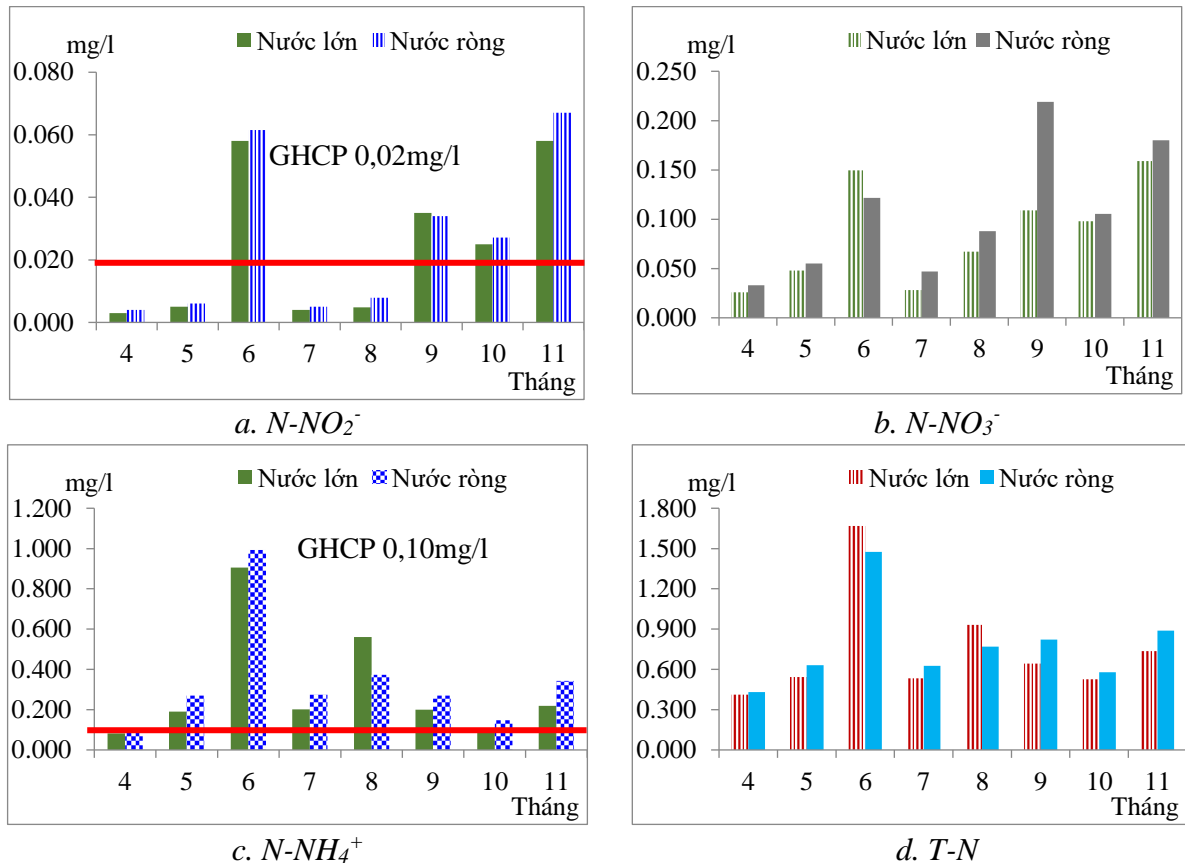
**Hình 3.57.** Biến động hàm lượng T-N trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021

**Bảng 3.26.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  và T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa mưa

Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 19/10 đến 6 giờ ngày 20/10/2021	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,120	0,319	0,019	0,025	0,102	0,207	0,245	0,551
Giá trị LN	0,413	0,567	0,031	0,049	0,169	0,521	0,603	1,137
Giá trị TB	0,229	0,419	0,026	0,036	0,134	0,353	0,389	0,807
Hiệu của giá trị LN và NN	0,293	0,248	0,012	0,024	0,067	0,314	0,358	0,586

+ **Theo tháng:**

Hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước cao vượt GHCP 0,1mg/l từ 1,1 - 14,6 lần xảy ra vào các tháng quan trắc (trừ tháng 3). Cũng ghi nhận hàm lượng  $N-NO_2^-$  trong nước cao vượt GHCP 0,02 mg/l, hàm lượng  $N-NO_3^-$  cao trong các tháng 6,9,10,11/2020. Khi hàm lượng dinh dưỡng trong nước cao phản ánh môi trường nước trong tình trạng ô nhiễm (Hình 3.58). Như vậy, biến động dinh dưỡng trong nước khu vực nuôi mạnh theo thời gian do chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi chất thải từ chính hoạt động nuôi, ngoài ra còn chịu ảnh hưởng bởi chất thải từ nguồn lục địa đưa ra gây ÔNMT khu vực nuôi.



**Hình 3.58.** Hàm lượng dinh dưỡng N trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu (điểm LS2), năm 2020

**+ Theo mùa:**

Biến động dinh dưỡng N theo mùa với thông số  $N-NO_2^-$ , tỷ lệ 3/5 lần ghi nhận hàm lượng trung bình các năm nghiên cứu vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Hàm lượng  $N-NO_3^-$  biến động theo mùa và không thể hiện rõ xu thế, tuy nhiên trong thời gian nghiên cứu, ghi nhận hàm lượng  $N-NO_3^-$  trung bình vào mùa khô cao hơn mùa mưa. Hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước khá cao, biến động theo mùa không thể hiện xu thế nhưng giá trị hàm lượng trung bình các năm nghiên cứu vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Hàm lượng T-N trong nước cao, giá trị trung bình vào mùa mưa cao hơn mùa khô, xu thế biến động không rõ trong thời gian nghiên cứu. Nghiên cứu sự biến động dinh dưỡng N trong nước tại khu vực nuôi Long Sơn theo mùa thể hiện rõ, tỷ lệ 3/4 thông số có hàm lượng ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NH_4^+$ , T-N) trong mùa mưa cao hơn mùa khô; kết quả này phản ánh ảnh hưởng của chất ô nhiễm từ nguồn lục địa đến môi trường nước khu vực nuôi.

**Bảng 3.27.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=16			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=16			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=16			T-N (mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Mùa khô												
2018	0,011	0,120	0,027	0,030	0,307	0,096	0,030	0,193	0,067	0,435	1,049	0,654
2019	0,019	0,034	0,028	0,036	0,082	0,058	0,136	0,820	0,427	0,694	2,126	1,299
2020	0,026	0,065	0,051	0,082	0,248	0,156	0,077	1,460	0,382	0,688	3,577	1,427
2021	0,009	0,022	0,016	0,288	0,857	0,483	0,060	0,590	0,353	1,415	2,728	1,988
2022	0,009	0,047	0,019	0,020	0,168	0,086	0,110	0,166	0,133	0,583	0,973	0,757
<b>Tr.Bình</b>	<b>0,028</b>			<b>0,176</b>			<b>0,272</b>			<b>1,225</b>		
Mùa mưa												
2018	0,015	0,093	0,035	0,031	0,160	0,082	0,468	0,988	0,760	1,370	2,539	2,018
2019	0,041	0,074	0,059	0,070	0,088	0,080	0,280	0,700	0,466	1,084	1,892	1,452
2020	0,025	0,038	0,033	0,052	0,255	0,166	0,160	0,410	0,265	0,879	1,556	1,196
2021	0,009	0,072	0,029	0,111	0,521	0,242	0,120	0,567	0,302	0,821	2,263	1,417
2022	0,008	0,032	0,016	0,049	0,227	0,133	0,056	1,048	0,369	0,708	2,650	1,320
<b>Tr.Bình</b>	<b>0,034</b>			<b>0,141</b>			<b>0,452</b>			<b>1,481</b>		

+ Theo năm:

Biến động dinh dưỡng N theo năm không thể hiện xu thế trong thời gian nghiên cứu. Trong số các thông số dinh dưỡng N, hàm lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> luôn cao nhất so với N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; hàm lượng T-N trong nước khu vực nuôi cao và duy trì cao trong các năm nghiên cứu (Bảng 3.28).

**Bảng 3.28.** Biến động hàm lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=16			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) n=16			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) n=16			T-N (mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,011	0,120	0,031	0,030	0,307	0,089	0,030	0,988	0,413	0,435	2,539	1,336
2019	0,019	0,074	0,044	0,036	0,088	0,069	0,136	0,820	0,447	0,694	2,126	1,375
2020	0,025	0,065	0,042	0,052	0,255	0,161	0,077	1,460	0,324	0,688	3,577	1,312
2021	0,009	0,072	0,022	0,111	0,857	0,362	0,060	0,590	0,328	0,821	2,728	1,702
2022	0,008	0,047	0,018	0,020	0,227	0,110	0,056	1,048	0,251	0,583	2,650	1,039
<b>Tr.Bình</b>	<b>0,031</b>			<b>0,158</b>			<b>0,352</b>			<b>1,353</b>		

**b. Theo không gian (nước lớn nước ròng)**

**+ Theo nước lớn, nước ròng**

Theo chu kỳ triều, biến động dinh dưỡng N thể hiện rõ, hàm lượng trong lúc nước ròng cao hơn lúc nước lớn. Chênh lệch hàm lượng lúc nước ròng và lúc nước lớn với thông số  $N-NO_2^-$  là 0,003mg/l; với thông số  $N-NO_3^-$  là 0,016mg/l; thông số  $N-NH_4^+$  đạt 0,019mg/l và thông số T-N đạt 0,073mg/l. Đối với khu vực cửa sông ven biển, biến động dinh dưỡng theo chu kỳ triều thể hiện ảnh hưởng của chất ô nhiễm từ nguồn lục địa góp phần gây suy giảm chất lượng nước và ÔNMT khu vực nuôi.

**Bảng 3.29.** Biến động hàm lượng  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , T-N trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn

Thời gian	$N-NO_2^-$ (mg/l) n=16			$N-NO_3^-$ (mg/l) n=16			$N-NH_4^+$ (mg/l) n=16			T-N (mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Nước lớn												
2018	0,011	0,120	0,030	0,030	0,165	0,060	0,030	0,949	0,367	0,435	2,420	1,184
2019	0,022	0,060	0,039	0,047	0,088	0,073	0,136	0,820	0,461	0,694	2,126	1,406
2020	0,026	0,065	0,042	0,052	0,255	0,138	0,077	1,460	0,380	0,688	3,577	1,378
2021	0,009	0,072	0,023	0,121	0,857	0,356	0,060	0,567	0,323	0,846	2,238	1,681
2022	0,009	0,032	0,016	0,020	0,227	0,123	0,056	0,648	0,185	0,583	1,994	0,932
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,030</b>			<b>0,150</b>			<b>0,343</b>			<b>1,316</b>
Nước ròng												
2018	0,015	0,093	0,032	0,057	0,307	0,118	0,030	0,988	0,460	0,568	2,539	1,488
2019	0,019	0,074	0,048	0,036	0,083	0,065	0,280	0,712	0,433	1,025	1,875	1,344
2020	0,025	0,063	0,041	0,102	0,248	0,184	0,083	0,992	0,268	0,779	2,589	1,245
2021	0,009	0,052	0,022	0,111	0,630	0,368	0,120	0,590	0,333	0,821	2,728	1,724
2022	0,008	0,047	0,019	0,038	0,143	0,096	0,110	1,048	0,317	0,662	2,650	1,145
<b>Tr.Bình</b>			<b>0,033</b>			<b>0,166</b>			<b>0,362</b>			<b>1,389</b>

**3.3.2.2. Động thái dinh dưỡng P ( $P-PO_4^{3-}$ , T-P) trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.**

**a. Theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm)**

**+ Biến động theo ngày**

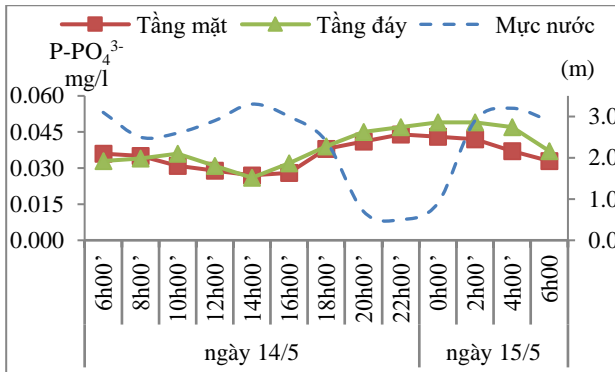
- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu, ngày 10-11/5/2021 (đại diện mùa khô).

+ Hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  dao động trong khoảng 0,026 - 0,049mg/l, chênh lệch ở tầng mặt (0,036mg/l) tầng đáy (0,039mg/l) không nhiều; hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giảm thấp trong lúc nước lớn vào ban ngày (8h - 16h), gia tăng lúc nước ròng vào ban đêm (20h

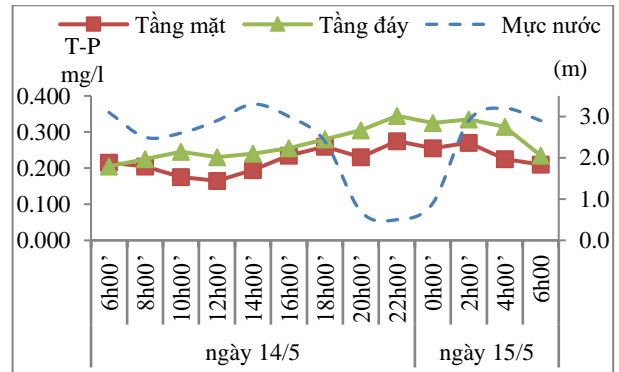


- 22h) và đạt cao nhất vào lúc nước lớn sáng hôm sau (2h - 4h); chênh lệch hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  lúc lớn nhất và nhỏ nhất là 0,023mg/l (Hình 3.59).

+ Hàm lượng  $T-P$  trong nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 0,165 - 0,345mg/l, trung bình tầng mặt (0,224mg/l) thấp hơn so với tầng đáy (0,345mg/l); theo chu kỳ triều, hàm lượng Tổng P giảm trong lúc nước lớn (10h - 14h), tăng cao nhất trong lúc nước ròng vào ban đêm (20h - 22h) và giảm khi nước lớn vào sáng hôm sau (2h - 6h); chênh lệch hàm lượng  $T-P$  lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,180mg/l (Hình 3.60).



**Hình 3.59.** Biến động hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021

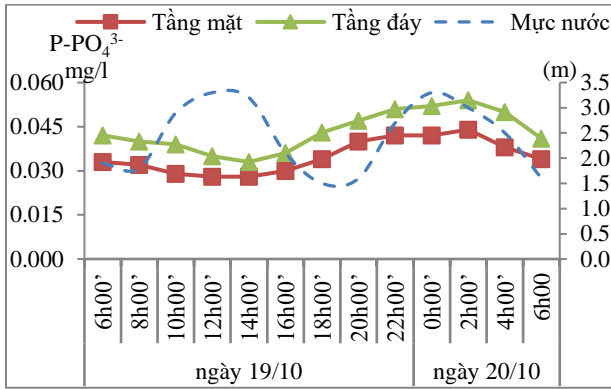


**Hình 3.60.** Biến động hàm lượng  $T-P$  trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 14-15/5/2021

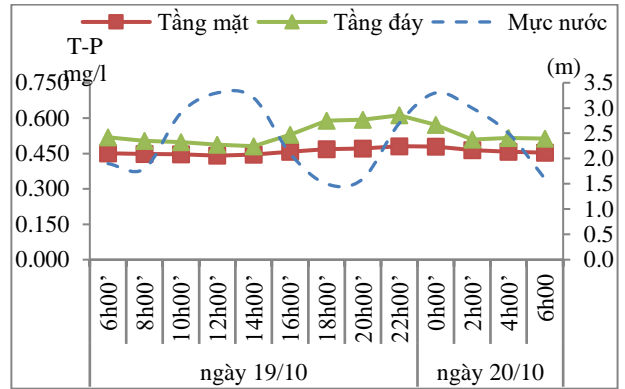
- Nghiên cứu biến động dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu, ngày 19-20/10/2021 (đại diện mùa mưa).

+ Hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  trong nước dao động từ 0,028 - 0,054mg/l, trung bình tầng mặt (0,035mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,043mg/l); biến động theo chu kỳ triều, hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  giảm trong thời gian nước lớn vào ban ngày (10h - 14h); hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  gia tăng khi nước ròng (16h - 20h) và tăng cao nhất lúc nước lớn vào đêm ngày hôm trước và sáng hôm sau (22h - 2h) (Hình 3.61); chênh lệch hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,026mg/l.

