

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN ĐỨC PHONG

**NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI  
NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC  
VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

Hà Nội – 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM**

**NGUYỄN ĐỨC PHONG**

**NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI  
NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC  
VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU**

**Ngành: Môi trường đất và nước**

**Mã số: 9 44 03 03**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ**

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**GS.TS Tăng Đức Thắng**

**GS.TS Nguyễn Vũ Việt**

**Hà Nội – 2023**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tác giả xin cam đoan rằng tất cả các kết quả nghiên cứu trong Luận án này là do cá nhân tôi thực hiện trong khóa học nghiên cứu sinh và hoàn toàn chịu trách nhiệm về lời cam đoan của mình.

**Tác giả luận án**

**Nguyễn Đức Phong**

## LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam; Ban Tổ chức Hành chính (Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam); Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường; Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả trong quá trình học tập nghiên cứu thực hiện luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn sâu sắc tới Thầy hướng dẫn GS.TS Tăng Đức Thắng (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam) và GS.TS Nguyễn Vũ Việt là những người hướng dẫn khoa học của luận án, các Thầy đã đào tạo, hướng dẫn, giúp đỡ hết sức tận tình cho tác giả trong suốt quá trình thực hiện và hoàn thiện luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn đến các thầy, các cô, các nhà khoa học, các chuyên gia trong và ngoài cơ quan đã có những đóng góp ý chân thành và quý báu giúp tác giả hoàn thiện tốt nhất công trình nghiên cứu của mình.

Tác giả xin chân thành cảm ơn đến các anh, chị, bạn bè đồng nghiệp ở Phòng Tài nguyên nước và Biến đổi Khí hậu (Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường); Trung tâm Thủy công và Thủy lực (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam) đã tạo điều kiện hết sức thuận lợi cho tác giả trong suốt quá trình học tập và thực hiện luận án. Đồng thời tác giả cũng cảm ơn các bạn bè đồng nghiệp trong và ngoài cơ quan đã tạo điều kiện giúp đỡ tác giả trong quá trình thực hiện, chia sẻ và trao đổi thông tin số liệu phục vụ nghiên cứu.

Cuối cùng tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới gia đình, người thân đã động viên, ủng hộ và là chỗ dựa vững chắc trong suốt quá trình nghiên cứu giúp tác giả hoàn thành luận án.

## MỤC LỤC

|                                                                                                                                         |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LỜI CAM ĐOAN .....</b>                                                                                                               | <b>i</b>    |
| <b>LỜI CẢM ƠN .....</b>                                                                                                                 | <b>ii</b>   |
| <b>MỤC LỤC .....</b>                                                                                                                    | <b>iii</b>  |
| <b>DANH MỤC BẢNG .....</b>                                                                                                              | <b>vii</b>  |
| <b>DANH MỤC HÌNH .....</b>                                                                                                              | <b>ix</b>   |
| <b>CHỮ VIẾT TẮT, KÝ HIỆU .....</b>                                                                                                      | <b>xiii</b> |
| <b>MỘT SỐ KÝ HIỆU .....</b>                                                                                                             | <b>xiv</b>  |
| <b>MỘT SỐ THUẬT NGỮ .....</b>                                                                                                           | <b>xv</b>   |
| <b>MỞ ĐẦU .....</b>                                                                                                                     | <b>1</b>    |
| 1. ĐẶT VẤN ĐỀ.....                                                                                                                      | 1           |
| 2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU.....                                                                                                             | 2           |
| 3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU .....                                                                                                            | 3           |
| 4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....                                                                                                          | 3           |
| 5. PHẠM VI NGHIÊN CỨU .....                                                                                                             | 4           |
| 6. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU .....                                                                                                           | 5           |
| 7. ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN.....                                                                                                        | 5           |
| 8. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN .....                                                                                                  | 6           |
| <b>CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN TÁC ĐỘNG CỦA CÁC NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT TRÊN THẾ GIỚI VÀ VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU .....</b> | <b>7</b>    |
| 1.1 TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT TRÊN THẾ GIỚI VÀ VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU .....                                                         | 7           |
| 1.1.1 Một số quốc gia trên thế giới .....                                                                                               | 7           |
| 1.1.2 Ở Việt Nam và Vùng Bán đảo Cà Mau .....                                                                                           | 9           |
| 1.2 TỔNG QUAN VỀ CÁC LOẠI NGUỒN XẢ THẢI .....                                                                                           | 14          |
| 1.2.1 Các loại nguồn nước thải vùng Bán đảo Cà Mau .....                                                                                | 14          |
| 1.2.2 Tác động của nguồn thải đến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau                                                               | 20          |

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.3 TỔNG QUAN VỀ CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN ĐẾN NGUỒN XẢ THẢI VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU .....                              | 22        |
| 1.3.1 <i>Tổng quan các nghiên cứu liên quan đến tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt .....</i>                     | 22        |
| 1.3.2 <i>Tổng quan về công cụ nghiên cứu .....</i>                                                                                        | 26        |
| 1.4 XÁC ĐỊNH VÀ GIỚI HẠN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN .....                                                                              | 31        |
| <b>CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....</b>                                                             | <b>33</b> |
| 2.1 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU .....                                                                                                 | 33        |
| 2.1.1 <i>Đối tượng nghiên cứu .....</i>                                                                                                   | 33        |
| 2.1.2 <i>Phạm vi nghiên cứu.....</i>                                                                                                      | 33        |
| 2.2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG LUẬN ÁN .....                                                       | 35        |
| 2.2.1 <i>Phương pháp đo đặc hiện trường, lấy mẫu phân tích .....</i>                                                                      | 35        |
| 2.2.2 <i>Phương pháp đánh giá nguồn xả thải.....</i>                                                                                      | 38        |
| 2.2.3 <i>Tính toán tải lượng ô nhiễm.....</i>                                                                                             | 46        |
| 2.2.4 <i>Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) .....</i>                                                                 | 46        |
| 2.2.5 <i>Phương pháp mô hình toán.....</i>                                                                                                | 47        |
| 2.2.6 <i>Phương pháp Bayes .....</i>                                                                                                      | 55        |
| 2.2.7 <i>Phương pháp học máy.....</i>                                                                                                     | 56        |
| 2.2.8 <i>Sơ đồ phương pháp nghiên cứu của Luận án .....</i>                                                                               | 58        |
| <b>CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN VỀ TÁC ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU .....</b> | <b>60</b> |
| 3.1 NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH NGUỒN XẢ THẢI VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU                                                                                 |           |
| 60                                                                                                                                        |           |
| 3.1.1 <i>Xác định các nguồn thải chính vùng nghiên cứu.....</i>                                                                           | 60        |
| 3.1.2 <i>Tính toán lưu lượng nước thải .....</i>                                                                                          | 61        |
| 3.1.3 <i>Tính toán tải lượng ô nhiễm.....</i>                                                                                             | 71        |