+ Hàm lượng  $T-P$  dao động trong khoảng 0,441 - 0,612mg/l, phân bố ở tầng mặt (0,459mg/l) thấp hơn tầng đáy (0,553mg/l) không nhiều (Hình 3.62), chênh lệch hàm lượng  $T-P$  lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất là 0,171mg/l; theo chu kỳ triều, hàm lượng  $T-P$  duy trì ổn định lúc nước lớn vào ban ngày (8h - 14h), sau đó gia tăng lúc nước ròng (16h - 22h) và giảm nhẹ, ít biến động trong chu kỳ nước lớn sáng hôm sau (0h - 6h).



**Hình 3.61.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021



**Hình 3.62.** Biến động hàm lượng T-P trong nước nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu ngày 19-20/10/2021

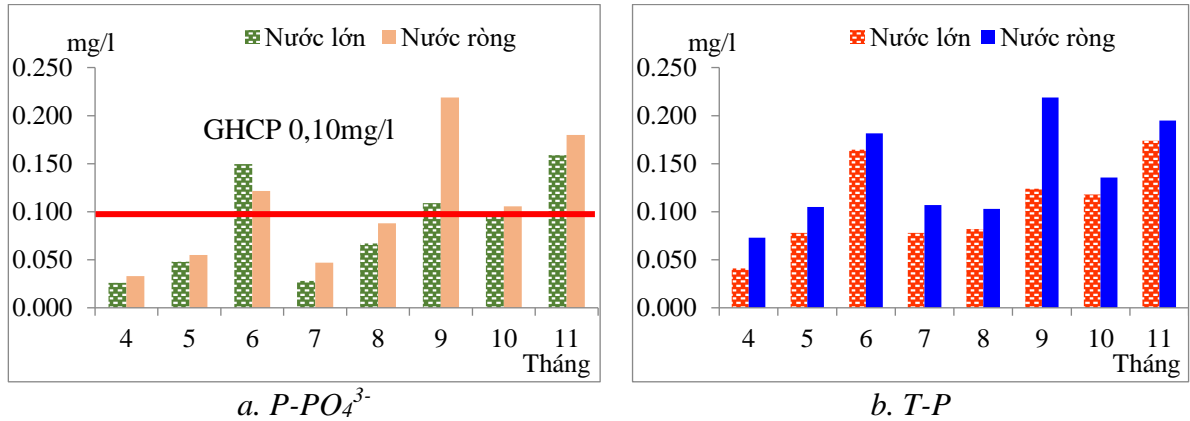
Trong thời gian đại diện vào mùa khô và mùa mưa, hầu hết các thông số dinh dưỡng N và P trong nước tại Long Sơn giảm vào lúc nước lớn do nguồn nước từ biển đưa vào pha loãng dinh dưỡng trong nước; giảm vào ban ngày do quá trình tiêu thụ dinh dưỡng qua quá trình quang hợp của thực vật phù du và quá trình chuyển hóa dinh dưỡng trong nước ở điều kiện ánh sáng và nhiệt độ ban ngày. Thời điểm ghi nhận hàm lượng dinh dưỡng N và P trong nước cao thường vào cuối pha chu kỳ nước ròng và đầu pha của chu kỳ nước lớn tiếp theo thể hiện ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm từ lục địa, chất thải từ hoạt động nuôi và chế độ động lực của thủy triều tại khu vực đến CLMT nước khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè, đây cũng là đặc trưng môi trường VCS ven biển.

**Bảng 3.30.** Biến động hàm lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển theo thời gian tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu vào mùa khô và mùa mưa

Giá trị	Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 14/5 đến 6 giờ ngày 15/5/2021				Thời gian nghiên cứu: từ 6 giờ ngày 19/10 đến 6 giờ ngày 20/10/2021			
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)		T-P (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,027	0,026	0,165	0,205	0,028	0,033	0,441	0,481
Giá trị LN	0,044	0,049	0,275	0,345	0,044	0,054	0,481	0,612
Giá trị TB	0,036	0,039	0,224	0,272	0,035	0,043	0,459	0,533
Hiệu của giá trị LN và NN	0,017	0,023	0,110	0,140	0,016	0,021	0,040	0,131

### + *Biến động theo tháng*

Nghiên cứu dinh dưỡng P trong nước theo tháng tại khu vực nuôi cá lồng biển Long Sơn - Vũng Tàu ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vượt GHCP 0,1 mg/l và cao trong các tháng 6,9,10,11/2020. Khi hàm lượng dinh dưỡng trong nước cao phản ánh môi trường nước trong tình trạng ô nhiễm (Hình 3.63).



**Hình 3.63.** Hàm lượng dinh dưỡng P trong nước theo tháng tại điểm nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu (điểm LS2), năm 2020

### + *Biến động theo mùa*

Biến động hàm lượng P theo mùa trong các năm nghiên cứu, ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> với tỷ lệ 4/5 lần có hàm lượng trung bình vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô, chênh lệch là 0,003mg/l; tương tự với thông số T-P cũng ghi nhận tỷ lệ 4/5 lần có hàm lượng trung bình vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô, chênh lệch là 0,009mg/l. Kết quả nghiên cứu ghi nhận hàm lượng P trong nước vào mùa mưa cao hơn mùa khô thể hiện ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm từ lục địa đến môi trường khu vực nuôi.

**Bảng 3.31.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo mùa tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=16			T-P (mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,018	0,140	0,082	0,035	0,200	0,110
2019	0,018	0,033	0,024	0,037	0,065	0,052
2020	0,017	0,053	0,035	0,045	0,114	0,086
2021	0,022	0,047	0,034	0,038	0,065	0,049
2022	0,021	0,042	0,034	0,036	0,088	0,054
<b>Trung</b>			<b>0,062</b>			<b>0,092</b>

Mùa mưa	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,043	0,163	0,067	0,058	0,200	0,102
2019	0,058	0,084	0,070	0,105	0,153	0,130
2020	0,060	0,560	0,204	0,090	0,886	0,256
2021	0,028	0,052	0,041	0,037	0,116	0,070
2022	0,008	0,048	0,041	0,020	0,076	0,057
<b>Trung</b>			<b>0,065</b>			<b>0,101</b>

**+ Biến động theo năm**

Biến động hàm lượng P theo thời gian không thể hiện xu thế, trong năm 2021 - 2022 ghi nhận hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P thấp hơn so với thời gian 2018 - 2020. Chênh lệch hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trung bình giữa các năm nghiên cứu là 0,082mg/l; chênh lệch hàm lượng T-P trung bình giữa các năm nghiên cứu đạt 0,176mg/l.

**Bảng 3.32.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo năm tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=16			T-P(mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
2018	0,018	0,163	0,075	0,035	0,200	0,106
2019	0,018	0,084	0,047	0,037	0,153	0,091
2020	0,017	0,560	0,119	0,045	0,886	0,171
2021	0,022	0,052	0,037	0,037	0,116	0,060
2022	0,008	0,048	0,038	0,020	0,088	0,055
<b>Trung bình</b>			<b>0,063</b>			<b>0,096</b>

**- Theo không gian (nước lớn nước ròng )**

**+ Theo nước lớn nước ròng**

Theo chu kỳ triều, biến động dinh dưỡng P thể hiện rõ xu thế trong nước lúc nước ròng cao hơn lúc nước lớn. Theo thời gian nghiên cứu lúc nước ròng, hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước khu vực nuôi dao động từ 0,017 - 0,560mg, trung bình 0,065mg/l; lúc nước lớn hàm lượng thấp hơn và dao động trong khoảng 0,008 - 0,310mg/l, trung bình 0,062mg/l. Đối với thông số T-P, hàm lượng trong lúc nước ròng từ 0.035 - 0,886mg/l. trung bình 0,101mg/l cao hơn trung bình lúc nước lớn 0,092, khoảng dao động từ 0,020 - 0,348mg/l. Đối với khu vực nước biển ven bờ và khu vực có hoạt

động nuôi cá lồng biển nên chất lượng môi trường chịu ảnh hưởng của hai nguồn chất thải từ lục địa và từ chất thải từ chính hoạt động nuôi.

**Bảng 3.33.** Biến động hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước theo chu kỳ triều (theo năm) tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) n=16			T-P (mg/l) n=16		
	NN	LN	TB	NN	LN	TB
Nước lớn						
2018	0,049	0,090	0,066	0,068	0,200	0,096
2019	0,020	0,084	0,048	0,043	0,142	0,087
2020	0,018	0,310	0,119	0,045	0,348	0,161
2021	0,027	0,052	0,039	0,038	0,116	0,062
2022	0,008	0,048	0,038	0,020	0,076	0,054
<b>Trung bình</b>			<b>0,062</b>			<b>0,092</b>
Nước ròng						
2018	0,018	0,163	0,083	0,035	0,200	0,116
2019	0,018	0,082	0,047	0,037	0,153	0,095
2020	0,017	0,560	0,120	0,062	0,886	0,180
2021	0,022	0,051	0,036	0,037	0,103	0,057
2022	0,021	0,047	0,038	0,036	0,088	0,057
<b>Trung bình</b>			<b>0,065</b>			<b>0,101</b>

### 3.3.2.3. Khối lượng dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Khối lượng dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu khá lớn và được thể hiện trong Bảng 3.34.

Đối với dinh dưỡng N: Ước tính khối lượng trung bình N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> đạt 355,0kg; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> đạt 1.809,2kg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đạt 4.030,7kg; T-N đạt 15.492,9kg. So với khối lượng tính trong nước biển khơi và khối lượng tính theo TCVN: Khối lượng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> nghiên cứu trong nước khu vực nuôi Long Sơn cao hơn tương ứng là 123,7 - 616,0kg và 64,1 - 556,5kg; khối lượng N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cao hơn từ 425,9 - 5.292,5kg và nhỏ hơn đến 2.552,9kg; khối lượng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cao hơn từ 648,1 - 8.583,5kg và 171,6 - 8.107,0kg; khối lượng T-N cao hơn từ 4.511,0 - 20.129,8kg và khối lượng theo TCVN không có giá trị.

Đối với dinh dưỡng P: Khối lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ước tính đạt 721,4kg; khối lượng T-P đạt 1.099,3kg cao hơn khối lượng tính trong nước biển khơi và khối lượng tính theo TCVN đối với P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> từ 273,6 - 2.334,8kg và ghi nhận giá trị nhỏ hơn và cao

hơn từ 171,5 - 1.144,8kg; đối với T-P từ 144,2 - 2.514,2kg và khối lượng theo TCVN không có giá trị.

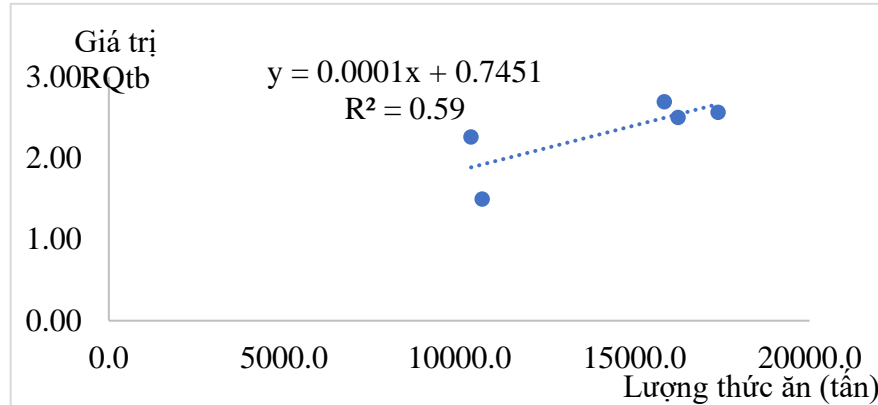
**Bảng 3.34.** Khối lượng dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu so với nước biển khơi và Tiêu chuẩn Việt Nam

Thông số (1)	Khối lượng nghiên cứu		Theo khối lượng trong nước biển khơi (4)	Chênh lệch (3) so với (4)	Khối lượng theo TCVN (5)	Chênh lệch (3) so với (5)
	Khoảng dao động (2)	Trung bình (3)				
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (kg)	183,2 - 675,6	355,0	59,6	123,7 - 616,0	119,1	64,1 - 556,5
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kg)	664,1 - 5.530,7	1.809,2	238,2	425,9 - 5.292,5	2.977,8	Nhỏ hơn và 2.552,9
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg)	767,2 - 8.702,6	4.030,7	119,1	648,1 - 8.583,5	595,6	171,6 - 8.107,0
T-N (kg)	7.488,8-23,107,7	15.492,9	2.977,8	4.511,0 - 20.129,8	-	-
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (kg)	274,8 - 2.336,0	721,4	1,2	273,6 - 2.334,8	1.191,1	Nhỏ hơn và 171,5 - 1.144,8
T-P (kg)	561,1 - 2931,4	1.099,3	416,9	144,2 - 2.514,5	-	-

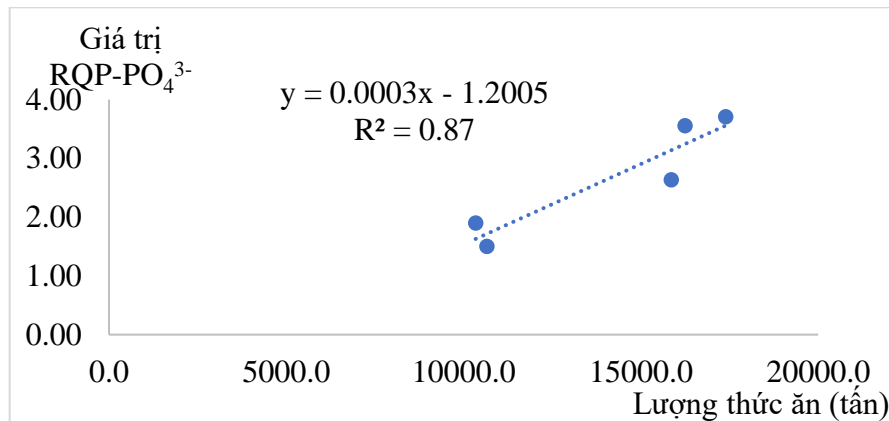
*3.3.2.4. Đánh giá biến động tương quan giữa số lượng thức ăn với biến động hệ số rủi ro môi trường dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu*

Lượng thức ăn dư thừa, mật độ ô lồng nuôi dày đặc là nguyên nhân chính gây ÔNMT nước khu vực nuôi. Nghiên cứu tương quan giữa lượng thức ăn là cá tạp với giá trị chỉ số rủi ro môi trường cho giá trị  $R^2 = 0,59$  thể hiện mối tương quan thuận không cao (Hình 3.64). Xét tương quan lượng thức ăn với thông số dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển ghi nhận tương quan thuận với giá trị RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> có hệ số xác định khá cao  $R^2 = 0,87$  (Hình 3.65); tương quan thuận với giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> có hệ số  $R^2 = 0,59$  (Hình 3.66). Với kết quả nghiên cứu này phản ánh vị trí khu vực nuôi cửa sông, chế độ triều bán nhật triều trong ngày đã khuếch tán, vận

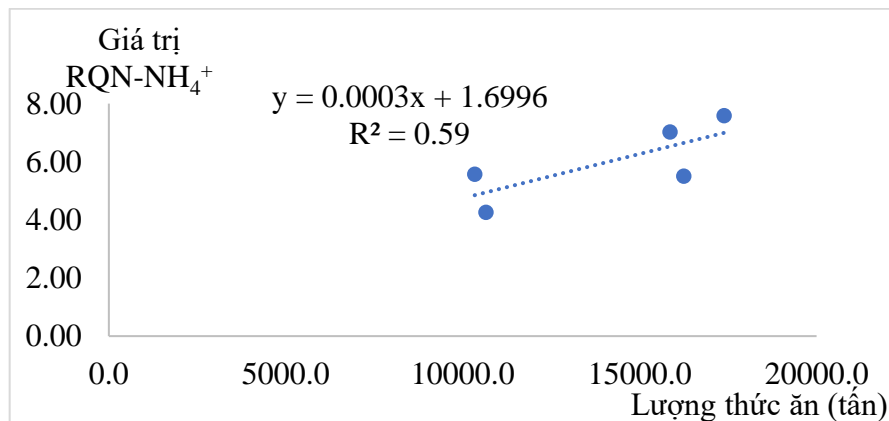
chuyển chất ô nhiễm pha loãng ra diện rộng góp phần làm giảm ô nhiễm khu vực cửa sông, ven biển; ngoài ra tương quan thuận giá trị  $R^2$  cao giữa lượng thức ăn với giá trị RQP- $\text{PO}_4^{3-}$  cho thấy nguồn chất thải từ nguồn lục địa (lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$  lớn) góp phần tác động đến CLMT nước nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu.



**Hình 3.64.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường nước RQtb tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu



**Hình 3.65.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường RQP- $\text{PO}_4^{3-}$  tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu



**Hình 3.66.** Tương quan giữa lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường RQN- $\text{NH}_4^+$  tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

### 3.4. Quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

Nghiên cứu tỷ lệ N: P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ gồm tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (tỷ lệ A), tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (tỷ lệ B), tỷ lệ T-N: T-P (tỷ lệ C). Kết quả nghiên cứu tỷ lệ N: P trong môi trường nước tại 03 khu vực nuôi đại diện cho kết quả mang tính đặc thù của từng khu vực nuôi về vị trí điểm nuôi, điều kiện tự nhiên và đặc điểm hoạt động nuôi.

#### 3.4.1. Tỷ lệ N: P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

##### a. Theo ngày đêm

Giá trị tỷ lệ A, tỷ lệ B, tỷ lệ C của nước theo thời gian ngày đêm tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng được trình bày trong Bảng 1, Bảng 2 (Phụ lục 1):

- Tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (tỷ lệ A):

Trong ngày đêm vào mùa khô (16-17/5/2021): Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (giá trị N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> từ 11,0 đến 21,6, trung bình 15,3; giá trị của N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> từ 2,0 đến 2,4, trung bình 2,2; giá trị của N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> là 1) cao hơn tầng đáy (tỷ lệ tương tự là 6,9 - 20,2, trung bình 13,1 và 1,4 - 2,0, trung bình 1,8 và 1). Tỷ lệ A thấp vào lúc nước ròng ban ngày khi quá trình quang hợp tiêu thụ dinh dưỡng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Trong ngày đêm vào mùa mưa (6-7/9/2021). Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (12,5 - 25,3, trung bình 19,1 và 2,4 - 9,6, trung bình 5,3 và 1) cao hơn tầng đáy (13,7 - 25,6, trung bình 18,4 và 2,8 - 9,7, trung bình 5,5 và 1). Tỷ lệ A cao vào ban đêm về sáng khi nước ròng; giảm vào ban trưa và chiều khi nước lớn.

- Tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (tỷ lệ B):

Trong ngày đêm vào mùa khô (16-17/5/2021): Giá trị tỷ lệ B của nước khu vực nuôi Cát Bà - Hải Phòng ở tầng đáy (dao động từ 3,7 đến 18,3, trung bình 8,7) cao hơn tầng mặt (5,0 - 10,4, trung bình 7,3). Nguyên nhân có thể là do quá trình phân hủy chất ô nhiễm phát sinh N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước tầng đáy bị tiêu thụ do quá trình quang hợp thấp hơn tầng mặt. Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ B giảm trong lúc nước ròng vào sáng sớm và buổi trưa chiều và tăng vào lúc nước lớn thời gian chiều tối và đêm.



Trong ngày đêm vào mùa mưa (6-7/9/2021). Giá trị tỷ lệ B của nước tầng mặt (dao động từ 4,3 đến 10,0, trung bình 7,1) cao hơn tầng đáy không nhiều (4,9 - 9,5, trung bình 6,8) do quá trình quang hợp tiêu thụ  $P-PO_4^{3-}$  mạnh ở tầng mặt. Biến động theo ngày đêm, tỷ lệ B giảm trong lúc nước ròng vào buổi sáng do môi trường nước được cung cấp lượng  $P-PO_4^{3-}$  từ đất liền đưa ra và tăng trong lúc nước lớn vào buổi trưa và chiều do  $P-PO_4^{3-}$  giảm trong quá trình quang hợp.

- Tỷ lệ T-N : T-P (tỷ lệ C):

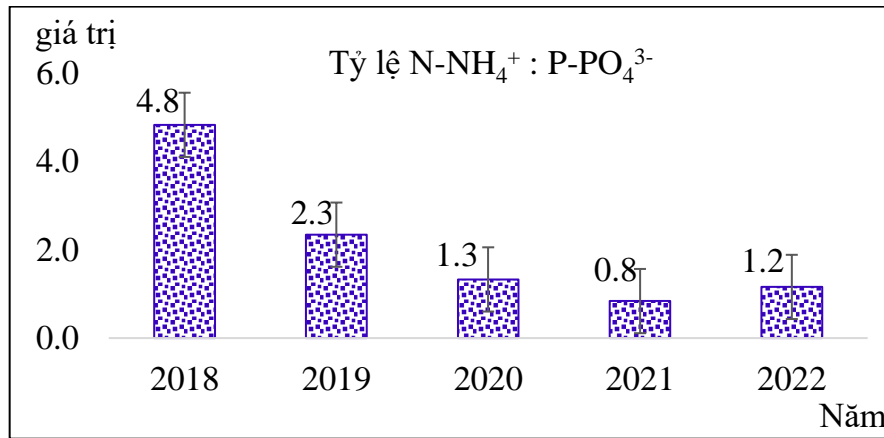
Trong ngày đêm vào mùa khô (16-17/5/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (1,4 - 2,3, trung bình 1,8) thấp hơn tầng đáy (1,4 - 3,0, trung bình 2,0). Biến động theo ngày đêm, tỷ lệ C tăng trong lúc nước lớn vào chiều tối và đêm; giảm lúc nước ròng vào sáng và trưa chiều cùng ngày.

Trong ngày đêm vào mùa mưa (6-7/9/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (2,5 - 3,7, trung bình 3,1) thấp hơn tầng đáy (2,5 - 3,9, trung bình 3,2). Biến động theo ngày đêm; tỷ lệ C giảm trong lúc nước lớn vào thời gian chiều tối và đêm; tỷ lệ C tăng trong lúc nước ròng vào sáng sớm đến trưa.

### ***b. Theo thời gian mùa và năm***

Tỷ lệ A trong nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà biến động mạnh trong các năm nghiên cứu, cụ thể tỷ lệ của  $N-NH_4^+$  (2,5 - 23,1) :  $N-NO_3^-$  (1,1 - 30,2) :  $N-NO_2^-$  (1); trong đó trung bình mùa khô với tỷ lệ tương ứng 9,7 : 6,3 : 1 và tỷ lệ trung bình mùa mưa là 13,1 : 4,1 : 1; trung bình các năm nghiên cứu với tỷ lệ 11,4 : 5,1 : 1. Kết quả nghiên cứu này so với tỷ lệ A trong nước biển khơi [3] là 20 : 40 : 1 có khác biệt lớn, trong đó tỷ lệ có hướng thiên về hàm lượng  $N-NH_4^+$  cao trong nước.

Tỷ lệ B trong nước khu vực nuôi Cát Bà có biến động mạnh và thể hiện rõ xu thế dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng từ  $N-NH_4^+$  sang  $P-PO_4^{3-}$  trong thời gian 2018 - 2022, cụ thể; năm 2018, tỷ lệ B là 4,8, sau đó giảm trong các năm nghiên cứu và năm 2022 tỷ lệ B đạt 1,2; tỷ lệ B trong nghiên cứu này thấp hơn nhiều so với tỷ lệ B trong nước biển khơi (100:1) do nguyên nhân hàm lượng  $P-PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi cao hơn nhiều so với  $P-PO_4^{3-}$  trong nước biển khơi. Kết quả này có liên quan đến mật độ, số lượng ô lồng nuôi tại Cát Bà giảm theo quy hoạch của thành phố Hải Phòng. Khi số lượng ô lồng giảm, lượng thức ăn giảm, giảm ô nhiễm, giảm hàm lượng  $N-NH_4^+$  trong nước, tỷ lệ  $N-NH_4^+ : P-PO_4^{3-}$  giảm.



**Hình 3.67.** Tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng năm 2018 - 2022

Tỷ lệ C trong nước tại khu vực nuôi Cát Bà duy trì ở mức khá cao, giá trị trung bình các năm nghiên cứu dao động trong khoảng 14,6 - 24,2; trung bình mùa khô (20,6) cao hơn mùa mưa (16,2) và trung bình các năm nghiên cứu đạt 18,7. Đánh giá qua chỉ số Redfield [38], kết quả này cho thấy môi trường nước khu vực nuôi Cát Bà bị giới hạn mạnh bởi P trong nước.

### 3.4.2. Tỷ lệ N : P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

#### a. Theo thời gian trong ngày

Giá trị tỷ lệ A, tỷ lệ B, tỷ lệ C của nước theo thời gian nghiên cứu trong ngày tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận được trình bày ở Bảng 3, Bảng 4 - Phụ lục 1:

#### - Tỷ lệ A:

Trong ngày đại diện vào mùa khô (10-11/5/2021): Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (giá trị N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> từ 10,0 - 30,6, trung bình 19,9; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> từ 1,3 - 3,4, trung bình 2,2; giá trị của N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> là 1) thấp hơn tầng đáy (tỷ lệ tương tự là 11,3 - 29,4, trung bình 22,0 và 1,4 - 3,3, trung bình 2,1 và 1). Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ A thấp lúc nước lớn khi khối nước được pha loãng và vào buổi trưa - chiều tối khi quá trình quang hợp tiêu thụ dinh dưỡng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; tỷ lệ A tăng khi nước ròng vào ban đêm và lúc nước lớn sáng sớm hôm sau.

Trong ngày đại diện vào mùa mưa (14-15/10/2021): Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (2,4 - 5,6, trung bình 3,9 và 2,9 - 5,9, trung bình 4,4 và 1) thấp hơn tầng đáy (2,8 - 7,3, trung bình 5,0 và 3,8 - 5,0, trung bình 5,0 và 1). Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ A giảm khi nước ròng vào buổi trưa và chiều; tỷ lệ A tăng khi nước lớn vào đêm hôm trước và sáng sớm hôm sau.

- Tỷ lệ B:

Trong ngày đại diện vào mùa khô (10-11/5/2021): Giá trị tỷ lệ B của nước khu vực nuôi ở tầng đáy (dao động từ 3,6 - 19,4, trung bình 9,4) cao hơn tầng mặt (4,4 - 16,8, trung bình 8,4); nguyên nhân do quá trình phân hủy chất ô nhiễm làm gia tăng  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  trong nước. Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ B giảm trong lúc nước ròng vào đêm hôm trước và sáng sớm hôm sau; tỷ lệ B tăng vào lúc nước lớn vào buổi trưa và chiều do quá trình quang hợp tiêu thụ mạnh  $\text{P-PO}_4^{3-}$  trong nước.

Trong ngày đại diện vào mùa mưa (14-15/10/2021): Giá trị tỷ lệ B của nước tầng mặt (dao động từ 0,7 - 5,4, trung bình 1,7) cao hơn tầng đáy (0,8 - 1,3, trung bình 1,0) do quá trình quang hợp tiêu thụ  $\text{P-PO}_4^{3-}$  mạnh ở tầng mặt. Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ B giảm trong lúc nước ròng vào buổi trưa và chiều tối quá trình quang hợp tiêu thụ dinh dưỡng  $\text{P-PO}_4^{3-}$  và  $\text{N-NH}_4^+$ ; tỷ lệ B tăng trong lúc nước lớn vào đêm hôm trước, sáng hôm sau do quá trình phân hủy chất ô nhiễm làm tăng  $\text{N-NH}_4^+$  trong nước.

- Tỷ lệ C:

Trong ngày đại diện vào mùa khô (10-11/5/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (7,7 - 12,9, trung bình 9,6) thấp hơn tầng đáy (7,2 - 18,8, trung bình 11,4). Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ C tăng trong lúc nước lớn vào buổi trưa và chiều tối; tỷ lệ C giảm lúc nước ròng vào ban đêm cùng ngày.

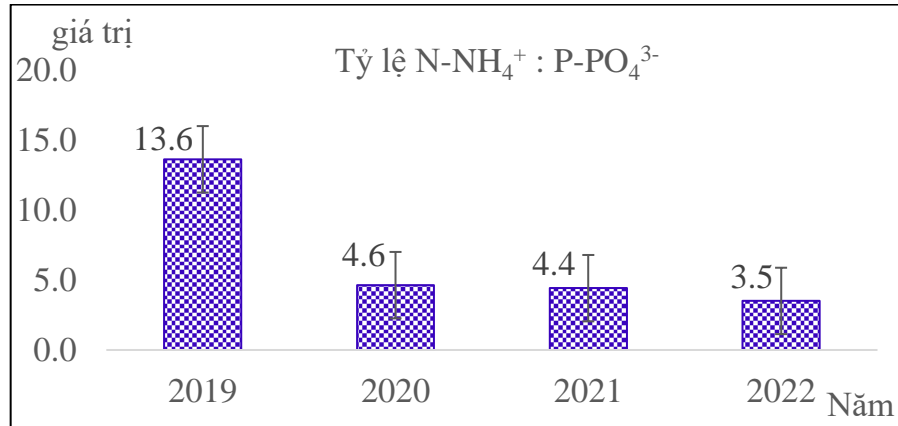
Trong ngày đại diện vào mùa mưa (14-15/10/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (2,9 - 15,3, trung bình 6,0) cao hơn tầng đáy (3,2 - 6,2, trung bình 4,4). Biến động theo thời gian trong ngày; tỷ lệ C giảm trong lúc nước ròng vào thời gian trưa và chiều; tỷ lệ C tăng trong lúc nước lớn vào ban đêm cùng ngày.

**b. Theo thời gian mùa và năm**

Tỷ lệ A của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận biến động mạnh với  $\text{N-NH}_4^+$  (2,7 - 26,5) :  $\text{N-NO}_3^-$  (2,4 - 6,6) :  $\text{N-NO}_2^-$  (1); tỷ lệ trung bình mùa khô 17,0 : 3,2 : 1, trung bình mùa mưa 11,3 : 4,4 : 1 và tỷ lệ trung bình các năm nghiên cứu 13,7 : 3,9 : 1. Tỷ lệ A trong nước khu vực nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận thấp hơn và khác biệt lớn so với tỷ lệ A của nước biển khơi là 20 : 40 : 1. Các dấu hiệu ô nhiễm dinh dưỡng N hướng về thông số  $\text{N-NH}_4^+$  do quá trình phân hủy chất ô nhiễm làm gia tăng hàm lượng  $\text{N-NH}_4^+$  trong nước.

Tỷ lệ B của nước khu vực nuôi Vĩnh Tân biến động mạnh và thể hiện xu thế dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng từ  $\text{N-NH}_4^+$  sang  $\text{P-PO}_4^{3-}$  trong thời gian 2019 - 2022, cụ thể; năm 2019, tỷ lệ B là 13,6, các năm sau giảm và năm 2022 tỷ lệ này đạt

3,5; tỷ lệ này thấp hơn nhiều so với tỷ lệ B trong nước biển khơi (100:1), nguyên nhân hàm lượng P- $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước khu vực nuôi cao hơn nhiều so với P- $\text{PO}_4^{3-}$  trong nước biển khơi. Đối với khu vực nuôi Vĩnh Tân, giai đoạn 2020 - 2022 do cá nuôi không bán được, giá thấp nên hoạt động nuôi không được quan tâm dẫn đến tải lượng dinh dưỡng N, P trong nước giảm, xu thế dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng N- $\text{NH}_4^+$  sang P- $\text{PO}_4^{3-}$  và tỷ lệ B giảm.



**Hình 3.68.** Tỷ lệ N- $\text{NH}_4^+$  : P- $\text{PO}_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận năm 2019 - 2022

Tỷ lệ C của nước khu vực nuôi Vĩnh Tân có giá trị thấp, trung bình các năm dao động trong khoảng 3,7 - 12,2; trung bình mùa khô (7,2) cao hơn mùa mưa (6,2); trung bình các năm nghiên cứu là 7,2. Theo phân mức chỉ số Redfield [39], kết quả này phản ánh môi trường nước khu vực nuôi Vĩnh Tân bị giới hạn P trong nước.