|                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.2 ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT THEO CHỈ SỐ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT (WQI) VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU .....</b> | <b>74</b>  |
| 3.2.1 <i>Khảo cứu số liệu quan trắc nước mặt.....</i>                                                   | <i>74</i>  |
| 3.2.2 <i>Kết quả nghiên cứu chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) .....</i>                                  | <i>78</i>  |
| 3.2.3 <i>Dự báo chỉ số chất lượng nước mặt.....</i>                                                     | <i>80</i>  |
| <b>3.3 NGHIÊN CỨU LAN TRUYỀN CÁC NGUỒN NƯỚC VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU .....</b>                               | <b>84</b>  |
| 3.3.1 <i>Nghiên cứu lan truyền các nguồn biên vùng BĐCM .....</i>                                       | <i>84</i>  |
| 3.3.2 <i>Nghiên cứu lan truyền các nguồn nước thải chính thường xuyên nội vùng BĐCM 90</i>              |            |
| 3.3.3 <i>Nghiên cứu lan truyền nguồn nước thải không thường xuyên .....</i>                             | <i>96</i>  |
| <b>3.4 MÔ PHỎNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÙNG BĐCM.....</b>                                                      | <b>105</b> |
| 3.4.1 <i>Kết quả mô phỏng thông số DO.....</i>                                                          | <i>106</i> |
| 3.4.2 <i>Kết quả mô phỏng thông số BOD<sub>5</sub>.....</i>                                             | <i>107</i> |
| 3.4.3 <i>Kết quả mô phỏng thông số NH<sub>4</sub><sup>+</sup> .....</i>                                 | <i>109</i> |
| <b>3.5 ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC.....</b>                                 | <b>111</b> |
| 3.5.1 <i>Đánh giá tác động của nguồn nước thải sinh hoạt đến chất lượng nước</i>                        | <i>112</i> |
| 3.5.2 <i>Đánh giá tác động của nguồn nước thải công nghiệp đến chất lượng nước</i>                      | <i>114</i> |
| 3.5.3 <i>Đánh giá tác động của nguồn nước thải nông nghiệp đến chất lượng nước</i>                      | <i>115</i> |
| <b>3.6 ĐỊNH HƯỚNG CÁC BIỆN PHÁP KỸ THUẬT KIỂM SOÁT NGUỒN NƯỚC THẢI.....</b>                             | <b>117</b> |
| 3.6.1 <i>Cơ sở khoa học định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải</i>                      | <i>117</i> |
| 3.6.2 <i>Đề xuất định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải.....</i>                        | <i>118</i> |
| <b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>                                                                      | <b>122</b> |
| <b>KẾT LUẬN .....</b>                                                                                   | <b>122</b> |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| KIẾN NGHỊ .....                                                  | 125        |
| <b>DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ .....</b>            | <b>126</b> |
| <b>DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>                          | <b>127</b> |
| TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT .....                                        | 127        |
| TÀI LIỆU TIẾNG ANH.....                                          | 135        |
| <b>PHỤ LỤC.....</b>                                              | <b>141</b> |
| <b>PHỤ LỤC 1 .....</b>                                           | <b>142</b> |
| PHỤ LỤC 1.1: THỐNG KÊ CÁC NGUỒN THẢI THEO TỪNG TUYẾN KÊNH .....  | 142        |
| PHỤ LỤC 1.2: TỔNG HỢP NGUỒN THẢI.....                            | 151        |
| <b>PHỤ LỤC 2 .....</b>                                           | <b>152</b> |
| PHỤ LỤC 2.1: THIẾT LẬP MÔ HÌNH MIKE11-ECOLAB.....                | 152        |
| PHỤ LỤC 2.2: HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH MIKE11-ECOLAB ..... | 159        |
| <b>PHỤ LỤC 3: LÝ THUYẾT LAN TRUYỀN CÁC NGUỒN NƯỚC .....</b>      | <b>170</b> |



## DANH MỤC BẢNG

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bảng 2.1: Phương pháp phân tích các thông số quan trắc .....                                                          | 37 |
| Bảng 2.2: Bảng tổng hợp các loại nguồn thải và nguồn gốc phát sinh của các nguồn nước thải chính trong vùng BĐCM..... | 38 |
| Bảng 2.3: Các hệ số sử dụng trong công thức (2.1) và (2.2) .....                                                      | 39 |
| Bảng 2.4: Giá trị các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán giá trị tối đa cho phép trong nước thải sinh hoạt.....     | 43 |
| Bảng 2.5: Giá trị hệ số K ứng với loại hình cơ sở dịch vụ, công cộng và chung cư .....                                | 44 |
| Bảng 2.6: Giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp .....                                        | 45 |
| Bảng 2.7: Hệ số $K_q$ ứng với lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải...45                                  |    |
| Bảng 2.8: Hệ số lưu lượng nguồn thải $K_f$ .....                                                                      | 45 |
| Bảng 2.9: Mức đánh giá chất lượng nước theo giá trị WQI .....                                                         | 47 |
| Bảng 2.10: Số liệu biên mô hình chất lượng nước.....                                                                  | 49 |
| Bảng 2.11: Đặc tính các nguồn nước vùng BĐCM .....                                                                    | 54 |
| Bảng 3.1: Kết quả tính toán lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....              | 62 |
| Bảng 3.2: Kết quả tính toán lượng nước thải công nghiệp xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....            | 64 |
| Bảng 3.3: Kết quả tính toán lượng nước thải chăn nuôi vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....                          | 65 |
| Bảng 3.4: Kết quả tính toán lượng nước thải trồng trọt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....                         | 66 |
| Bảng 3.5: Kết quả tính toán lượng nước thải NTTS vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....                               | 68 |
| Bảng 3.6: Tổng lượng nước thải của các nguồn chính theo các tỉnh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....               | 69 |
| Bảng 3.7: Tổng lượng nước thải theo từng nguồn thải chính vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....                      | 70 |
| Bảng 3.8: Tải lượng thông số ô nhiễm của các nguồn thải điểm vùng BĐCM.....                                           | 73 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bảng 3.9: Tổng hợp kết quả phân tích chất lượng nước vùng BĐCM .....                                           | 74 |
| Bảng 3.10: Bảng thống kê kết quả đánh giá các mô hình học máy dự báo chỉ số chất lượng nước mặt vùng BĐCM..... | 83 |
| Bảng 3.11: Tỷ lệ thành phần (%) các nguồn nước mô phỏng bằng mô hình vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016).....  | 95 |
| Bảng 3.12: Tỷ lệ thành phần (%) các nguồn nước (hiệu chỉnh) vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016) .....          | 95 |
| Bảng 3.13: Các trường hợp tính toán thường gặp lan truyền nước thải NTTS trong hệ thống sông kênh .....        | 97 |

## DANH MỤC HÌNH

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Hình 1.1: Sơ đồ các nguồn xả thải vào nguồn nước .....                                         | 7  |
| Hình 1.2: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc thành phố Cần Thơ .....        | 10 |
| Hình 1.3: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Sóc Trăng...              | 11 |
| Hình 1.4: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Bạc Liêu.....             | 12 |
| Hình 1.5: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Cà Mau.....               | 13 |
| Hình 1.6: Nguồn xả thải công nghiệp của vùng BĐCM (2016) .....                                 | 17 |
| Hình 2.1: Sơ đồ mạng sông kênh chính vùng Bán đảo Cà Mau .....                                 | 34 |
| Hình 2.2: Vị trí lấy mẫu phân tích chất lượng nước mặt vùng BĐCM .....                         | 36 |
| Hình 2.3: Phân vùng thủy lợi vùng BĐCM (từ khu thủy lợi 16 đến khu thủy lợi 66) .....          | 41 |
| Hình 2.4: Sơ đồ mô chất lượng nước vùng nghiên cứu .....                                       | 48 |
| Hình 2.5: Sơ đồ phạm vi các nguồn nước biên BĐCM .....                                         | 52 |
| Hình 2.6: Vị trí trích xuất tỷ lệ thành phần nước (2/2016) .....                               | 53 |
| Hình 2.7: Sơ đồ thuật toán cây quyết định.....                                                 | 57 |
| Hình 2.8: Sơ đồ phương pháp nghiên cứu nghiên cứu của Luận án.....                             | 59 |
| Hình 3.1: Phân bố các nguồn thải theo các cấp lưu lượng xả thải vùng BĐCM .....                | 60 |
| Hình 3.2: Biểu đồ so sánh lượng nước thải sinh hoạt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....     | 62 |
| Hình 3.3: Biểu đồ so sánh lượng nước thải công nghiệp vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....   | 64 |
| Hình 3.4: Biểu đồ so sánh lượng nước thải chăn nuôi vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....     | 65 |
| Hình 3.5: Biểu đồ so sánh lượng nước thải trồng trọt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....    | 67 |
| Hình 3.6: Biểu đồ so sánh lượng nước thải NTTS vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....          | 69 |
| Hình 3.7: Biểu đồ so sánh tổng lượng nước thải các tỉnh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 ..... | 70 |