### 3.4.3. Tỷ lệ N : P trong của nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

#### a. Theo thời gian trong ngày

Giá trị tỷ lệ A, tỷ lệ B, tỷ lệ C của nước theo thời gian nghiên cứu trong ngày tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu được trình bày trong Bảng 5, Bảng 6 - Phụ lục 1:

- Tỷ lệ A:

Trong ngày đại diện vào mùa khô (14-15/5/2021): Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (giá trị N- $\text{NH}_4^+$  từ 3,8 - 11,9, trung bình 8,0; N- $\text{NO}_3^-$  từ 11,5 - 16,1, trung bình 14,1; giá trị của N- $\text{NO}_2^-$  là 1) và tầng đáy (tỷ lệ tương tự là 7,4 - 12,0, trung bình 9,7 và 9,4 - 14,6, trung bình 11,9 và 1). Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ A thấp lúc nước lớn vào buổi trưa - chiều tối khi quá trình quang hợp tiêu thụ dinh

đưỡng  $N-NH_4^+$ ; tỷ lệ A tăng lúc nước ròng vào đêm hôm trước và lúc nước lớn sáng sớm hôm sau khi lượng dinh dưỡng N được bổ sung do quá trình phân hủy chất ô nhiễm có trong nước.

Trong ngày đại diện vào mùa mưa (19-20/10/2021): Giá trị tỷ lệ A của nước tầng mặt (5,2 - 14,2, trung bình 8,2 và 4,4 - 5,6, trung bình 5,2 và 1) thấp hơn tầng đáy (9,9 - 12,8, trung bình 11,8 và 8,1 - 10,9, trung bình 9,7 và 1) do quá trình quang hợp tiêu thụ dinh dưỡng N tầng mặt. Biến động thời gian trong ngày rõ theo chế độ bán nhật triều; tỷ lệ A giảm khi nước lớn vào buổi trưa và lúc nước ròng vào chiều - đêm hôm trước; tỷ lệ A tăng khi nước lớn vào đêm hôm trước và giảm khi nước ròng sáng sớm hôm sau.

- *Tỷ lệ B:*

Trong ngày đại diện vào mùa khô (14-15/5/2021): Giá trị tỷ lệ B của nước khu vực nuôi ở tầng đáy (dao động từ 6,6 - 12,0, trung bình 9,5) cao hơn tầng mặt (3,0 - 10,5, trung bình 6,2); nguyên nhân do quá trình phân hủy chất ô nhiễm làm gia tăng  $N-NH_4^+$ ,  $P-PO_4^{3-}$  trong nước ở tầng đáy. Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ B tăng trong lúc nước ròng vào đêm hôm trước và sáng sớm hôm sau; tỷ lệ B giảm trong lúc nước lớn vào sáng, chiều tối do khối nước bị pha loãng bởi nước từ ngoài biển và quá trình quang hợp tiêu thụ mạnh  $P-PO_4^{3-}$  trong nước.

Trong ngày đại diện vào mùa mưa (19-20/10/2021): Giá trị tỷ lệ B của nước tầng mặt (dao động từ 0,7 - 5,4, trung bình 1,7) cao hơn tầng đáy (0,8 - 1,3 và 1,0) do quá trình quang hợp tiêu thụ  $P-PO_4^{3-}$  mạnh ở tầng mặt. Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ B giảm trong lúc nước lớn vào buổi trưa - chiều và lúc nước ròng vào chiều tối do quá trình quang hợp tiêu thụ dinh dưỡng  $P-PO_4^{3-}$  và  $N-NH_4^+$ ; tỷ lệ B tăng trong lúc nước lớn vào đêm hôm trước, sáng sớm hôm sau và lúc nước ròng sáng hôm sau do quá trình phân hủy chất ô nhiễm làm tăng  $N-NH_4^+$  trong nước.

- *Tỷ lệ C:*

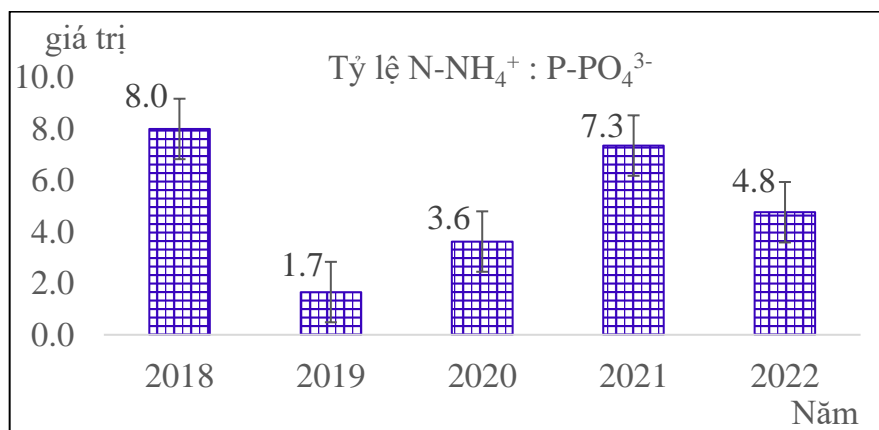
Trong ngày đại diện vào mùa khô (14-15/5/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (3,8 - 8,1, trung bình 5,9) thấp hơn tầng đáy (5,1 - 7,7, trung bình 6,5). Biến động theo thời gian trong ngày, tỷ lệ C giảm trong lúc nước lớn vào buổi trưa và chiều tối; tỷ lệ C tăng lúc nước ròng vào ban đêm cùng ngày và lúc nước lớn sáng hôm sau.

Trong ngày đại diện vào mùa mưa (19-20/10/2021): Giá trị tỷ lệ C của nước ở tầng mặt (1,1 - 2,6, trung bình 1,7) thấp hơn tầng đáy (2,3 - 4,3, trung bình 3,0). Biến động theo thời gian trong ngày; tỷ lệ C giảm trong lúc nước lớn vào thời gian trưa và lúc nước ròng vào chiều tối; tỷ lệ C tăng trong lúc nước lớn vào đêm hôm trước - sáng sớm hôm sau và lúc nước ròng vào sáng hôm sau.

**b. Theo thời gian mùa và năm**

Tỷ lệ A trong nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Long Sơn - Vũng Tàu biến động mạnh với giá trị  $N-NH_4^+$  (3,8 - 47,0) :  $N-NO_3^-$  (2,1 - 16,3) :  $N-NO_2^-$  (1); tỷ lệ trung bình mùa khô 16,3 : 4,1 : 1, trung bình mùa mưa 16,2 : 4,8 : 1 và tỷ lệ trung bình các năm nghiên cứu 17,1 : 4,8 : 1. Tỷ lệ A của nước khu vực nuôi cá lồng biển Long Sơn - Vũng Tàu thấp và khác biệt so với tỷ lệ trong nước biển khơi là 20 : 40 : 1. Các dấu hiệu ô nhiễm dinh dưỡng N hướng về thông số  $N-NH_4^+$ , đây là một trong những dấu hiệu môi trường nước trong tình trạng ô nhiễm.

Tỷ lệ B trong nước khu vực nuôi Long Sơn biến động mạnh và trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng  $N-NH_4^+$  và  $P-PO_4^{3-}$  đan xen trong các năm nghiên cứu. Tỷ lệ B trong nước thay đổi từ năm 2018 là 8,0 và các năm sau đó 2019, 2020, 2021, 2022 đạt tương ứng là 1,7; 3,6; 7,3 và 4,8; tỷ lệ này thấp hơn nhiều so với tỷ lệ  $N-NH_4^+$  :  $P-PO_4^{3-}$  trong nước biển khơi (100:1). Sự thay đổi này khác biệt so với khu vực nuôi Cát Bà và Vĩnh Tân. Trong năm 2019, sự cố môi trường gây chết hàng loạt cá nuôi, thiệt hại lớn cho các hộ nuôi, nhiều hộ phơi lồng không dám đầu tư nuôi tiếp [92]; khi hoạt động nuôi giảm thì CLMT được cải thiện, tỷ lệ B của nước giảm.



**Hình 3.69.** Tỷ lệ  $N-NH_4^+$  :  $P-PO_4^{3-}$  của nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu năm 2018 - 2022

Tỷ lệ C (T-N : T-P) của nước khu vực nuôi Long Sơn duy trì ở mức cao, giá trị trung bình các năm nghiên cứu dao động từ 7,1 - 40,9; trung bình vào mùa khô (20,9) cao hơn mùa mưa (17,1); trung bình các năm đạt 19,0. Theo phân mức chỉ số Redfiled [39], môi trường nước khu vực nuôi Long Sơn bị giới hạn lớn P trong nước.

Như vậy, từ kết quả nghiên cứu tỷ lệ N : P của nước khu vực nuôi cá lồng biển cho thấy: Môi trường nước tại 3 khu vực nuôi trong tình trạng giới hạn P do tỷ lệ C cao. Tỷ lệ A của nước xu hướng tăng đối với thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Tỷ lệ B trong nước biến động mạnh những năm gần đây và dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng trong nước từ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sang P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại khu vực nuôi Cát Bà - Hải Phòng và Vĩnh Tân - Bình Thuận; riêng khu vực nuôi Long Sơn - Vũng Tàu, trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> đan xen trong các năm nghiên cứu. Các biến đổi trạng thái dinh dưỡng trong môi trường nước phụ thuộc vào chính hoạt động nuôi, điều kiện tự nhiên khu vực nuôi.

**Bảng 3.35.** Biến động tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu

Khu vực Thời gian		Cát Bà - Hải Phòng			Vĩnh Tân - Bình Thuận			Long Sơn - Vũng Tàu		
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
2018	khô	2,5	3,6	1	-	-	-	25,9	4,8	1
	mưa	21,7	2,3	1	-	-	-	47,0	5,4	1
	<b>TB</b>	<b>13,3</b>	<b>2,9</b>	<b>1</b>	-	-	-	<b>32,6</b>	<b>5,0</b>	<b>1</b>
2019	khô	15,3	2,1	1	17,8	2,7	1	16,6	2,8	1
	mưa	7,9	1,4	1	23,4	2,4	1	19,9	4,0	1
	<b>TB</b>	<b>10,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1</b>	<b>22,7</b>	<b>2,7</b>	<b>1</b>	<b>19,3</b>	<b>3,6</b>	<b>1</b>
2020	khô	7,5	3,1	1	26,5	4,5	1	6,7	2,1	1
	mưa	8,0	5,0	1	19,3	4,3	1	10,0	2,2	1
	<b>TB</b>	<b>7,7</b>	<b>3,8</b>	<b>1</b>	<b>22,2</b>	<b>4,4</b>	<b>1</b>	<b>8,0</b>	<b>2,1</b>	<b>1</b>
2021	khô	22,1	30,2	1	19,7	2,9	1	18,7	16,3	1
	mưa	10,4	8,3	1	6,1	6,6	1	13,9	6,6	1
	<b>TB</b>	<b>14,9</b>	<b>16,5</b>	<b>1</b>	<b>12,1</b>	<b>4,9</b>	<b>1</b>	<b>16,5</b>	<b>10,6</b>	<b>1</b>
2022	khô	7,0	4,5	1	7,1	3,0	1	11,6	2,8	1
	mưa	23,1	8,3	1	2,7	3,7	1	3,8	3,7	1
	<b>TB</b>	<b>13,9</b>	<b>6,1</b>	<b>1</b>	<b>4,7</b>	<b>3,4</b>	<b>1</b>	<b>8,6</b>	<b>3,3</b>	<b>1</b>
TB mùa khô		9,7	6,3	1	17,0	3,2	1	16,3	4,7	1
TB mùa mưa		13,3	4,1	1	11,3	4,4	1	16,2	4,8	1
<b>TB các năm</b>		<b>11,4</b>	<b>5,1</b>	<b>1</b>	<b>13,7</b>	<b>3,9</b>	<b>1</b>	<b>17,1</b>	<b>4,8</b>	<b>1</b>
Tỷ lệ trong nc biển khơi		20	40	1	20	40	1	20	40	1

**Bảng 3.36.** Biến động tỷ lệ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	Khu vực	Cát Bà - Hải Phòng		Vĩnh Tân - Bình Thuận		Long Sơn - Vũng Tàu	
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
2018	khô	5,9	1	-	-	9,9	1
	mưa	3,6	1	-	-	6,5	1
	<b>TB</b>	<b>4,8</b>	<b>1</b>	-	-	<b>8,0</b>	<b>1</b>
2019	khô	3,6	1	10,7	1	7,5	1
	mưa	1,9	1	5,5	1	1,0	1
	<b>TB</b>	<b>2,3</b>	<b>1</b>	<b>13,6</b>	<b>1</b>	<b>1,7</b>	<b>1</b>
2020	khô	5,0	1	8,2	1	3,5	1
	mưa	0,7	1	3,5	1	3,7	1
	<b>TB</b>	<b>1,3</b>	<b>1</b>	<b>4,6</b>	<b>1</b>	<b>3,6</b>	<b>1</b>
2021	khô	0,8	1	7,3	1	6,2	1
	mưa	0,9	1	1,3	1	8,1	1
	<b>TB</b>	<b>0,8</b>	<b>1</b>	<b>4,4</b>	<b>1</b>	<b>7,3</b>	<b>1</b>
2022	khô	0,8	1	5,7	1	6,6	1
	mưa	1,4	1	0,9	1	2,2	1
	<b>TB</b>	<b>1,2</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>1</b>	<b>4,8</b>	<b>1</b>
TB mùa khô		3.2	1	7,8	1	7,2	1
TB mùa mưa		1.7	1	2,6	1	2,8	1
<b>TB các năm</b>		<b>2.1</b>	<b>1</b>	<b>5,6</b>	<b>1</b>	<b>4,1</b>	<b>1</b>
Tỷ lệ trong nước biển khơi		100	1	100	1	100	1

**Bảng 3.37.** Biến động tỷ lệ T-N : T-P của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu

Thời gian	Khu vực	Cát Bà - Hải Phòng	Vĩnh Tân - Bình Thuận	Long Sơn - Vũng Tàu
2018	Tháng 5	26,2	-	7,1
	Tháng 10	23,3	-	22,0
2019	Tháng 5	20,2	8,5	25,3
	Tháng 10	14,6	12,2	11,4
2020	Tháng 5	14,8	7,8	16,6
	Tháng 10	14,6	5,2	16,8
2021	Tháng 5	22,4	7,4	40,9
	Tháng 10	24,1	4,7	20,1
2022	Tháng 5	19,4	5,7	14,8
	Tháng 10	14,7	3,7	25,4
<i>TB mùa khô</i>		20,6	7,2	20,9
<i>TB mùa mưa</i>		16,2	6,2	17,1
TB các năm		18,7	7,2	19,0



Trong môi trường nước khu vực nuôi, lượng dinh dưỡng N nhiều hơn dinh dưỡng P nên tỷ lệ T-N : T-P của nước cao. Khi hàm lượng dinh dưỡng N và P trong nước cao dẫn đến giá trị RQtb cao đồng thời phản ánh mức độ ô nhiễm của vùng nước khu vực nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tỷ lệ T-N : T-P trong nước cao thì ghi nhận giá trị RQtb của nước cao.

**Bảng 3.38.** Tổng hợp giá trị T-N : T-P và giá trị RQtb của nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu

Khu vực	Cát Bà - Hải Phòng (Đại diện khu vực vịnh)		Vĩnh Tân - Bình Thuận (Đại diện khu vực biển hở)		Long Sơn - Vũng Tàu (Đại diện khu vực cửa sông)	
	T-N : T-P	Chỉ số RQtb	T-N : T-P	Chỉ số RQtb	T-N : T-P	Chỉ số RQtb
Nhỏ nhất	2,05	0,58	1,56	0,42	1,21	0,77
Lớn nhất	86,96	8,26	19,18	3,79	65,78	6,51
Tr. bình	18,65	1,87	7,23	0,99	19,03	2,33

#### 3.4.4. Tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N và P của nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

##### a. Tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Tổng hợp, phân tích chuỗi số liệu dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng từ năm 2005 - 2021, bước đầu nhận thấy, các thông số dinh dưỡng N và P có mối quan hệ theo từng cặp tùy mức quan hệ chặt hay không chặt.