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Hình 3.8: Biểu đồ so sánh lượng nước thải của các nguồn thải chính vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030 .....                                                                   | 71 |
| Hình 3.9: Biểu đồ tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải vùng BĐCM (2016 - 2030) .....                                                                                        | 72 |
| Hình 3.10: Biểu đồ kết quả quan trắc DO vùng BĐCM (Mùa khô và mùa mưa 2016) .....                                                                                           | 75 |
| Hình 3.11: Biểu đồ kết quả quan trắc BOD <sub>5</sub> vùng BĐCM (Mùa khô và mùa mưa 2016).....                                                                              | 76 |
| Hình 3.12: Biểu đồ kết quả quan trắc NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> vùng BĐCM (Mùa khô và mùa mưa 2016) .....                                                                 | 76 |
| Hình 3.13: Biểu đồ tổng Coliform vùng BĐCM (Mùa khô và mùa mưa 2016).....                                                                                                   | 77 |
| Hình 3.14: Biểu đồ TSS vùng BĐCM (Mùa khô và mùa mưa 2016).....                                                                                                             | 77 |
| Hình 3.15: Bản đồ so sánh kết quả tính WQI vùng BĐCM mùa khô và mùa mưa..                                                                                                   | 79 |
| Hình 3.16: Biểu đồ WQI của các tỉnh trong vùng BĐCM (tháng 4 và 10/2016) .....                                                                                              | 80 |
| Hình 3.17: Biểu đồ tương quan của các thông số chất lượng nước và WQI .....                                                                                                 | 81 |
| Hình 3.18: Biểu đồ lựa chọn thông số chất lượng nước (đặc trưng) theo BMA .....                                                                                             | 82 |
| Hình 3.19: Biểu đồ so sánh giữa giá trị WQI dự báo và thực đo đối với tập số liệu thử nghiệm theo 4 mô hình học máy khác nhau.....                                          | 83 |
| Hình 3.20: Phân bố tỷ lệ thành phần nước ngọt lớn nhất sông Hậu khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016).....                          | 84 |
| Hình 3.21: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) từ cửa sông Hậu - kênh Hòa Phú khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016) ..... | 85 |
| Hình 3.22: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Bạc Liêu – Gành Hào khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/ 2016) .....           | 86 |
| Hình 3.23: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Gành Hào – Sông Đốc khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/ 2016) ..              | 87 |
| Hình 3.24: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Tiểu Dừa - Rạch Giá khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016) .....            | 88 |

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hình 3.25: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Sông Hậu - Rạch Giá khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016) ..... | 89  |
| Hình 3.26: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải sinh hoạt vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016) .....                                                                  | 91  |
| Hình 3.27: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải công nghiệp vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016) .....                                                                | 92  |
| Hình 3.28: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải trồng trọt vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016) .....                                                                 | 94  |
| Hình 3.29: Vị trí địa lý tiểu vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng .....                                                                                                | 98  |
| Hình 3.30: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng: (a) lúc bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày .....                                           | 99  |
| Hình 3.31: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng: (e) sau 7 ngày, (f) sau 30 ngày .....                                                       | 99  |
| Hình 3.32: Vị trí địa lý tiểu vùng Bắc QL1A (Bạc Liêu) .....                                                                                                     | 100 |
| Hình 3.33: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Bắc QL1A, tỉnh Bạc Liêu: (a) lúc bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày .....                                            | 101 |
| Hình 3.34: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Bắc QL1A, tỉnh Bạc Liêu: (a) sau 14 ngày, (b) sau 30 ngày .....                                                       | 101 |
| Hình 3.33: Vị trí địa lý vùng Nam Cà Mau .....                                                                                                                   | 102 |
| Hình 3.36: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Nam Cà Mau: (a) bắt đầu bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày .....                                                     | 103 |
| Hình 3.37: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Nam Cà Mau: (e) sau 7 ngày, (f) sau 30 ngày .....                                                                     | 103 |
| Hình 3.38: Vị trí địa lý vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang) .....                                                                                          | 104 |
| Hình 3.39: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng An Minh - An Biên tỉnh Kiên Giang: (a) bắt đầu bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày .....                              | 105 |
| Hình 3.40: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng An Minh - An Biên tỉnh Kiên Giang: (a) sau 7 ngày, (b) sau 15 ngày .....                                              | 105 |
| Hình 3.41: Kết quả mô phỏng DO vùng BĐCM (1/2016) .....                                                                                                          | 106 |
| Hình 3.42: Kết quả mô phỏng BOD <sub>5</sub> vùng BĐCM (1/2016).....                                                                                             | 108 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hình 3.43: Kết quả mô phỏng $\text{NH}_4^+$ trên hệ thống sông/kênh vùng BĐCM (1/2016) | 109 |
| Hình 3.44: Vùng bị ảnh hưởng do ô nhiễm nước mặt                                       | 111 |

## CHỮ VIẾT TẮT, KÝ HIỆU

| Viết tắt | Viết đầy đủ / Ý nghĩa                                   |
|----------|---------------------------------------------------------|
| BĐCM     | Bán đảo Cà Mau                                          |
| BĐKH     | Biến đổi khí hậu                                        |
| BVMT     | Bảo vệ môi trường                                       |
| BVTV     | Bảo vệ thực vật                                         |
| CBTS     | Chế biến Thủy sản                                       |
| CLN      | Chất lượng nước                                         |
| ĐBSCL    | Đồng bằng sông Cửu Long                                 |
| KCN      | Khu công nghiệp                                         |
| NTTS     | Nuôi trồng thủy sản                                     |
| QCVN     | Quy chuẩn Việt Nam                                      |
| QL1A     | Quốc lộ 1A                                              |
| TCCP     | Tiêu chuẩn cho phép                                     |
| TN&MT    | Tài nguyên và Môi trường                                |
| TNHH     | Trách nhiệm hữu hạn                                     |
| TPN      | Thành phần nước                                         |
| WQI      | Chỉ số chất lượng nước (Tiếng Anh: Water Quality Index) |

## MỘT SỐ KÝ HIỆU

|                                     |                                                                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$                            | Hệ số sửa chữa động năng, hệ số moment                                                          |
| C (mg/l)                            | Nồng độ chất                                                                                    |
| C* (mg/l)                           | Nồng độ chất chuẩn quy ước (dùng khi tính các nguồn nước thành phần có nồng độ nguồn khác nhau) |
| D                                   | Hệ số khuếch tán                                                                                |
| Pi (%)                              | Tỷ lệ nguồn nước i (hoặc nồng độ thể tích của nguồn nước i)                                     |
| Q (m <sup>3</sup> /s)               | Lưu lượng toàn dòng                                                                             |
| q (m <sup>3</sup> /s)               | Lưu lượng của dòng gia nhập bên (đoạn sông, kênh)                                               |
| Qi (m <sup>3</sup> /s)              | Lưu lượng dòng thành phần i (nguồn nước thành phần i)                                           |
| qi (m <sup>3</sup> /s)              | Lưu lượng của dòng gia nhập bên nguồn thành phần i                                              |
| Q <sub>nt</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Lưu lượng nước thải                                                                             |
| $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )         | Mật độ, khối lượng riêng của nước                                                               |
| S (g/l)                             | Nồng độ mặn, hàm lượng phù sa                                                                   |
| t (giây)                            | Thời gian                                                                                       |
| T, $\Delta t$ (giây)                | Thời đoạn                                                                                       |
| u (m/s)                             | Vận tốc điểm                                                                                    |
| v (m/s)                             | Vận tốc trung bình mặt cắt                                                                      |
| $\omega$ , A (m <sup>2</sup> )      | Diện tích mặt cắt ngang                                                                         |
| Z, z (m)                            | Mực nước                                                                                        |