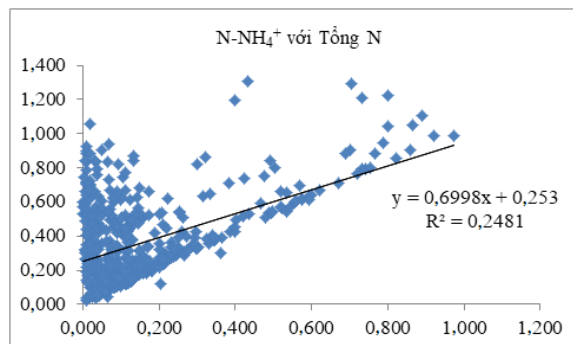
Tương quan giữa  $N-NO_2^-$  với T-N;  $N-NO_3^-$  với T-N;  $N-NH_4^+$  với T-N; T-N với T-P và  $P-PO_4^{3-}$  với T-P là tương quan đồng biến dương (Bảng 3.39, Hình 3.70, Hình 3.71). Trong đó, tương quan giữa thông số  $N-NH_4^+$  với T-N có hệ số tương quan  $r = 0,50$ . Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Tạ Ngọc Thuận (2017) [35] đối với chất lượng nước tại hồ Okubo - Nhật Bản, tương quan giữa thông số  $N-NH_4^+$  và T-N có hệ số  $r = 0,41$ . Trong nghiên cứu này, ghi nhận mối tương quan giữa thông số  $N-NO_2^-$  với  $N-NO_3^-$ , hệ số tương quan  $r = 0,45$ .

Hệ số tương quan các cặp thông số dinh dưỡng có giá trị thấp và đồng biến, chứng tỏ khu vực nuôi cá lồng biển có quá trình tự làm sạch môi trường các chất hữu

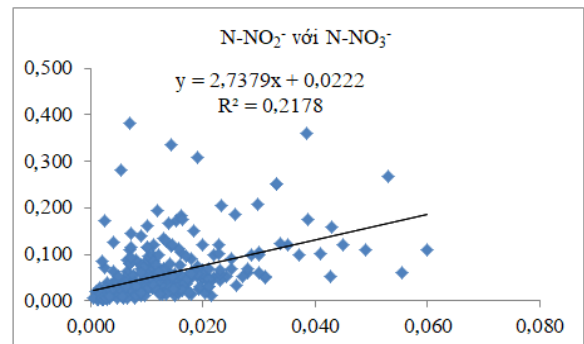
đinh dưỡng N và P cao do quá trình quang hợp và sự chuyển hóa mạnh các chất dinh dưỡng theo chu trình chuyển hóa của N về dạng  $\text{N-NO}_3^-$ . Tương quan T-N và T-P có giá trị đồng biến thấp chứng tỏ nguồn cung cấp P từ phù sa do các vùng cửa sông ven bờ chi phối lớn.

**Bảng 3.39.** Bảng ma trận hệ số tương quan ( $r$ ) giữa các thông số  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , T-N, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Thông số	$\text{N-NO}_2^-$ (n=455)	$\text{N-NO}_3^-$ (n=511)	$\text{N-NH}_4^+$ (n=509)	$\text{P-PO}_4^{3-}$ (n=509)	T-N (n=512)	T-P (n=511)
$\text{N-NO}_2^-$	1					
$\text{N-NO}_3^-$	0,45	1				
$\text{N-NH}_4^+$	0,14	0,11	1			
$\text{P-PO}_4^{3-}$	0,17	0,20	0,01	1		
T-N	0,12	0,20	0,50	0,10	1	
T-P	0,07	0,17	0,27	0,26	0,25	1



**Hình 3.70.** Biểu đồ tương quan giữa thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với T-N trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng



**Hình 3.71.** Biểu đồ tương quan giữa thông số  $\text{N-NO}_2^-$  với  $\text{N-NO}_3^-$  trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng

### b. Tại khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Đặc điểm khu vực nuôi Vĩnh Tân - Bình Thuận ở vùng biển hở nên quá trình trao đổi nước thuận lợi hơn các vùng biển khác. Kết quả nghiên cứu tương quan giữa thông số dinh dưỡng N và P thể hiện rõ tương quan dương mạnh với cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với T-N có hệ số  $r = 0,99$ ; cặp thông số  $\text{P-PO}_4^{3-}$  với T-P có hệ số  $r = 0,98$ ; cặp thông số  $\text{N-NO}_2^-$  với  $\text{N-NO}_3^-$  có  $r = 0,82$ . Tương quan nghịch với cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với  $\text{N-NO}_2^-$  có  $r = -0,32$  và cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với  $\text{N-NO}_3^-$  có  $r = -0,033$ .

**Bảng 3.40.** Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa thông số dinh dưỡng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thông số	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (n=96)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (n=96)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (n=96)	Tổng N (n=96)	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (n=96)	T-P (n=96)
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1					
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,82	1				
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,32	-0,33	1			
T-N	-0,18	-0,17	0,99	1		
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,22	0,24	0,19	0,25	1	
T-P	0,21	0,24	0,29	0,34	0,98	1

Mối tương quan này cho thấy khả năng phân hủy chất ô nhiễm trong vùng nước mạnh, giải phóng chất ô nhiễm dưới dạng dinh dưỡng N và P, quá trình phân hủy diễn ra kết hợp với khả năng pha loãng, khuếch tán mạnh chất ô nhiễm hạn chế sự lắng đọng xuống nền đáy khu vực nuôi. Những lý do này làm cho môi trường nước khu vực nuôi Vĩnh Tân còn tốt so với TCVN và đặc điểm tự nhiên nước biển khơi.

### c. Tại khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Đặc điểm khu vực nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn; các yếu tố thủy triều theo chế độ bán nhật triều trong khu vực ảnh hưởng đến sự xáo trộn các chất dinh dưỡng trong nước, đây cũng là đặc điểm chung của khu vực cửa sông. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy mối tương quan yếu giữa các thông số dinh dưỡng trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn: Trong đó hệ số tương quan (r) dương thấp với cặp thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và T-N; thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> với T-N; T-N với T-P; thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> với N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Hệ số tương quan âm (r) thấp với cặp thông số N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> với T-N; thông số N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> với N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; thông số N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> với thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Hệ số tương quan của N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> là tương quan đồng biến có giá trị dương thấp và tương quan giữa N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> với N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> là nghịch biến có giá trị âm thấp. Điều này chứng tỏ khả năng chuyển hóa các dạng tồn tại của dinh dưỡng N trong môi trường nước tại khu vực nuôi nhanh, khả năng tự làm sạch môi trường cao và sức tải môi trường lớn. Tương quan giữa thông số T-N với T-P là đồng biến và có giá trị dương thấp chứng tỏ khu vực bị tác động rất lớn bởi dinh dưỡng từ nguồn nước lục địa đưa ra.

**Bảng 3.41.** Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa thông số dinh dưỡng N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thông số	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (n=238)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (n=270)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (n=271)	T-N (n=210)	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (n=266)	T-P (n=223)
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1					
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,16	1				
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,12	-0,17	1			
T-N	-0,06	-0,26	0,03	1		
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,10	0,07	-0,07	-0,01	1	
T-P	0,21	0,08	0,21	0,19	0,12	1

### 3.5. Đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

#### 3.5.1. Nguyên nhân ô nhiễm môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

✓ **Nguyên nhân do chính hoạt động nuôi phát sinh chất ô nhiễm**

Mật độ ô lồng dày đặc cản trở lưu thông gây lắng đọng, tích tụ chất ô nhiễm. Lượng thức ăn lắng đọng, chất thải bài tiết của cá kết hợp với chất thải sinh hoạt của người, của động vật nuôi thải trực tiếp xuống vùng nước khu nuôi.

Nguồn chất thải từ khu vực dân cư sinh sống liền kề, chất thải từ nhà hàng du lịch trong khu vực nuôi; chất thải từ nguồn lục địa đưa ra gây ÔNMT nước và tích tụ, lắng đọng ở trầm tích đáy vùng nuôi.

Quá trình tích lũy chất ô nhiễm; sự phân huỷ các chất hữu cơ ô nhiễm lắng đọng dưới trầm tích làm cho chất lượng môi trường vùng nuôi bị ảnh hưởng. Quá trình phân huỷ chất hữu cơ sinh ra các chất dinh dưỡng hòa tan trong nước như N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; trong đó N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> là thông số gây độc cho thủy sản nuôi. Hàm lượng muối dinh dưỡng trong nước cao là môi trường thuận lợi cho các vi sinh vật, virus gây bệnh phát triển và gây hại đến đàn cá nuôi; đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho sự cố môi trường (thủy triều đỏ) xuất hiện tại khu vực nuôi.

Ngoài ra, mỗi khu vực nuôi còn chịu ảnh hưởng lớn bởi chất thải từ các nguồn khác nhau, cụ thể như sau:

✓ **Khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng**

- *Thải lượng dinh dưỡng N, P từ hoạt động nuôi cá lồng biển vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng (đã trình bày ở mục 3.1)*

- *Hoạt động nuôi hải sản trên biển* phát sinh lượng chất thải lớn. Theo ước tính, hàng năm hoạt động NTTS của Hải Phòng thải ra môi trường khoảng 80 nghìn m<sup>3</sup> nước thải; riêng khu vực biển Cát Bà tiếp nhận khoảng 7-12% tải lượng chất thải từ hoạt động NTTS đưa vào vùng nước quanh đảo. Đối với hoạt động nuôi cá lồng biển: Phương thức nuôi đơn giản trong lồng lưới nổi, thức ăn là cá tạp tươi sống nên nguy cơ ÔNMT khá cao do thức ăn thừa lắng đọng, tích lũy và phân huỷ dưới đáy mỗi ô lồng nuôi. Hàng ngày, những ô lồng nuôi đã đưa xuống vịnh Bến Bèo một lượng thức ăn do cá ăn không hết, hoặc lọt qua lưới rơi xuống đáy biển, trôi sang khu vực lân cận làm ô nhiễm vùng biển Cát Bà [94, 95]. Ngoài ra, số lao động trên các lồng bè (mỗi bè 2-3 lao động) và vật nuôi (mỗi bè 2-3 vật nuôi trông bè) sinh sống trên lồng bè tạo ra lượng lớn chất thải sinh hoạt đổ trực tiếp xuống biển gây ÔNMT [71].

- *Độ sâu tại một số điểm nuôi không đảm bảo kết hợp với mật độ ô lồng lớn đã làm cản trở dòng chảy*: Trong lúc nước ròng, độ sâu đo tại một số điểm nuôi trong khu vực (4,6 - 5,8m) không đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật nuôi cá lồng biển (> 6,0m). Với kích thước ô lồng 3m x 3m x 3m, khoảng cách từ tràm tích đáy khu vực nuôi với đáy lồng thấp do đó các chất khí trong quá trình phân huỷ chất hữu cơ dưới tràm tích đáy gây ô nhiễm vùng nước và ảnh hưởng lớn tới các loài hải sản nuôi.

- *Hoạt động du lịch, khai thác hải sản và dịch vụ hậu cần thủy sản*: Theo thống kê, trong năm 2023, tổng lượng khách du lịch đến Cát Bà đạt 3.055.000 lượt khách, đạt hơn 100% kế hoạch năm 2023. Hoạt động du lịch tăng trở lại kéo theo các ảnh hưởng do du khách tác động lên môi trường vùng biển Cát Bà. Ngoài ra, Hải Phòng còn có đội tàu khai thác hơn 3.300 tàu khai thác và dịch vụ hậu cần thủy sản hoạt động với tổng công suất gần 123.000CV [72]; riêng khu vực vịnh Cát Bà thường xuyên có khoảng 300 - 400 tàu đánh bắt và neo đậu, mỗi tàu có khoảng 4 - 5 người, chất thải sinh hoạt mỗi người khoảng 0,5 kg/người/ngày. Như vậy chỉ tính riêng chất thải sinh hoạt từ tàu thuyền, hàng ngày vùng biển Cát Bà phải tiếp nhận khoảng 1 tấn chất thải. Ngoài ra các chất thải nguy hại từ phương tiện vận tải biển như dầu mỡ, nhớt, rẻ lau dính dầu... không được thu gom, xử lý góp phần làm tăng mức độ ÔNMT biển và vùng ven bờ.

- *Nguồn gây ô nhiễm từ lục địa*: Theo Trần Lưu Khanh (2005), hàng năm tổng lưu lượng nước từ sông Diên Vọng đổ xuống vịnh Lan Hạ (Cát Bà) và vịnh Hạ Long khoảng  $0,087 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/năm, hàm lượng bùn cát trung bình 47,6 g/m<sup>3</sup>, cực đại 966 g/m<sup>3</sup>, cực tiểu 0,4 g/m<sup>3</sup>, tổng lưu lượng bùn cát  $0,0125 \times 10^6$  tấn/năm. Sông Yên Lập có tổng lưu lượng nước  $0,088 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/năm, tổng lượng bùn cát  $0,00803 \times 10^6$  tấn/năm [96]. Theo Trần Đình Lân (2011) [97] và Trần Đức Thanh (2012) [98] mỗi năm vùng biển

ven bờ vịnh Hạ Long, vịnh Lan Hạ - Cát Bà, vịnh Bái Tử Long tiếp nhận khoảng 43 nghìn tấn COD; 9 nghìn tấn BOD; 5,6 nghìn tấn Nts; gần 2 nghìn tấn Pts; khoảng 135 tấn kim loại nặng và 777,5 nghìn tấn TSS. Ngoài ra, các chất thải (từ sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, chất thải sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản, quá trình phong hoá, xói lở, khai thác khoáng sản...) qua hệ thống các sông (Cửa Lục, Diễn Vọng, Yên Lập...) đổ ra gây ảnh hưởng lớn tới vùng biển Cát Bà và vịnh Hạ Long.

✓ **Khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận**

- *Thải lượng dinh dưỡng N, P từ hoạt động nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận (đã trình bày ở mục 3.1)*

Hoạt động của của Trung tâm điện lực Vĩnh Tân: Theo Sở TN&MT tỉnh Bình Thuận, khu vực Trung tâm Điện lực Vĩnh Tân có 5 nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân (Vĩnh Tân 1, 2, 3, 4 và 4 mở rộng) và 1 cảng tổng hợp Vĩnh Tân đang hoạt động. Trong quá trình hoạt động, bãi thải tro, xỉ của các Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân (dự kiến tổng lượng tro, xỉ phát sinh khoảng 3,3 triệu tấn/năm) sẽ là nguồn gây ÔNMT khu vực xã Vĩnh Tân (Hình 3.72).



**Hình 3.72.** Trung tâm điện lực Vĩnh Tân



**Hình 3.73.** Bến cá xã Vĩnh Tân

Ngoài ra gần khu vực nuôi còn có các nguồn phát sinh chất thải như *bến cá xã Vĩnh Tân*: Hàng ngày có khoảng 150 - 200 lượt tàu cá vào neo đậu lên hàng, trong quá trình hoạt động của bến cá (các dịch vụ hậu cần, dân cư sinh sống xung quanh bến cá,...) phát sinh các chất thải gây ô nhiễm môi trường vùng ven biển (Hình 3.73). *Hoạt động của các trang trại giống hải sản ở khu vực xã Vĩnh Tân* thải ra lượng lớn nước thải gây ÔNMT, tác động trực tiếp đến môi trường khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ xã Vĩnh Tân.

✓ **Khu vực nuôi cá lồng biển VCS Chà Và - Long Sơn - Vũng Tàu**

- *Thải lượng dinh dưỡng N, P từ hoạt động nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu (đã trình bày ở phần c - mục 3.1)*

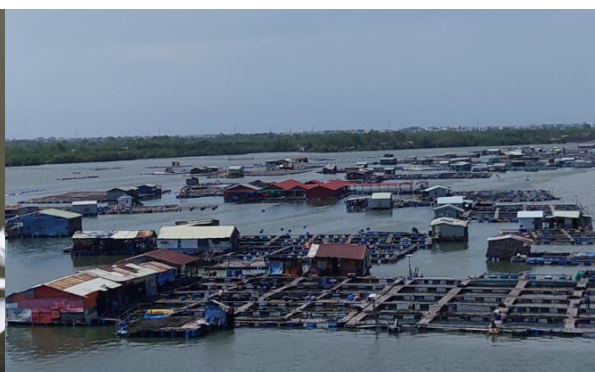
Những năm gần đây, hoạt động khai thác và NTTS của xã đang gặp nhiều khó khăn do nguồn nước bị ô nhiễm từ việc xả thải của các công ty chế biến hải sản ven

sông Chà Và đổ ra làm cá chết hàng loạt, khi cá chết không được thu gom, vớt trôi nổi trên sông gây ô nhiễm, lây lan dịch bệnh gây thiệt hại nặng cho các hộ nuôi (Hình 3.73). Ngoài ra, *Mật độ ô lồng nuôi dày đặc* (Hình 3.75) cản trở việc lưu thông và trao đổi nước kém dẫn đến tình trạng khu vực nuôi bị lắng đọng chất ô nhiễm, chính các chất ô nhiễm này tích tụ gây ô nhiễm trầm tích đáy, đồng thời ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động nuôi. Khi dòng chảy bị hạn chế sẽ giảm mức độ trao đổi làm sạch nước, tăng nguy cơ ô nhiễm môi trường nước và phát tán mầm bệnh, sinh vật gây hại đến đối tượng nuôi [40, 41].

Ngoài những tác động nêu trên, sông Chà Và còn chịu tác động từ các yếu tố nội sinh từ việc NTTS trên sông, từ thượng nguồn các sông đổ xuống [99]: Theo Chi cục Quản lý chất lượng nông lâm thủy sản tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, trung bình một tháng có khoảng 7.530kg rác thải sinh hoạt của các hộ nuôi cá lồng bè, nhà hàng nổi thải xuống sông Chà Và. Dự tính, lượng rác thải phát sinh của các hộ dân có thể tăng gấp đôi trong 1 - 2 năm nữa; việc vệ sinh, xịt rửa lưới lồng nuôi định kỳ từ bè này sang bè khác làm ảnh hưởng đến các bè xung quanh; sử dụng thức ăn là cá tạp bị ươn thối, dễ phân hủy gây ô nhiễm và lắng đọng bên dưới bè; không kiểm soát được nguồn giống và dịch bệnh... làm cho sông Chà Và bị ô nhiễm. Từ những nguyên nhân trên dẫn đến nguồn nước tại khu vực này bị ô nhiễm nghiêm trọng nếu như các nguồn thải không được quản lý.



**Hình 3.74.** Cá biển nuôi bị chết nổi tại bè trên sông Chà Và - Long Sơn



**Hình 3.75.** Mật độ ô lồng dày đặc trên sông Chà Và - Long Sơn

### 3.5.2. Giải pháp cụ thể cho từng khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

#### - Khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà - Hải Phòng:

+ Hoạt động nuôi cá lồng biển cần thực hiện theo đúng hướng dẫn trong Đề án NTTS lồng bè trên vịnh thuộc quần đảo Cát Bà do Sở NN&PTNT Hải Phòng làm chủ đầu tư; mục tiêu phát triển nuôi cá lồng biển theo hướng giảm thiểu ô nhiễm, thân thiện môi trường.

+ Các hộ cần tuân thủ kỹ thuật nuôi (vị trí đặt lồng bè nuôi, mật độ, kỹ thuật chăm sóc, chế độ cho ăn, phòng ngừa dịch bệnh...); thu gom triệt để chất thải sinh hoạt, chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi. Cơ sở vật chất phục vụ hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ và an toàn thực phẩm trong kỹ thuật nuôi phải đảm bảo an toàn, không có mối nguy làm ÔNMT khu vực nuôi [100].

+ Vật liệu làm lồng, bè, phao nổi phải có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng, được công bố tiêu chuẩn cơ sở hoặc hợp chuẩn, hợp quy theo quy định cũng như đảm bảo chắc chắn, bền, có khả năng chống chịu với sóng, gió, các chất khử trùng, tiêu độc và không ảnh hưởng đến cảnh quan, vệ sinh môi trường.

+ Cần có cơ chế phối hợp hiệu quả giữa các cơ quan quản lý (Sở TN&MT, Sở NN&PTNT, Sở Du lịch, Sở Giao thông vận tải,...) trong hoạt động phát triển kinh tế xã hội, hướng tới các nguồn chất thải (từ lục địa, trên biển) phải được kiểm soát và xử lý.

**- Khu vực nuôi cá lồng biển VB Vĩnh Tân - Bình Thuận:**

Để đảm bảo môi trường cho khu vực nuôi, các chủ hộ nuôi cần trang bị những kiến thức về kỹ thuật nuôi, biện pháp BVMT cũng như cách phòng dịch bệnh, cụ thể:

Tuân thủ kỹ thuật nuôi: Cho cá ăn vừa đủ, tránh tình trạng thừa thức ăn lắng đọng xuống nền đáy. Thu gom các chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi. Phòng và trị bệnh theo đúng yêu cầu trong hướng dẫn kỹ thuật nuôi cá lồng biển.

Định kỳ di chuyển vị trí các lồng bè nuôi, giảm ảnh hưởng của ô nhiễm nền đáy tác động đến các đối tượng nuôi.

UBND xã Vĩnh Tân kiến nghị với các cơ quan chức năng trong việc giám sát, xử lý các nguồn phát sinh chất thải ven biển trên địa bàn xã để hạn chế tác động do ÔNMT gây ra đối với khu vực nuôi.

**- Khu vực nuôi cá lồng biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu:**

Tiếp tục cắt giảm số lượng lồng bè theo quy hoạch dựa trên sức tải môi trường từng khu vực nuôi; không để tình trạng phát sinh, gia tăng số lượng và diện tích nuôi. Nhân rộng mô hình nuôi ứng dụng công nghệ mới thân thiện với môi trường.

Kiểm soát chặt chẽ tình trạng xả nước thải không qua xử lý từ các cụm công nghiệp chế biến hải sản dọc hai bên bờ sông. Ngăn chặn tình trạng khai thác cát trái phép xung quanh và dọc trên sông khu vực nuôi trồng thủy hải sản. Nước thải từ hoạt động sản xuất, NTTS phía nội đồng cần phải được quản lý, xử lý triệt để, hạn chế ảnh hưởng đến khu vực nuôi cá lồng bè tập trung.



### **3.5.3. Giải pháp chung đối với hoạt động nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ**

Ngoài các giải pháp cụ thể cho từng khu vực nuôi, luận án đề xuất những giải pháp sau để áp dụng đối với khu vực, vùng có hoạt động nuôi cá lồng biển vùng ven bờ như sau:

+ Địa phương cần thực hiện nghiêm quy hoạch nuôi hải sản tập trung, quản lý số lượng, phát triển quy mô nuôi phù hợp sức chịu tải của vùng nước, đảm bảo khả năng tự làm sạch môi trường, có biện pháp giảm thiểu các tác động gây ÔNMT ảnh hưởng đến hoạt động nuôi.

+ Các hộ nuôi, chủ cơ sở nuôi cần tuân thủ kỹ thuật nuôi với từng đối tượng: chọn con giống tốt, mật độ nuôi và chế độ, loại thức ăn phù hợp, phòng bệnh định kỳ cho thủy sản nuôi... Tùy theo điều kiện thủy văn, chế độ khí tượng, thời tiết từng khu vực, bố trí và di chuyển các cụm bè nuôi hợp lý để tăng cường khả năng lưu thông nước, tránh các tác động có hại do ÔNMT gây ra.

+ Nghiên cứu giảm hệ số thức ăn (FCR - Feed Conversion Rate) trong nuôi cá lồng biển: Giảm FCR đồng nghĩa với việc giảm chi phí nuôi, giảm ÔNMT.... và do đó mang lại lợi nhuận nhiều hơn cho người nuôi cả trước mắt và lâu dài.

+ Mỗi vùng nuôi cần có bộ phận giám sát, QLMT - phòng ngừa dịch bệnh, là đầu mối chia sẻ thường xuyên những thông tin cảnh báo và chủ động xử lý khi có sự cố môi trường, dịch bệnh xảy ra. Cần phối hợp chặt chẽ với các cơ quan chức năng trong quá trình xử lý khi dịch bệnh xảy ra, hạn chế sự lây lan của dịch bệnh.

+ Nghiên cứu, thí nghiệm và nhân rộng mô hình nuôi đan xen các đối tượng để hạn chế ÔNMT; mô hình thu gom - xử lý chất thải từ hoạt động nuôi; mô hình nuôi sinh thái thân thiện môi trường dựa vào đặc điểm điều kiện tự nhiên của khu vực.

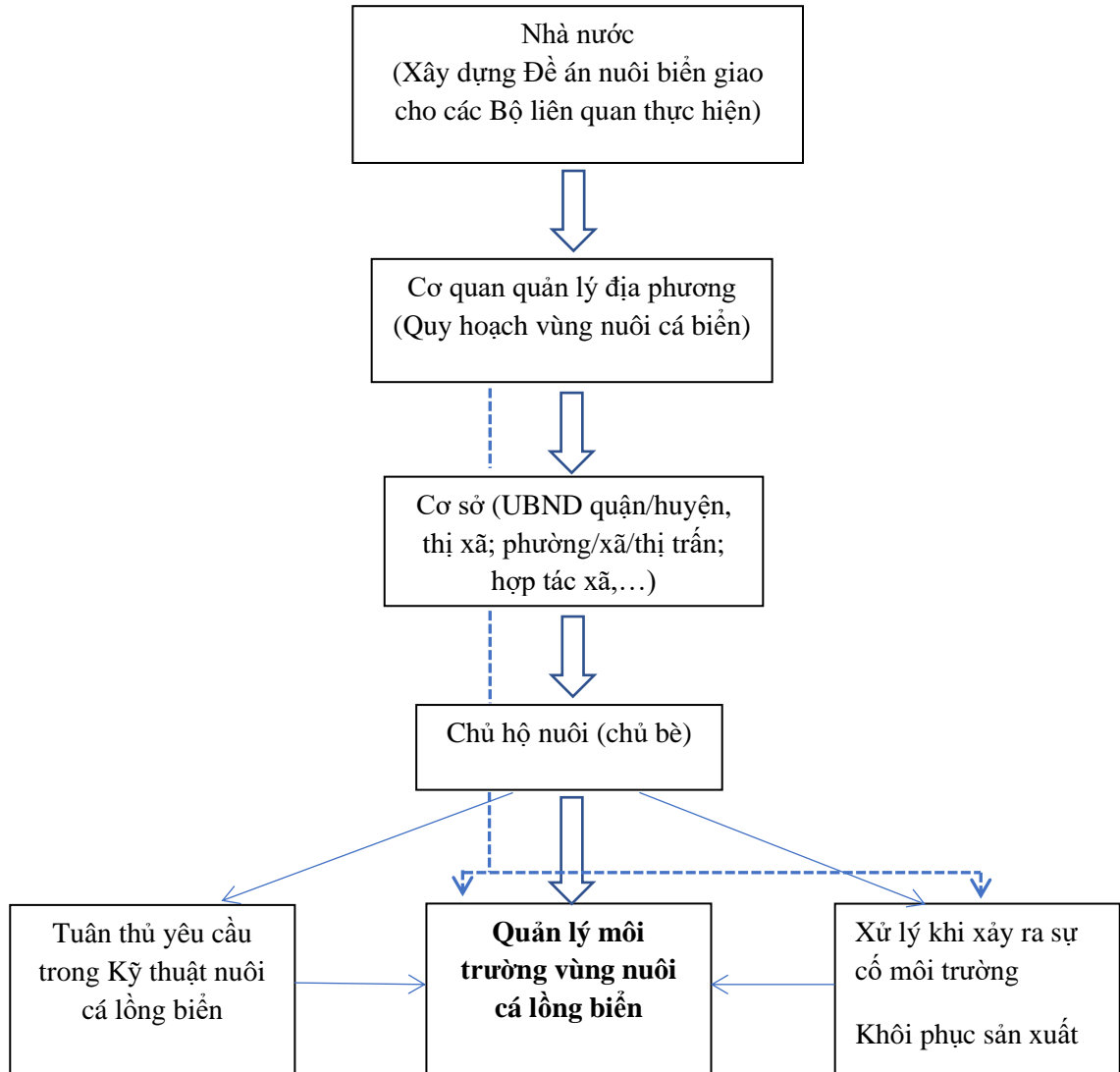
+ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ trong hoạt động quan trắc, cảnh báo sớm CLMT; QLMT khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tại địa phương.

+ Chính quyền các địa phương có vùng nuôi hải sản tập trung cần chủ động phối hợp với cơ quan chức năng, cơ quan chuyên ngành trong hoạt động phòng ngừa, giảm thiểu các tác động từ nguồn ô nhiễm lục địa (từ khu công nghiệp, khu đô thị, khu cảng cá - bến cá, làng nghề chế biến hải sản, các khu vực khai thác khoáng sản...) đến vùng ven biển.

### **3.5.4. Đề xuất mô hình quản lý (kiểm soát) môi trường khu vực nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ Việt Nam**

#### **a. Quy trình quản lý môi trường khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ**

Cần thực hiện đồng bộ quy trình QLMT nuôi cá lồng biển từ cấp quốc gia, địa phương đến chủ cơ sở nuôi cá lồng biển. Các nội dung công việc của từng cấp theo sơ đồ trong Hình 3.76.



**Hình 3.76.** Quản lý môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

#### b. Hoạt động quản lý môi trường khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ

##### - Tổ chức, quản lý:

+ **Quốc gia (nhà nước):** Xây dựng đề án nuôi biển cho quốc gia dựa trên các điều kiện tự nhiên của từng vùng, khu vực ven biển. Phát triển nuôi cá lồng biển trên cơ sở định hướng phát triển của quốc gia kèm theo các phương án BVMT để phát triển bền vững hoạt động nuôi cá biển của quốc gia.

+ **Địa phương:** Đối với tỉnh/thành phố do Sở NN&PTNT thực hiện trên cơ sở lập Đề án nuôi thủy sản lồng bè tại địa phương phù hợp với định hướng phát triển nuôi cá

lồng biển dựa trên sức chịu tải môi trường của thủy vực được quy hoạch. Xây dựng các hoạt động BVMT đối với khu vực nuôi cá lồng biển tại địa phương.

+ **Khu vực nuôi:** Đối với huyện/quận do Phòng NN&PTNT triển khai thực hiện những khu vực được quy hoạch trong đề án nuôi thủy sản lồng bè của địa phương đối với khu vực trên địa bàn quản lý của huyện/quận.

+ **Địa điểm nuôi:** Đối với xã/phường do UBND quản lý chung, giao cho cán bộ phụ trách thủy sản QLMT và hoạt động nuôi cá lồng biển trên địa bàn xã/phường.

+ **Hộ nuôi:** Thực hiện các hoạt động nuôi cá lồng biển của từng chủ hộ nuôi; Nâng cao nhận thức và thực hiện các công việc BVMT đối với khu vực nuôi cá lồng biển tại địa điểm nuôi, đối với ô lồng nuôi của từng hộ.

**- Các biện pháp kỹ thuật:**

+ **Giảm thiểu chất ô nhiễm:**

Cho ăn đủ, đúng thời điểm theo đặc điểm sinh học (độ tuổi, loại thức ăn – xem xét loại thức ăn công nghiệp cho từng đối tượng, lượng thức ăn phù hợp theo từng giai đoạn sinh trưởng của đối tượng nuôi).

Chọn địa điểm lưu thông nước tốt, an toàn cho lồng bè nuôi hoặc định kỳ di chuyển vị trí lồng bè nuôi để hạn chế tích tụ chất ô nhiễm ở tầng đáy khu vực nuôi. Các hộ nuôi cần làm vệ sinh lồng nuôi 1-2 lần/tháng để đảm bảo bề mặt lưới thông thoáng, trao đổi nước tốt hơn và tránh được các ô nhiễm bám trên lưới lồng nuôi.

Nuôi đan xen các đối tượng nuôi (cá ăn tầng đáy, tầng giữa, tầng mặt) tại địa điểm nuôi để giảm thiểu chất ô nhiễm lơ lửng trong nước khu vực nuôi.

Quản lý chất thải phát sinh trong quá trình nuôi (thu gom các loại chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi).

Tuân thủ kỹ thuật nuôi với từng đối tượng cá biển nuôi để giảm thiểu lượng thức ăn thừa, lượng chất bài tiết từ đối tượng nuôi.

Phát triển nuôi cá biển tại địa phương theo đúng quy hoạch nuôi của địa phương (đúng khu vực được phép nuôi, số lượng ô lồng, mật độ nuôi đối với từng đối tượng cá biển nuôi).

+ **Ứng phó khi ô nhiễm:**

Chủ cơ sở, hộ nuôi cá lồng biển phải thường xuyên giám sát môi trường nước tại ô lồng và xung quanh khu vực nuôi; quan trắc CLMT, phát hiện sớm nhất những dấu hiệu thay đổi, biến đổi môi trường.

Thời điểm nước đứng, môi trường nước tĩnh cần tăng cường sục khí cấp ôxy cho đối tượng cá nuôi.

Xử lý ngay khi phát hiện những thay đổi môi trường (phạm vi hẹp).