## MỘT SỐ THUẬT NGỮ

| <b>Thuật ngữ</b>                                    | <b>Ý nghĩa</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Châu thổ Mê Công                                    | Phần đồng bằng sông Mê Công bắt đầu từ Kratie (đầu đồng bằng, thuộc Campuchia) ra đến biển.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Kịch bản                                            | Phương án thủy lợi + Điều kiện biên (thường là biên thủy văn, sử dụng đất, lấy nước,...)                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ngọt hóa                                            | Trạng thái mặn hoặc mặn ngọt luân phiên chuyển sang ngọt hoàn toàn.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Nguồn thải điểm                                     | Nguồn thải điểm là nguồn thải từ một nơi duy nhất (nhà máy, trạm xử lý nước thải...)                                                                                                                                                                                                                                            |
| Nước ngầm                                           | Nước nằm bên dưới bề mặt đất trong các không gian rỗng của đất và trong các khe nứt của các thành tạo đá, và các không gian rỗng này có sự liên thông với nhau                                                                                                                                                                  |
| Ô thủy lợi                                          | Là những vùng nhỏ có đặc điểm tương đối thống nhất điều kiện tự nhiên, về sử dụng đất và nước (theo phân chia của Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, ĐBSCL có 120 ô thủy lợi).                                                                                                                                                   |
| Thành phần nguồn nước (còn gọi là thành phần nước)  | Là dòng chảy có một đặc tính nào đó được xem xét phân biệt, riêng rẽ. Chẳng hạn “thành phần nguồn nước sông Hậu” là dòng nước từ sông Hậu chảy vào Bán đảo hay đến một vùng nào đó. Thuật ngữ này không mang ý nghĩa về thành phần hóa học trong nước. Chi tiết xem Phụ lục và các tài liệu tham khảo đã dẫn trong báo cáo này. |
| Tiểu vùng                                           | Bán đảo được chia làm 7 tiểu vùng, với đặc điểm tương đối thống nhất điều kiện tự nhiên, về sử dụng đất và nước.                                                                                                                                                                                                                |
| Trường hợp                                          | Để chỉ các kịch bản điều kiện khí tượng thủy hải văn (lũ, triều, mưa, sử dụng nước,...)                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tỷ lệ thành phần nguồn nước (tỷ lệ thành phần nước) | Là tỷ lệ về thể tích của nguồn nước xem xét so với toàn dòng                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## MỞ ĐẦU

### 1. Đặt vấn đề

Đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) nói chung và Bán đảo Cà Mau (BĐCM) nói riêng là một phần của Lưu vực Mê Công [25], chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các điều kiện tự nhiên và phát triển trên lưu vực [69], [73], [26]. Chế độ nước (chế độ động lực, lượng và chất) trong vùng Bán đảo Cà Mau là sự tổ hợp tác động của các loại nguồn nước thành phần khác nhau và rất phức tạp [18]. Do chịu tác động của triều ở các biên Biển Đông và Biển Tây nên gần như toàn bộ vùng BĐCM chịu ảnh hưởng của triều [66].

Vùng BĐCM chịu tác động mạnh mẽ của các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội, quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, dân số tăng nhanh. Hơn nữa, các hoạt động kinh tế đã làm phát sinh các nguồn thải gây ô nhiễm môi trường trong nhiều khu vực. Các vùng chịu sự suy thoái nguồn nước mặt là các vùng chuyển đổi mô hình sản xuất từ trồng trọt sang nuôi tôm, hay các khu/cụm công nghiệp, dịch vụ và các khu dân cư đông đúc (thành phố, thị xã...) [66], [72].

Từ 1999-2000 đến nay, vùng Bán đảo Cà Mau đã có sự chuyển đổi sản xuất nhanh, nhất là từ sinh thái ngọt sang sinh thái mặn (trồng lúa sang nuôi tôm) dẫn đến hạ tầng phục vụ không theo kịp, đặc biệt là hạ tầng thủy lợi. Việc kiểm soát nguồn nước trước đây chủ yếu nhằm sử dụng cho nông nghiệp, nay thêm cả nuôi trồng thủy sản nên đã bộc lộ nhiều hạn chế, bất cập nhất là về chất lượng nước bị suy giảm [66], [44].

Theo kết quả giám sát chất lượng nước mặt trên hệ thống sông kênh trong vùng BĐCM của các Sở Tài nguyên và Môi trường các tỉnh trong vùng nghiên cứu cho thấy nguồn nước mặt trong vùng bị ô nhiễm phổ biến là hữu cơ và vi sinh với các thông số DO, BOD<sub>5</sub>, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, tổng Coliform,... vượt từ 2 đến 12 lần tiêu chuẩn cho phép [50], [55], [58], [47], [59].

Có thể thấy rằng, ô nhiễm môi trường nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau xuất phát từ nhiều nguyên nhân (hoạt động của con người và tự nhiên), trong đó nguyên nhân chính là do sự tiếp nhận nước thải từ các nguồn xả thải vào nguồn nước mặt. Một số nguồn nước thải chính trong vùng nghiên cứu là nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông

ng nghiệp, nuôi trồng thủy sản. Mặt khác, nước thải từ hoạt động canh tác nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản được xem là nguồn thải phân tán và rất khó kiểm soát được trong quá trình canh tác và nuôi trồng [14], [28].

Ô nhiễm môi trường nước mặt đã ảnh hưởng đến nhiều đối tượng, như cấp nước cho các nhà máy nước sinh hoạt (nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe người dân, gia tăng chi phí,...) và ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản (dịch bệnh). Hơn nữa, xung đột môi trường giữa đối tượng gây ô nhiễm môi trường và người dân chịu tác động bởi ô nhiễm đang khá phổ biến [28]. Mặt khác, việc quản lý chất lượng nước, môi trường vùng Bán đảo đang thiếu thuận lợi, gặp nhiều khó khăn, do các thông tin liên quan đến chế độ nước (chất và lượng) còn rất hạn chế, chẳng hạn:

- Chưa có đánh giá tổng thể loại nguồn xả thải (cả lượng và chất);
- Chưa đi sâu xem xét tổng thể chất lượng nước cả vùng;
- Các nghiên cứu chưa làm rõ tác động của từng loại nguồn xả thải đến các vùng khác nhau trong bán đảo;

Do vậy, việc ***Nghiên cứu tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt vùng BĐCM*** là quan trọng và cần thiết. Nghiên cứu sẽ góp phần cung cấp thêm thông tin khoa học về thực trạng chất lượng nước và tác động của các nguồn nước thải đến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau từ đó đưa ra định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn nước thải phục vụ thiết thực cho công tác bảo vệ tài nguyên nước mặt, từng bước đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững về kinh tế xã hội của vùng nghiên cứu.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của luận án bao gồm:

- Đánh giá được các nguồn nước thải chính (công nghiệp, nông nghiệp và sinh hoạt) xả vào hệ thống sông, kênh vùng Bán đảo Cà Mau;
- Xây dựng được cơ sở khoa học đánh giá lan truyền các nguồn thải chính gây ô nhiễm môi trường nước vùng Bán đảo Cà Mau;
- Xác định được sự lan truyền và phạm vi tác động của các nguồn nước thải trong vùng nghiên cứu.

### 3. Nội dung nghiên cứu

Với mục tiêu nghiên cứu như trên, nội dung nghiên cứu chính của luận án bao gồm:

- Nghiên cứu tổng quan về tác động các loại nguồn xả thải và chất lượng nước mặt trên thế giới và vùng nghiên cứu;
- Nghiên cứu, đánh giá tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt vùng BĐCM;
- Đánh giá tác động của nguồn xả thải đến chất lượng nước và vai trò của các yếu tố khác (triều, dòng chảy) đến quá trình này;
- Định hướng các giải pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn nước thải trong vùng nghiên cứu.

### 4. Phương pháp nghiên cứu

Trong luận án này, một số phương pháp nghiên cứu chính đã được sử dụng như sau:

*a) Phương pháp thực nghiệm: điều tra, khảo sát thu thập số liệu, phương pháp đo đạc hiện trường*

- Phương pháp khảo sát thực địa: khảo sát thực tế phục vụ việc đánh giá hiện trạng ô nhiễm nước, hiện trạng các nguồn thải trong khu vực Bán đảo Cà Mau;
- Phương pháp đo đạc hiện trường, lấy mẫu phân tích: Khảo sát đo đạc, lấy mẫu phân tích các chỉ tiêu đánh giá ô nhiễm nước và chất lượng nước mặt, nước thải.