Báo cáo UBND xã (cán bộ theo dõi NTTS của địa phương) khi có dấu hiệu môi trường bất thường; UBND xã báo cáo cấp huyện, cấp tỉnh để xử lý kịp thời.

**+ Xử lý ô nhiễm:**

Khoanh vùng môi trường nước khu vực bị ô nhiễm để có phương án ứng phó kịp thời.

Thu gom chất thải gây ô nhiễm, xác cá biển nuôi bị chết do sự cố môi trường gây ra.

Xử lý: Biện pháp xử lý chất thải sinh hoạt từ nuôi cá lồng biển. Thu gom, chứa đựng, xử lý xác đối tượng cá biển nuôi bị chết. Xử lý lồng bè, dụng cụ nuôi khi môi trường nuôi bị ô nhiễm.

***Kết luận Chương 3:***

- *Biến động CLMT nước vùng nuôi cá lồng biển liên quan đến đặc điểm tự nhiên của khu vực nuôi; hoạt động nuôi tại từng khu vực (số lượng lồng bè, mật độ nuôi, chế độ chăm sóc, biện pháp QLMT).*

- *Xác định được động thái dinh dưỡng N và P gồm biến động và mối quan hệ dinh dưỡng N và P theo đặc trưng môi trường nước nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân và VCS Long Sơn.*

- *Xác định được mối quan hệ dinh dưỡng N và P trong nước tại 03 khu vực nuôi cá lồng biển ven bờ đại diện. Kết quả nghiên cứu có đặc trưng riêng, phản ánh CLMT khu vực nuôi theo thứ tự: Tỷ lệ N : P cao nhất tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu (CLMT suy giảm nhất), tiếp đến VV Cát Bà - Hải Phòng (CLMT bị suy giảm), thấp nhất tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận (CLMT khá tốt).*

- *Đề xuất được giải pháp BVMT nhằm phát triển bền vững nghề nuôi cá lồng biển vùng ven bờ.*

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. KẾT LUẬN

- Đánh giá được CLMT và biến động dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và VCS Long Sơn - Vũng Tàu từ năm 2018 - 2022. Hầu hết các thông số dinh dưỡng N, P tại khu vực nuôi Cát Bà, Long Sơn có xu hướng gia tăng từ năm 2018 - 2020, giảm trong thời gian 2021 - 2022. Giá trị RQtb của nước ở mức nguy cơ ô nhiễm cao tại Cát Bà và Long Sơn; RQtb ở mức nguy cơ thấp tại Vĩnh Tân. Giá trị RQN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, RQP-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> của nước nuôi cá lồng biển vùng ven bờ luôn cao hơn so với vùng nước biển khơi.

- Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá lồng biển ở vùng biển ven bờ; xác định mối tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N và P; tỷ lệ dinh dưỡng N và P trong nước nuôi cá lồng biển VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân và VCS Long Sơn.

+ Xác định được chênh lệch dinh dưỡng N, P theo thời gian trong ngày và chu kỳ triều tại khu vực nuôi; dinh dưỡng N, P gia tăng phụ thuộc vào chu kỳ triều theo thời gian ngày và đêm; khi nước ròng vào ban đêm, hàm lượng dinh dưỡng N, P tăng cao; khi nước ròng vào ban ngày, hàm lượng dinh dưỡng N, P giảm do quá trình quang hợp tiêu thụ; khi nước lớn vào ban ngày, hàm lượng dinh dưỡng N, P giảm hơn so với lúc nước lớn vào ban đêm (do quá trình phân hủy chất ô nhiễm bổ sung dinh dưỡng N, P). Đối với chế độ bán nhật triều tại khu vực Long Sơn, Vĩnh Tân: biến động hàm lượng dinh dưỡng N, P thường trễ pha hơn so với thủy triều (dinh dưỡng trong nước tăng vào chu kỳ triều thứ hai xuống - lúc nước ròng).

+ Tỷ lệ N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng biển: Môi trường nước tại 3 khu vực nuôi trong tình trạng giới hạn P do tỷ lệ C cao. Tỷ lệ A trong nước xu hướng tăng đối với thông số N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Tỷ lệ B trong nước biến động mạnh trong những năm gần đây và dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng trong nước từ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sang P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại Cát Bà và Vĩnh Tân; riêng khu vực nuôi Long Sơn, trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> đan xen trong các năm nghiên cứu. Các biến đổi trạng thái dinh dưỡng trong môi trường nước phụ thuộc vào chính hoạt động nuôi, điều kiện tự nhiên khu vực nuôi.

+ Tại VV Cát Bà - Hải Phòng, hệ số tương quan các cặp thông số dinh dưỡng có giá trị thấp và đồng biến, chứng tỏ khu vực nuôi cá lồng biển có quá trình tự làm sạch môi trường các chất hữu dinh dưỡng N và P cao do quá trình quang hợp và sự

chuyển hóa mạnh các chất dinh dưỡng theo chu trình chuyển hóa của N về dạng  $\text{N-NO}_3^-$ . Tương quan T-N và T-P có giá trị đồng biến thấp chứng tỏ nguồn cung cấp P từ phù sa do các vùng cửa sông ven bờ chi phối lớn.

+ Tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, hệ số tương quan giữa thông số dinh dưỡng N và P thể hiện rõ tương quan dương mạnh với cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với T-N; cặp thông số  $\text{P-PO}_4^{3-}$  với T-P; cặp thông số  $\text{N-NO}_2^-$  với  $\text{N-NO}_3^-$  có  $r = 0,82$ . Tương quan nghịch với cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với  $\text{N-NO}_2^-$  và cặp thông số  $\text{N-NH}_4^+$  với  $\text{N-NO}_3^-$ . Mối tương quan này cho thấy khả năng phân hủy chất ô nhiễm trong nước vùng nước mạnh, giải phóng chất ô nhiễm dưới dạng dinh dưỡng N và P, quá trình phân hủy diễn ra kết hợp với khả năng pha loãng, khuếch tán mạnh chất ô nhiễm hạn chế sự lắng đọng xuống nền đáy khu vực nuôi.

+ Tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu, hệ số tương quan của  $\text{N-NO}_2^-$  và  $\text{N-NO}_3^-$  là tương quan đồng biến có giá trị dương thấp và tương quan giữa  $\text{N-NH}_4^+$  với  $\text{N-NO}_2^-$  và  $\text{N-NO}_3^-$  là nghịch biến có giá trị âm thấp. Điều này chứng tỏ khả năng chuyển hóa các dạng tồn tại của dinh dưỡng N trong môi trường nước tại khu vực nuôi nhanh, khả năng tự làm sạch môi trường cao và sức tải môi trường lớn. Tương quan giữa thông số T-N với T-P là đồng biến và có giá trị dương thấp chứng tỏ khu vực bị tác động rất lớn bởi dinh dưỡng từ nguồn nước lục địa đưa ra.

- Đã đề xuất được giải pháp chung đối với hoạt động nuôi cá lồng biển và giải pháp cụ thể cho từng khu vực NCLVBVB; đề xuất được mô hình QLMT khu vực NCLVBVB tại Việt Nam.

## 2. KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu sâu mối quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng N và P khi nước bị ô nhiễm N và P gây hại đến môi trường nước khu vực nuôi cá biển.

Nghiên cứu các giải pháp kiểm soát, xử lý ngay tại chỗ khi môi trường nước nuôi cá lồng biển bị ô nhiễm và xử lý chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi cá lồng biển.

## DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Trần Quang Thu**, Nguyễn Đức Cự (2019), *Biến động môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Tuyển tập báo cáo khoa học - Diễn đàn khoa học toàn quốc năm 2019 - Sinh học biển và phát triển bền vững, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, ISBN: 978-604-913-874-4, Hà Nội, tr. 636 - 645.
2. **Trần Quang Thu**, Nguyễn Đức Cự, Dương Thanh Nghị, Nguyễn Xuân Sang (2023), *Một số vấn đề môi trường tại khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ Cát Bà - Hải Phòng và Long Sơn - Vũng Tàu*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 67 (11-2023), Mã tạp chí ISSN: 1859 - 316X, tr. 90 - 96.
3. **Trần Quang Thu**, Nguyễn Đức Cự, Dương Thanh Nghị (2023), *Nghiên cứu động thái dinh dưỡng Nitơ và Phốt pho trong nước khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 23/2023, Mã tạp chí ISSN 1859 - 4581, tr. 77 - 89.
4. **Tran Quang Thu**, Nguyen Duc Cu (2024), *Study of nitrogen and phosphorus nutrient dynamics in concentrated marine fish farming water environment in Long Son - Vung Tau*, Vietnam Journal of Marine Science and Technology 2024, 23 (4) 1 - 12 <https://doi.org/10.15625/1859-3097/21111> , ISSN 1859-3097; e-ISSN 2815-5904.

## DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quyết định số 1664/QĐ-TTg ngày 04 tháng 10 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ Phê duyệt *Đề án phát triển nuôi trồng thủy sản trên biển đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045*.
2. Chi Cục Thủy sản Bình Thuận (2022), Báo cáo tổng hợp nuôi cá biển của tỉnh.
3. Chi Cục Thủy sản Bà Rịa - Vũng Tàu (2022), Báo cáo tổng hợp nuôi cá biển của tỉnh.
4. Chi Cục Thủy sản Hải Phòng (2022), Báo cáo tổng hợp nuôi cá biển tại Hải Phòng.
5. Đoàn Bộ (2001), *Giáo trình Hóa học biển*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
6. Đặng Kim Chi (1999), *Hóa học Môi trường*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
7. Carol Seals Price and James A. Morris, Jr. (2013), *Marine Cage Culture and the Environment*, NOAA/NOS/NCCOS 101 Pivers Island Rd. Beaufort, NC 28516.
8. Từ điển Tiếng Việt (2020), *Ngôn ngữ học Việt Nam*, Nhà xuất bản thanh niên.
9. Ngô Trọng Lư, Thái Bá Hồ, Nguyễn Kim Độ (2004), *Kỹ thuật nuôi cá lồng biển - Tập 1*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, TP. Hồ Chí Minh.
10. Claude, E.B., (1990). *Water quality in fishcage aquaculture*, Auburn University, Alabama, USA.

11. Sekar Megarajan, Ritesh Ranjan Biji Xavier & Shubhadeep Ghosh (2016), *Training Manual on Cage Culture of Marine Finfishes*, ICAR - Visakhapatnam Regional Centre of Central Marine Fisheries Research Institute Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India.
12. Twomey, L., and Thompson, P., (2001), *Nutrient limitation of phytoplankton in a seasonally open bar-built estuary: wilson inlet*, Western Australia. *Journal of Phycology*, 37(1), pp. 16 - 29.
13. Phạm Thị Loan, Lê Anh Tuấn (2015), *Nuôi cá biển tại Cát Bà, Hải Phòng: Tình hình sử dụng thức ăn, hiệu quả kỹ thuật và tác động môi trường*, Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang, số 1, tr. 121 - 125.
14. Võ Quốc Bảo (2023), *Đánh giá hiện trạng và đề xuất biện pháp giảm tải lượng ô nhiễm nước thải từ các nguồn thải chính của tỉnh Vĩnh Long*, Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ, tập 59, số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu, tr. 54 - 64.
15. David McKinnon (2008), *Environmental Impacts of Sea Cage Aquaculture in a Queensland Context - Hinchinbrook Channel Case Study (SD576/06)*, Australian Institute of Marine Science, September 2008.
16. Chaulouf Rafika, Asma Hamza, Mabrouka Mahfoudhi, Ghozzi Khemissa (2017), *Environmental assessment of the impact of cage fish farming on water quality and phytoplankton status in Monastir Bay (eastern coast of Tunisia)*, *Aquaculture International* 25(6):1-18, DOI;10.1007/s10499-017-0187-1.
17. *Effects of Marine Finfish Aquaculture*, Springer, Berlin Heidelberg New York, pp181-206. <https://doi.org/10.1007/b136010>, ngày truy cập 22/8/2021
18. Jonathan P. Zehr and B. Bess, M. Ward, (2002), *MINIREVIEW. Nitrogen Cycling in the Ocean: New Perspectives on Processes and Paradigms*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, pp. 1015-1024.
19. Boyd, C.E. and Tucker, C.S. (1992), *Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture*, Agricultural Experiment Station, Alabama.
20. Frank J. Millero (2013), *Chemical Oceanography, Fourth Edition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton - London - New York.
21. Abell, J. M., Özkundakci, D., and Hamilton, D. P., (2010), *Nitrogen and phosphorus limitation of phytoplankton growth in New Zealand lakes: implications for eutrophication control*. *Ecosystems*, 13(7), pp. 966-977.
22. Cloern JE (2001), *Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem*, *Mar Ecol Prog Ser* 210, pp. 223–253.
23. Yucel Gier, G., Uslu, O. and Bizsel, N. (2008), *Effects of Marine Fish Farming on Nutrient Composition and Plankton Communities in the Eastern Aegean (Turkey)*, *Aquaculture Research*, 39, pp. 181-194.
24. Philipose, K. K., Jeyasree, L., Krupesha Sharma, S. R., Divu, D. (2012). *Hand book on open sea cage culture*, CMFRI, Cochin, pp. 137 - 145.



25. Rafael Lazzari and Bernardo Baldisserotto (2008), *Nitrogen and Phosphorus waste in Fish Farming*, Inst Pesca, São Paulo, 34(4), pp. 591 - 600.
26. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture (2020), *Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>, ngày truy cập 25/8/2021.
27. R.S.S. Wu (1999), *Environmental Impacts of Marine Fish Farming and their Mitigation*, Department of Biology and Chemistry Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong, SAR China.
28. Longgen Guo, Zhongjie Li, Ping Xie, Leyi Ni (2009), *Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China*, Aquaculture International - June 2009.
29. Longgen Guo, Zhongjie Li (2003), *Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China*, Aquaculture 226 (2003), pp. 201-212.
30. Qi Zhanhui, Rongjun Shi (2019), *Nutrient release from fish cage aquaculture and mitigation strategies in Daya Bay, southern China*, Marine Pollution Bulletin 146, pp. 339 - 407.
31. Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.-N., and Plaiti, W. (2000), *Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas*. - ICES Journal of Marine Science, 57, pp. 1462-1471.
32. SEAFDEC (2018), *Nutrient Cycles: Nutrient Dynamics in Culture Ponds* Nelson V. Golez.
33. Lasse M. Olsen, Marianne Holmer, Yngvar Olsen (2008), *Perspectives of nutrient emission from fish aquaculture in coastal waters Literature review with evaluated state of knowledge*, FHF project no. 542014, [www.fiskerifond.no](http://www.fiskerifond.no), ngày truy cập 12/6/2023.
34. Ruihuan Li, Sumei Liu, Jing Zhang, Zengjie Jiang, Jianguang Fang (2016), *Sources and export of nutrients associated with integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay, China*, Aquaculture Environment Interactions, Vol.8, pp. 285 - 309.
35. Tạ Ngọc Thuận (2017), *Nghiên cứu đánh giá phú dưỡng hóa ở một hồ sông của Nhật Bản*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và môi trường - số 57(6/2017), tr. 78 - 85.
36. Nobuyuki Kawasaki, M. R. M. Kushairi, Norio Nagao, Fatimah Yusoff, Akio Imai, and Ayato Kohzu (2016), *Release of Nitrogen and Phosphorus from Aquaculture Farms to Selangor River, Malaysia*, International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 7, No. 2, February 2016, pp. 113 - 116.
37. Rahaman et al. (2013), *Nutrient dynamics in the Sundarbans mangrove estuarine system of Bangladesh under different weather and tidal cycles*, Ecological Processes 2013 2:29. <http://www.ecologicalprocesses.com/content/2/1/29>, ngày truy cập 16/8/2021