*b) Phương pháp kế thừa, phân tích tổng hợp, mô hình toán, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và Phương pháp Bayes (BMA)*

- Phương pháp kế thừa: luận án kế thừa các kết quả nghiên cứu liên quan đến ô nhiễm nước trong vùng BĐCM. NCS đã tham gia các đề tài do Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện về vùng nghiên cứu như sau: các đề tài cấp Bộ [67]; Các đề tài cấp Nhà nước [66], [71]. Trong đó, NCS đã tham gia thực hiện phần mô hình toán (mô phỏng, dự báo mặn, chất lượng nước, mô phỏng lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy...) cho vùng nghiên cứu;

- Phương pháp phân tích và tổng hợp: phân tích các số liệu, tài liệu, kịch bản tính toán. Từ đó hệ thống hóa, tổng hợp đánh giá các số liệu, kết quả mô phỏng, tính toán các kịch bản khác nhau;
- Phương pháp mô hình toán:
  - Sử dụng các mô hình toán thủy lực, chất lượng nước (với phần mềm Mike11-HD, Mike11-AD và Mike11-Ecolab);
  - Sử dụng mô hình toán lan truyền các nguồn nước để tính toán lan truyền các nguồn nước ô nhiễm nội vùng và các nguồn nước lan truyền từ biên vùng nghiên cứu vào các hệ thống, làm cơ sở để đánh giá phạm vi và mức độ tác động của từng nguồn ô nhiễm và các nguồn nước từ biên.
- Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý GIS: để biểu diễn các thông số quan trắc chất lượng nước, kết quả mô phỏng chất lượng nước;
- Phương pháp Bayes (BMA) khai thác nhân tố Bayes (BF) và chỉ số đo lường mức độ quân bình “compromise” giữa độ phức tạp và khả năng tiên lượng của mô hình (BIC) để chọn mô hình tối ưu. Đây là phương pháp mới khắc phục được vấn đề thừa biến (biến không có tác động thực tế) trong mô hình hồi quy tuyến tính đa biến.
- Phương pháp học máy: Nghiên cứu sử dụng các mô hình học máy để tính toán (dự báo) WQI với 2 nhóm chính: thuật toán tăng cường, thuật toán cây quyết định vì đây là 2 thuật toán cho kết quả tính toán có độ chính xác cao, các thuật toán dễ hiểu và dễ triển khai.

## 5. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi vùng nghiên cứu là toàn bộ BĐCM, nằm ở phía Nam kênh Cái Sắn và hữu ngạn sông Hậu, có tổng diện tích tự nhiên khoảng 1.678.000 ha; bao gồm thành phố Cần Thơ, các tỉnh Hậu Giang, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và phần phía Nam tỉnh Kiên Giang (gồm các huyện Giồng Riềng, An Biên, An Minh, Vĩnh Thuận, Gò Quao và các xã phía Nam các huyện Châu Thành, Tân Hiệp). Tuy vậy, do vùng nghiên cứu có liên quan với các vùng khác trên ĐBSCL, do đó một số vấn đề nghiên cứu thì vùng nghiên cứu được mở rộng toàn ĐBSCL.

Phạm vi về thời gian: thời gian nghiên cứu là quá khứ gần và chọn năm 2016 làm năm điển hình vì đây là năm có điều kiện khí tượng và thủy văn bất lợi cho chất lượng nước mặt, ô nhiễm nước mặt gia tăng do nguồn nước ngọt từ thượng nguồn về thấp (thấp hơn so với trung bình nhiều năm khoảng 30%) và xâm nhập mặn vào vùng nghiên cứu gia tăng.

Trong luận án này không nghiên cứu về khả năng tự làm sạch của nguồn nước trên các sông, kênh trong vùng nghiên cứu; tác động của nước mưa chảy tràn.

## **6. Đối tượng nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu của luận án là nguồn nước mặt và nguồn nước thải vùng Bán đảo Cà Mau bao gồm:

- Nguồn nước mặt: nguồn nước ngọt từ sông Hậu và nước mặn từ biển Đông và biển Tây;
- Các nguồn nước thải chính gây ô nhiễm bao gồm: sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản. Các đối tượng xả nước thải có lưu lượng  $\geq 50$  m<sup>3</sup>/ngày đêm;
- Chất lượng nước mặt vùng BĐCM.

## **7. Đóng góp mới của luận án**

(1) Làm rõ các loại nguồn xả thải (lượng và chất) vào sông kênh vùng Bán đảo Cà Mau, đánh giá lan truyền các nguồn xả thải và thành phần gây ô nhiễm chính có trong nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản;

(2) Làm rõ được xu thế lan truyền các nguồn nước từ biên (Sông Hậu, biên Biển) vào Bán đảo và sự lan truyền các nguồn nước xả thải trong nội Bán đảo, từ đó đánh giá được xu thế, phạm vi lan truyền, gây ảnh hưởng, ô nhiễm của các nguồn nước trong vùng Bán đảo;

(3) Xác định được các vùng ô nhiễm dựa vào đặc tính thủy lực (dòng chảy, hướng nhận nước, hướng tiêu thoát...) và chất lượng nước từ đó xác định được các vấn đề chính đối với môi trường nước mặt và định hướng giải pháp cải thiện môi trường vùng Bán đảo.

## **8. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

### ***a) Ý nghĩa khoa học***

Kết quả nghiên cứu của luận án sẽ cung cấp cơ sở khoa học và công cụ để phân tích, đánh giá định lượng được mức độ xả thải (của các nguồn thải chính), sự lan truyền của từng loại nguồn, nhóm nguồn gây ô nhiễm nước mặt trên các sông, kênh dưới tác động của các nguồn ở biên vùng nghiên cứu. Từ đó đánh giá được ảnh hưởng của từng loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt trên các sông, kênh.

### ***b) Ý nghĩa thực tiễn***

Ý nghĩa thực tiễn của luận án bao gồm:

- Kết quả nghiên cứu của luận án là tài liệu tham khảo để cảnh báo ô nhiễm nước mặt trên các sông kênh vùng nghiên cứu phục vụ cấp nước sinh hoạt, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản trong vùng nghiên cứu;
- Kết quả của luận án cũng là tài liệu tham khảo cho các cơ quan quản lý tài nguyên nước, bảo vệ môi trường nước trong việc quy hoạch phát triển tài nguyên nước mặt, sử dụng đất, sản xuất theo hướng bền vững phục vụ phát triển kinh tế xã hội của vùng nghiên cứu và các vùng có điều kiện tương tự.

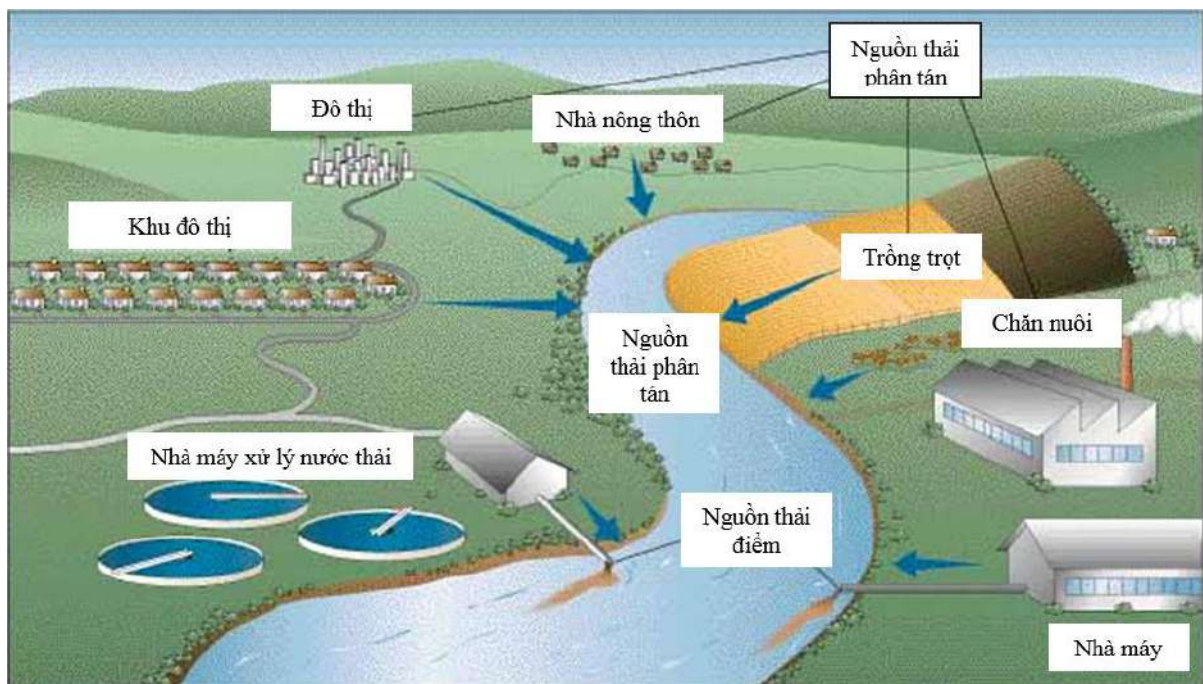
## CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN TÁC ĐỘNG CỦA CÁC NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT TRÊN THẾ GIỚI VÀ VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

Trong chương này sẽ đánh giá tổng quan các vấn đề nghiên cứu có liên quan đến chất lượng nước mặt và các loại nguồn xả thải trên thế giới và vùng Bán đảo Cà Mau. Đồng thời tổng quan các phương pháp và công cụ nghiên cứu trong việc đánh giá sự lan truyền các nguồn nước ô nhiễm (nguồn thải) trong hệ thống sông kênh, từ đó nêu được những vấn đề còn tồn tại, chỉ ra những vấn đề cụ thể mà luận án cần tập trung nghiên cứu giải quyết đối với vùng BDCM.

### 1.1 TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT TRÊN THẾ GIỚI VÀ VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

#### 1.1.1 Một số quốc gia trên thế giới

Tình trạng ô nhiễm nguồn nước đang gia tăng ở nhiều nơi trên Trái đất, nghiêm trọng nhất là tại các nước đang phát triển, việc xả thải không được xử lý hiệu quả vào nguồn nước dẫn đến các nguồn nước mặt bị ô nhiễm nghiêm trọng [21], [37]. Hầu hết các hoạt động của con người, hoạt động sản xuất... đều có khả năng gây ô nhiễm ra môi trường, trong đó có môi trường nước [140], xem Hình 1.1.



Hình 1.1: Sơ đồ các nguồn xả thải vào nguồn nước



Hiện nay, nhiều quốc gia trên thế giới đang đối mặt với hiện tượng ô nhiễm nguồn nước nghiêm trọng, chi tiết được trình bày dưới đây.

Vào năm 2007 ở Trung Quốc, lượng phân hóa học đã được sử dụng nhiều hơn mức cần thiết 40% và kết quả là mỗi năm, khoảng 10 triệu tấn xả trực tiếp vào nguồn nước không qua xử lý. Phân hóa học là nguyên nhân thứ hai (sau chăn nuôi) gây ra tình trạng dư thừa photpho trong nước, dẫn đến sự bùng nổ của các loại tảo độc hại ở rất nhiều sông, hồ. Kết quả đánh giá 140.000 km sông của Trung Quốc cho thấy, chất lượng nước của 41,7% số sông bị ô nhiễm [22, 132].

Các nghiên cứu từ năm 2017 cho thấy, tại Ấn Độ khoảng 80% rác thải của các thành phố được xả xuống sông. Theo các chuyên gia về môi trường, tổng sản phẩm quốc nội của Ấn Độ sẽ bị giảm 4% nếu tính các tác hại do môi trường gây ra. Điển hình là sông Hằng, một trong những con sông bị ô nhiễm nghiêm trọng bị ảnh hưởng nặng nề bởi nền công nghiệp hóa chất, chất thải công nghiệp và sinh hoạt chưa qua xử lý. Nước sông Hằng hiện giờ không những không thể dùng cho sinh hoạt mà còn không thể dùng cho sản xuất nông nghiệp, nhất là vào mùa khô [132].

Sông Citarum (Indonesia): Theo số liệu của Ngân hàng phát triển châu Á (2011), sông Citarum cung cấp 80% lượng nước sinh hoạt cho 14 triệu dân thủ đô Jakarta, tưới cho những cánh đồng cung cấp 5% sản lượng lúa gạo và là nguồn nước cho hơn 2.000 nhà máy - nơi làm ra 20% sản lượng công nghiệp của đảo quốc này. Tuy nhiên, hiện tại nó là một trong những dòng sông ô nhiễm nghiêm trọng. Citarum như một bãi rác di động, nơi chứa các hóa chất độc hại do các nhà máy xả ra, thuốc BVTV trôi theo dòng nước từ các cánh đồng và cả chất thải do con người đổ xuống. Ô nhiễm nghiêm trọng khiến cá chết hàng loạt, người dân sử dụng nước cũng bị lây nhiễm nhiều loại bệnh tật.

Tại Philipine: nằm trong hệ thống các sông gần vùng ngoại ô tỉnh Bulacan, sông Marilao đang bị ô nhiễm nặng nề với rất nhiều chất thải (2012). Đây còn là nơi lưu thông hàng hóa cho các khu vực thuộc da, tinh chế kim loại, đúc chì. Chính vì vậy, nguồn nước của sông Marilao chứa rất nhiều hóa chất gây độc hại cho sức khỏe con người như đồng, thạch tín. Các chất ô nhiễm này gây ra các vấn đề về sức khỏe cho cư dân trong vùng và xa hơn nó còn gây hại tới ngành đánh bắt hải sản tại vịnh Manila. Chính quyền địa phương đã có những biện pháp can thiệp, nhưng sông Marilao vẫn hàng ngày tiếp nhận

chất thải của các hộ dân ven sông và các chất thải từ khu chế xuất xả trực tiếp vào sông [132].

### 1.1.2 Ở Việt Nam và Vùng Bán đảo Cà Mau

Ở nước ta, cùng với sự phát triển của các ngành kinh tế là nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng dẫn đến việc xả nước thải vào nguồn nước tăng theo. Bên cạnh đó, sự phát triển dân số và quá trình đô thị hóa cũng đang gây sức ép đến môi trường các lưu vực sông [6], [1]. Khu vực bị ô nhiễm là các vùng trung và hạ lưu (đặc biệt là các đoạn chảy qua khu vực đô thị, khu công nghiệp, làng nghề, nuôi trồng thủy sản), đây cũng là khu vực bị ảnh hưởng do tác động của chất thải. Tại các khu vực bị ô nhiễm, hầu hết là ô nhiễm hữu cơ, vi sinh. Riêng tại khu vực cửa sông, nhất là vùng ĐBSCL, tình trạng xâm nhập mặn có xu hướng ngày càng biến động phức tạp, cả về mức độ và phạm vi [6], [4].

Đối với vùng BĐCM, sông Hậu là con sông cấp nước chính cho vùng, tuy nhiên, một số đoạn sông của sông Hậu đã ghi nhận hiện tượng ô nhiễm cục bộ chất hữu cơ, với mức độ khác nhau do nước thải từ các khu công nghiệp và hoạt động khai thác cát, nuôi trồng thủy sản không qua xử lý, xả thẳng ra môi trường. Điển hình như đoạn sông Hậu qua khu vực Nhơn Mỹ và Cái Côn đã có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ và vi sinh. Bên cạnh đó, độ đục cũng ở mức khá cao do các sông ở khu vực này có phù sa lớn [6], [92]. Đối với chất lượng nước mặt hệ thống kênh nội vùng BĐCM, nước mặt vùng nghiên cứu chủ yếu bị ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng, vi sinh vật và có xu hướng bị nhiễm phèn. Ngoài ra, hàm lượng Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) trong nước cũng cao do một lượng lớn phù sa từ các đợt lũ trong năm mang lại. Mức độ ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng và vi sinh vật ngày càng tăng qua các năm [67]. Diễn biến chất lượng nước của hệ thống sông kênh trong vùng nghiên cứu được trình bày dưới đây.