38. David M. Karl (2002), *Nutrient dynamics in the deep blue sea*, *Review Trends in Microbiology*, Dept of Oceanography, School of Ocean and Earth Science and Technology, University of Hawaii, Honolulu, HI 96822, USA, Vol. 10 No.9 September 2002, pp. 410 - 418.
39. Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards (1963), *The influence of organisms on the composition of seawater*, In *The Sea*, edited by M. N. Hill, vol. 2, pp. 26 - 77, Interscience, New York, 1963.
40. Boyd, C. E., and H. V. Daniels. (1993), *Liming and fertilization of brackish water shrimp ponds*, *Journal of Applied Aquaculture* 2, pp. 221-23.
41. Zengjie Jiang, Jian Guang Fang, Yu Ze Mao, Wei Wang (2010), *Eutrophication assessment and bioremediation strategy in a marine fish cage culture area in Nansha Bay, China*, *Journal of Applied Phycology* 22(4), pp. 421-426.
42. MERAMED Project (2004), *Development of Monitoring Guidelines and Modelling Tools for Environmental Effects from Mediterranean Aquaculture*. A Project Supported by the European Commission through the 5th Framework Programme for “Quality of Life and Management of Living Resources”. Newsletter 4.
43. Niên giám thống kê 2021, <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2022/08/nien-giam-thong-ke-2021-2/>, ngày truy cập 16/8/2023.
44. Sản xuất thủy sản tiếp tục duy trì được đà tăng trưởng, Trang thông tin điện tử Cục Thủy sản, <https://tongcucthuysan.gov.vn/vi-vn/Tin-t%E1%BB%A9c/-Tin-v%E1%BA%AFn/doc-tin/015515/2020-12-30/san-xuat-thuy-san-nam-2020-tiep-tuc-duy-tri-duoc-da-tang-truong>, ngày truy cập 18/8/2023.
45. Lương Văn Khanh, Lương Văn Thanh (2018), *Một số Kết quả nghiên cứu chất lượng nước vùng cửa sông ven biển từ Vũng Tàu tới Trà Vinh*, Tạp chí khoa học và Công nghệ thủy lợi số 43 – 2018, tr. 1 - 8.
46. Trung tâm Nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường, *Nghiên cứu quá trình tự làm sạch môi trường bằng động lực triều vùng ven bờ Hải Phòng và Quảng Ninh (2008)*, Đại học Quốc gia Hà Nội.
47. Nguyễn Thế Hùng (2017), *Đánh giá hiện trạng kỹ thuật và đề xuất phát triển bền vững nghề nuôi cá lồng bè tại Quảng Ninh*, Luận văn Thạc sỹ chuyên ngành NTTS, Trường Đại học Nha Trang.
48. Trần Quang Thu, Nguyễn Tiến Long, Lê Tuấn Sơn (2013), *Chất lượng môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tháng 12/2013, tr. 254 - 259.
49. Lê Tuấn Sơn, Trần Quang Thu, Nguyễn Công Thành, Phạm Hoàng Giang, Trần Văn Thành (2014), *Ô nhiễm môi trường khu nuôi cá biển bằng lồng bè: Trường hợp nghiên cứu tại Cát Bà - Hải Phòng*, *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 14(3), tr. 265 - 271.

50. Trần Quang Thu, Nguyễn Thị Hà Phương, Nguyễn Thị Ánh, Ngô Minh Tuấn (2015), *Biến động dinh dưỡng ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ) trong nước tại một số khu vực nuôi cá biển bằng lồng bè*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, tháng 12 năm 2015, chuyên đề Nghiên cứu nghề cá biển, tr. 87 - 94.
51. Phạm Thị Ngọc, Nguyễn Thị Dương Nga, Tô Dũng Tiến (2015), *Một số giải pháp phát triển nghề nuôi cá lồng biển tại vịnh Nghi Sơn, huyện Tĩnh Gia, tỉnh Thanh Hóa*, Tạp chí KH Nông nghiệp Việt Nam 2016, tập 14, số 8, tr. 1377 - 1385.
52. Đỗ Thị Tuyết, Nguyễn Công Thành, Nguyễn Thị Ánh (2017), *Chất lượng môi trường khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ vịnh Nghi Sơn - Thanh Hóa, tháng 9 năm 2016*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tháng 12/2017, tr. 43 - 50.
53. Bùi Quang Mạnh, Nguyễn Thị Phương Thảo, Nguyễn Xuân Toàn, Cao Văn Hùng, Trần Quang Thu (2017), *Đánh giá chất lượng môi trường nước một số khu vực nuôi cá lồng bè tại Long Sơn và Tân Thành của tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu*, Tạp chí Nông nghiệp và phát triển Nông thôn, tháng 12/2017, tr. 50 - 57.
54. Lưu Việt Dũng, Nguyễn Tài Tuệ, Phạm Văn Hiếu, Nguyễn Doanh Khoa, Lê Văn Dũng (2021), *Nghiên cứu đặc điểm một số chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng*, Tạp chí Khí tượng thủy văn 2022, 733, 29 - 38; doi: 10.36335/VNJHM.2022(733), tr. 29 - 38.
55. Trịnh Thị Lê Hà, Đoàn Văn Bộ (2016), *Ước tính lượng phát thải dinh dưỡng từ hoạt động nuôi cá lồng tại vịnh Bến Bèo, Cát Bà, Hải Phòng*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các khoa học trái đất và Môi trường, Tập 32, Số 3S (2016), tr. 77 - 82.
56. Nguyễn Văn Quỳnh Bôi (2016), *Vài vấn đề về môi trường của hoạt động nuôi lồng biển*, Tạp chí khoa học công nghệ thủy sản, số 1/2016, tr. 60 - 168, Trường Đại học Nha Trang.
57. Nguyễn Thị Út (2017), *Đánh giá chất lượng nước của một số lồng bè nuôi trồng thủy sản trên sông Chà Và tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu*, Luận văn tốt nghiệp Đại học Chuyên ngành Công nghệ Môi trường, Trường Đại học Bà Rịa - Vũng Tàu.
58. Võ Xuân Hậu (2020), *Kiểm soát ô nhiễm do hoạt động nuôi trồng thủy hải sản ở đầm Cù Mông, tỉnh Phú Yên*, Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Phú Yên, Số 25 (2020), tr. 74 - 82.
59. Nguyễn Thành Tâm (2021), *Đánh giá chất lượng nước mặt do ảnh hưởng của các hoạt động tại khu vực thành phố Cần Thơ*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022; doi:10.36335/VNJHM.2022(733), tr. 39 - 55.
60. Trần Lưu Khanh (2005 - 2012), *Báo cáo tổng kết KHKT nhiệm vụ: Quan trắc, cảnh báo chất lượng môi trường một số khu vực nuôi hải sản tập trung, cảng cá - bến cá, khu bảo tồn biển Việt Nam*, Viện nghiên cứu Hải sản.
61. Nguyễn Hữu Huân (2007), *Sức sản xuất sơ cấp và một số yếu tố sinh thái liên quan ở vùng biển ven bờ Bình Định*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Quốc gia “Biển Đông 2007”, 12 - 14/9/2007, Nha Trang, tr. 481 - 494.

62. Châu Minh Khôi, Hứa Hồng Nhã, Châu Thị Nhiên (2012), *Sự tích tụ hàm lượng đạm, lân vô cơ và hữu cơ trong nước và bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh ở đồng bằng sông Cửu Long*, Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ 2012:22a, tr. 17 - 24.
63. Holmer, M., Wildish, D. and Hargrave, B. (2005), *Organic Enrichment from Marine Finfish Aquaculture and Effects on Sediment Processes*, In: Hargrave, B.T., (Ed.), the Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 5: Water Pollution Environmental.
64. Guzel Yucel-Gier, Canan Eronat, Erdem Sayin (2019), *The Impact of Marine Aquaculture on the Environment; the Importance of Site Selection and Carrying Capacity*, Agricultural Sciences > Vol.10 No.3, March 2019, <https://doi.org/10.4236/as.2019.103022>, ngày truy cập 16/6/2023.
65. Carol Price, Kenneth D. Black, Barry T. Hargrave, James A. Morris Jr. (2015), *Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production*, Aquaculture Environment Interactions, Vol 6 - 2015, pp.151- 174.
66. World Health Organization - WHO (2002), European Commission, *Eutrophication and health*, Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 2002.
67. Luật Bảo vệ Môi trường số 72/2020/QH14 ngày 17 tháng 11 năm 2020.
68. Luật Thủy sản số 18/2017/QH14 ngày 21 tháng 11 năm 2017.
69. Cơ quan quốc tế Hoa Kỳ (USAID) và Trung tâm Bảo tồn Sinh vật biển & Phát triển Cộng đồng (MCD) chủ trì thực hiện phối hợp với Trung tâm Con người và Thiên nhiên (PanNature) và Trung tâm nghiên cứu Môi trường và Cộng đồng (CECR) (2015), *Đánh giá sức tải môi trường khu vực làng chài Vung Viêng - Hạ Long - Quảng Ninh phục vụ nuôi trồng thủy sản*.
70. Trang trại nuôi cá lồng biển quy mô công nghiệp đạt chuẩn VietGAP, Báo Nông nghiệp Việt Nam, <https://nongnghiep.vn/trang-trai-nuoi-ca-long-bien-quy-mo-cong-nghiep-dat-chuan-vietgap-d278106.html>, ngày truy cập 26/8/2023.
71. UBND Thành phố Hải Phòng, Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Hải Phòng (2022), *Báo cáo Đề án nuôi trồng thủy sản lồng bè trên vịnh thuộc quần đảo Cát Bà, Hải Phòng, năm 2022*.
72. Trang thông tin điện tử Vườn quốc gia Cát Bà, <http://www.vuonquocgiacatba.com.vn/Portal/Default.aspx>, ngày truy cập 18/6/2023.
73. Điều kiện tự nhiên - xã hội. Cổng tin điện tử thành phố Hải Phòng, <https://haiphong.gov.vn/dieu-kien-tu-nhien-xa-hoi/dieu-kien-tu-nhien-640167>, ngày truy cập 6/10/2023.
74. Sở Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn Hải Phòng (2022), *Đề án nuôi trồng thủy sản lồng bè trên vịnh thuộc quần đảo Cát Bà*.

75. Bùi Đắc Thuyét, Nguyễn Hữu Nghĩa, Phan Thị Vân (2017), *Đánh giá và lựa chọn mô hình thích ứng với biến đổi khí hậu tại vịnh Cát Bà, Hải Phòng*. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 2017, 15(5), tr. 590-597.
76. Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Thuận (2022), Báo cáo đặc điểm tự nhiên tỉnh Bình Thuận.
77. Điều kiện tự nhiên - xã hội. Cổng thông tin điện tử tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, <https://baria-vungtau.gov.vn/sphere/baria/vungtau/page/noi-dung.cpx?menu=d13919e35bbc092acc3dd608>, ngày truy cập 20/8/2023.
78. Ủy ban nhân dân xã Long Sơn - Vũng Tàu (2022), Báo cáo tổng hợp nuôi cá biển.
79. APHA (2017), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.), Washington DC American Public Health Association.
80. San Diego-McGlone, M. L., Smith, S. V., & Nicolas. V. (2000). *Stoichiometric interpretations of C:N:P ratios in organic waste materials*. Marine Pollution Bulletin, 40, pp. 325-330.
81. Padilla, J., Castro, L., & Naz, C. (1997), *Evaluation of Economy – Environment Interaction in the Lingayen Gulf Basin: A Partial Area – Based Environmental Accounting Approach*, Philippine Environment and Nature Resources Accounting Project. (ENRAP-Phase IV), Manila.
82. QCVN 10:2023/BTNMT (2023), Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước biển, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
83. Đánh giá khả năng rủi ro ô nhiễm môi trường (RQ) nước biển theo Thông tư số 26/2016/TTBTNMT ngày 29/9/2016 Quy định chi tiết tiêu chí phân cấp vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo và hướng dẫn phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo.
84. Trần Lưu Khanh (2006), Báo cáo tổng kết đề tài “*Nghiên cứu sức chịu tải, khả năng tự làm sạch môi trường của một số thủy vực nuôi cá lồng bè, làm cơ sở phát triển hợp lý nghề nuôi hải sản ven bờ biển Hải Phòng, Quảng Ninh*”. Viện nghiên cứu Hải sản.
85. Lê Sĩ Đồng (2013), *Xác xuất thống kê*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
86. Cao Thu Trang (2019), *Assessment of Coastal Water Quality of Ninh Binh Province*, Vietnam Journal of Marine Science and Technology, Vol. 19, No. 3; 2019, tr. 415 - 426.
87. Lê Văn Nam, Nguyễn Thị Thu Hà, Phạm Thị Kha, Lê Xuân Sinh, Nguyễn Thị Mai Lụa (2021), *Phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường nước vùng biển ven bờ Hải Phòng*, Kỷ yếu Hội thảo Khoa học địa lý và nhân văn với thực hiện chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển, Nhà xuất bản Khoa học xã hội, Hà Nội - 2021, tr. 418 - 427.
88. Dương Thanh Nghị, Lê Văn Nam, Đinh Hải Ngọc, Phạm Thị Kha, Bùi Thị Mai Huyền, Cao Thị Thu Trang, Phạm Thị Minh Hạnh, Vũ Tuấn Anh (2022), *Hiện trạng chất lượng môi trường nước biển ven bờ Việt Nam năm 2021*, Hội nghị Biển Đông, Nha Trang 13 -14/09/2022, tr. 431 - 443.

89. Phan Minh Thụ, Nguyễn Trịnh Đức Hiệu, Phạm Thị Phương Thảo (2015), *Biến động chất lượng nước vịnh Nha Trang*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển; Tập 16, Số 2: 2016, tr. 144 - 150.
90. Nguyễn Trâm Anh, Nguyễn Kỳ Phùng (2019), *Đánh giá mức độ rủi ro vùng biển ven bờ khu vực Mỹ Giang - Hòn Đỏ - Bãi Cỏ thuộc xã Ninh Phước - Ninh Hòa - Khánh Hòa*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số tháng 01 - 2019, tr. 44 - 51.
91. Phạm Văn Hiếu, Lê Xuân Tuấn. (2012), *Chất lượng môi trường nước và những tác động đến khu bảo tồn biển đảo Côn Cỏ, tỉnh Quảng Trị*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, tr.197 - 206.
92. Lê Thị Vinh, Phạm Hữu Tâm, Nguyễn Hồng Thu, Võ Trần Tuấn Linh, Lê Trọng Dũng, Võ Hải Thi, Phạm Hồng Ngọc & Lê Hùng Phú (2016), *Chất lượng môi trường nước tại khu dự trữ sinh quyển thế giới Cù Lao Chàm - Hội An, tỉnh Quảng Nam*. Tuyển tập nghiên cứu biển. 22, tr. 29-37.
93. Lưu Ngọc Thiện, Đỗ Anh Duy, Nguyễn Công Thành (2021), *Hiện trạng môi trường nước, trầm tích quần đảo Nam Du - Kiên Giang - Việt Nam*, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, tập 57, số 2A (2021), tr. 21- 27.
94. Nguyễn Công Thành, Trần Quang Thư (2016 - 2022), *Báo cáo tổng kết KHKT nhiệm vụ: Quan trắc và phân tích chất lượng môi trường vùng biển Đông - Tây Nam Bộ, biển Côn Sơn và vùng nuôi cá biển tập trung*, Viện nghiên cứu Hải sản.
95. Phạm Mai Phương (2012), *Nghiên cứu hiện trạng và đề xuất các giải pháp nhằm cải thiện chất lượng nước khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Luận văn Thạc sỹ Quản lý môi trường. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
96. Trần Lưu Khanh (2005), *Nghiên cứu cơ sở khoa học thiết lập hệ thống mạng trạm quan trắc môi trường vùng nuôi hải sản biển tập trung ven bờ Hải Phòng - Quảng Ninh*, Luận văn Thạc sỹ Khoa học môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
97. Trần Đình Lân, Nguyễn Văn Thảo, Cao Thu Trang (2011), *Đánh giá nhanh nguồn thải từ lục địa tác động đến môi trường biển*, Báo cáo nhiệm vụ dự án “Tăng cường thực hiện kế hoạch hành động toàn cầu - Đánh giá và lồng ghép việc quản lý nguồn gây ô nhiễm biển và ven bờ từ đất liền”, Tổng cục Biển và Hải Đảo Việt Nam.
98. Trần Đức Thạnh (2012), *Sức tải môi trường vịnh Hạ Long - Bái Tử Long*, Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội.
99. Thủy Châu Tờ, Lê Thị Huỳnh Như (2015), *Đánh giá sự ô nhiễm các chất dinh dưỡng trong nước trên sông thị tính chảy qua địa bản tỉnh Bình Dương*, Tạp chí Đại học Thủ Dầu Một, số 6 (25) - 2015, tr. 12 - 16.
100. Nguyễn Ngọc Hưng (2011), *Đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp phát triển nuôi cá lồng bè tại vịnh Cát Bà thành phố Hải Phòng*, Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Nha Trang.