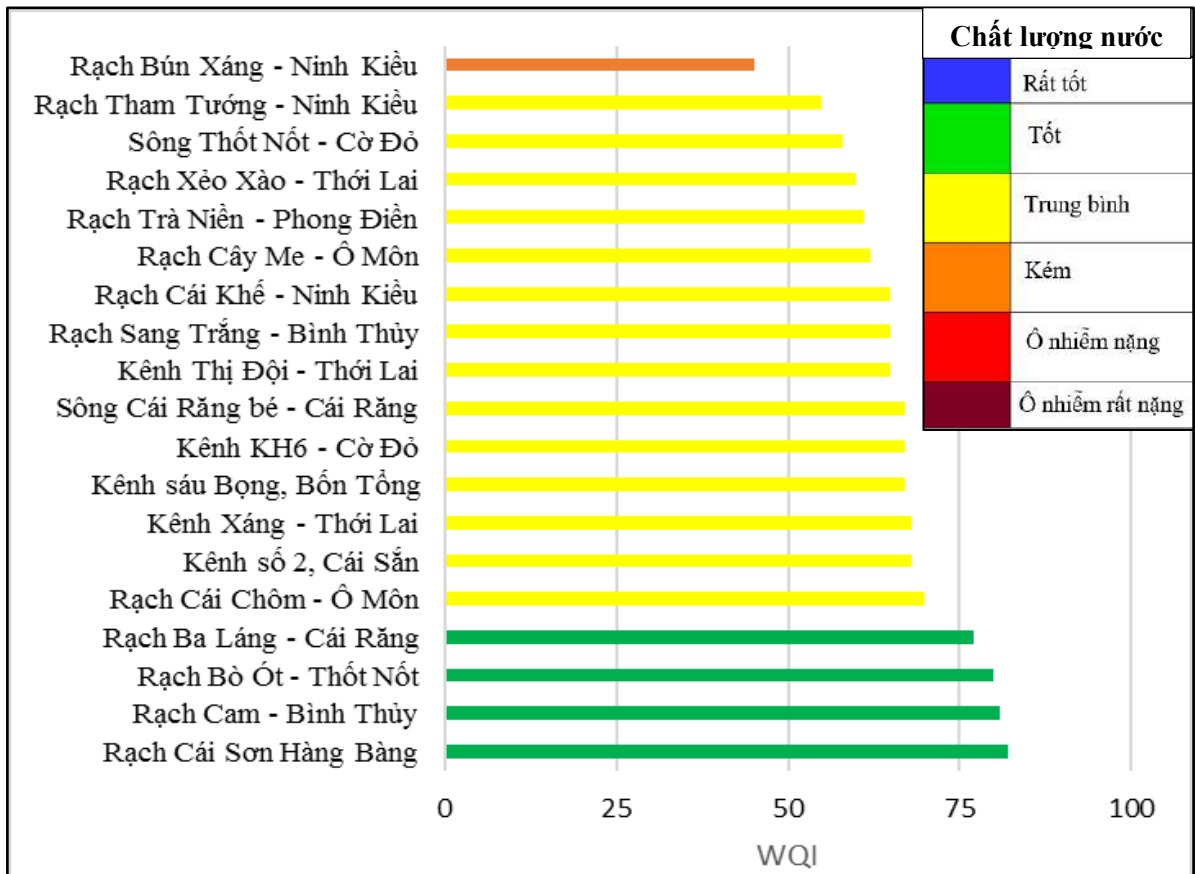
- **Chất lượng nước mặt tỉnh Hậu Giang**

Chất lượng nước mặt tại một số sông, kênh địa bàn tỉnh đã bị ô nhiễm hữu cơ và ô nhiễm vi sinh. Nhiều thông số quan trắc môi trường nước mặt tại các khu vực này đã vượt tiêu chuẩn cho phép như: DO, TSS,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{BOD}_5$ , COD và tổng Coliforms [47]. Tại một số tuyến sông chính trên địa bàn như khu vực kênh xáng Xà No, Cái Côn,

Lái Hiếu, sông Hậu đoạn chảy qua địa bàn huyện Châu Thành, một số tuyến sông thuộc huyện Long Mỹ... chất lượng nước đều đã bị ô nhiễm.

- **Chất lượng nước mặt thành phố Cần Thơ**

Chất lượng nước mặt tại các kênh rạch trên địa bàn thành phố Cần Thơ đã bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh [58]. Theo Sở Tài nguyên Môi trường Cần Thơ, các vị trí quan trắc năm 2020 trên 19 sông, kênh, rạch trên thì có 14 sông, kênh, rạch có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 51 đến 75 (chỉ sử dụng cho mục đích tưới tiêu hoặc tương đương); chỉ có 04/19 kênh, rạch có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 76 đến 90 (sử dụng cấp nước sinh hoạt, nhưng cần xử lý) đó là rạch Cái Sơn - Hàng Bàng quận Ninh Kiều; rạch Cam quận Bình Thủy; rạch Ba Láng quận Cái Răng và rạch Bò Ót quận Thốt Nốt [4] (Hình 1.2).

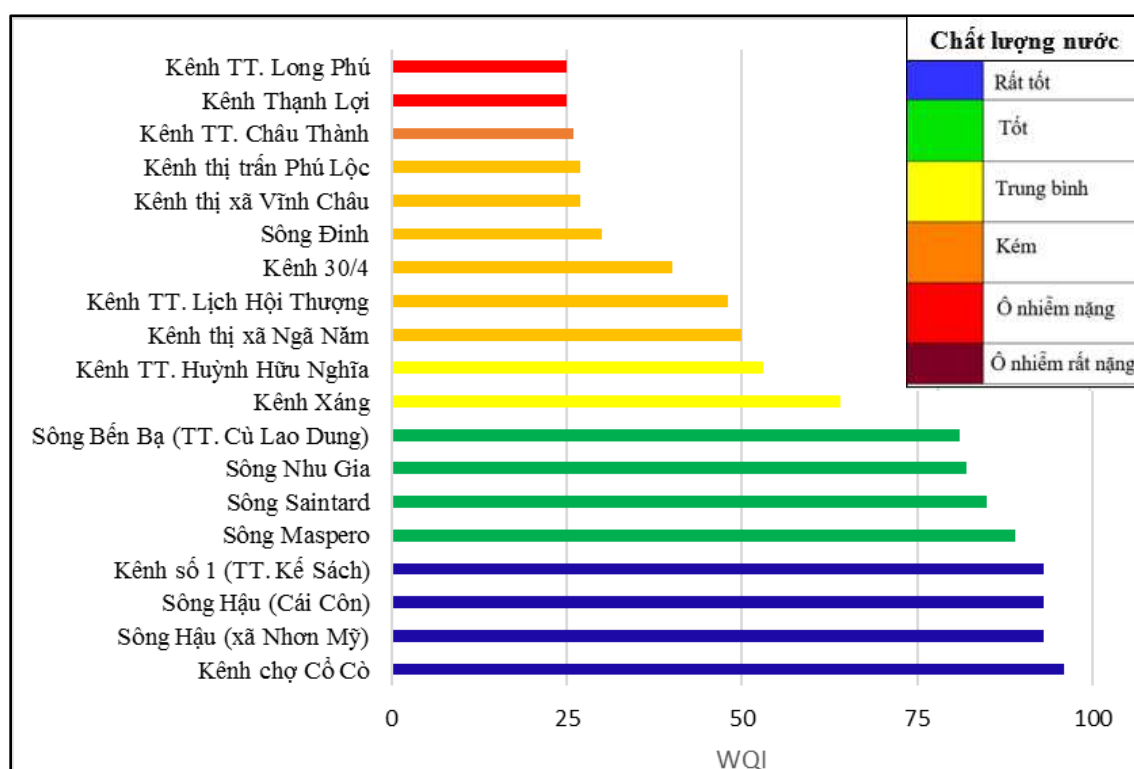


Nguồn: Sở TN&MT Cần Thơ, 2020

Hình 1.2: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc thành phố Cần Thơ

- **Chất lượng nước mặt tỉnh Sóc Trăng**

Nước mặt thuộc tỉnh Sóc Trăng cũng bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh, giá trị COD, BOD<sub>5</sub> tại hầu hết các điểm quan trắc đều vượt giới hạn cho phép [81]. Theo Sở Tài nguyên Môi trường Sóc Trăng, các vị trí quan trắc năm 2020 tại 19 sông, kênh được quan trắc chỉ có 04/19 kênh, rạch có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 76 đến 90 (sử dụng cấp nước sinh hoạt, nhưng cần xử lý). Có 10/19 sông, kênh có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 25 đến 75. Trong đó có 2 vị trí nước bị ô nhiễm nặng (WQI = 25), cần các biện pháp xử lý là kênh Thạnh Lợi, kênh thị trấn Long Phú. Ở một số vị trí như Sông Đĩnh, kênh thị trấn Châu Thành, kênh thị trấn Lịch Hội Thượng, kênh thị xã Ngã Năm, kênh Thị trấn Phú Lộc, kênh thị xã Vĩnh Châu và kênh 30/4, giá trị WQI dao động từ 26-50, nước chỉ sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác [60], [3], [59] (Hình 1.3).



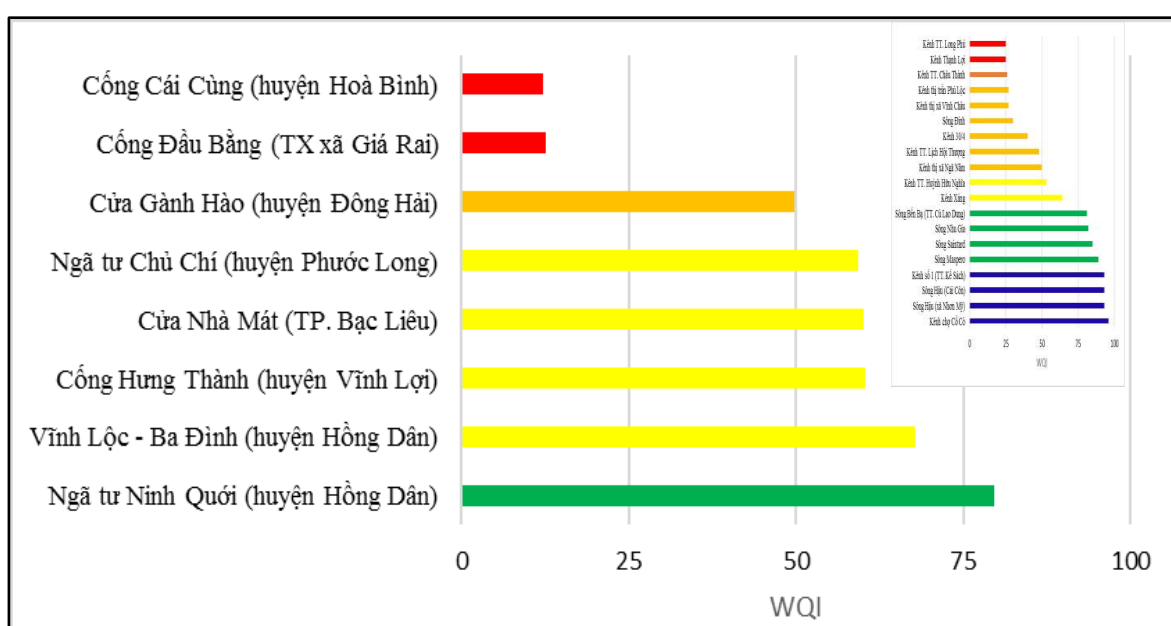
Nguồn: Sở TN&MT Sóc Trăng, 2020

Hình 1.3: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Sóc Trăng

#### • Chất lượng nước mặt tỉnh Bạc Liêu

Nước mặt tỉnh Bạc Liêu cũng bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh, giá trị COD, BOD<sub>5</sub> tại hầu hết các điểm quan trắc đều vượt giới hạn cho phép từ 1,2 – 10,1 lần. Theo Sở Tài nguyên Môi trường Bạc Liêu, các vị trí quan trắc năm 2020 tại 8 sông, kênh được quan

trắc chỉ có 1/8 kênh, sông có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 76 đến 90 (sử dụng cấp nước sinh hoạt, nhưng cần xử lý). Có 6/8 sông, kênh có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 25 đến 75. Trong đó có 2 vị trí nước bị ô nhiễm nặng (WQI = 25), cần các biện pháp xử lý là cống Cái Cùng (huyện Hoà Bình) và cống Đầu Bằng (TX xã Giá Rai). Ở một số vị trí như Cửa Gành Hào (huyện Đông Hải), Ngã tư Chủ Chí (huyện Phước Long), Cửa Nhà Mát (TP. Bạc Liêu), Cống Hưng Thành (huyện Vĩnh Lợi), Vĩnh Lộc - Ba Đình (huyện Hồng Dân) giá trị WQI nằm trong khoảng từ 49-70, nước chỉ sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác [51, 48, 50, 79] (Hình 1.4).



Nguồn: Sở TN&MT Bạc Liêu (2019)

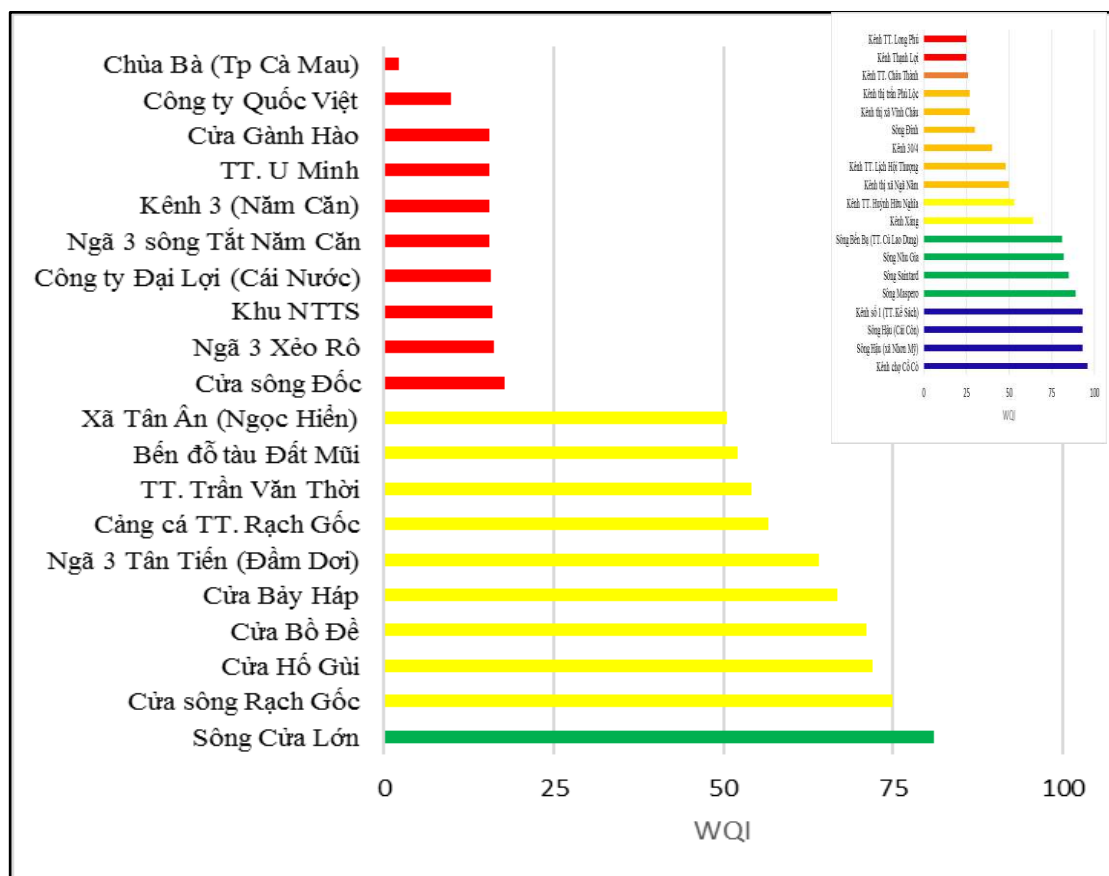
Hình 1.4: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Bạc Liêu

### • Chất lượng nước mặt tỉnh Cà Mau

Nước mặt tỉnh Cà Mau cũng bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh, giá trị COD, BOD<sub>5</sub> tại hầu hết các điểm quan trắc đều vượt giới hạn cho phép từ 1,4 – 11,5 lần. Theo Sở Tài nguyên Môi trường Cà Mau, các vị trí quan trắc năm 2020 tại 20 vị trí được quan trắc chỉ có 1/20 vị trí (Cửa sông Cửa lớn) có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 76 đến 90. Có 10/20 vị trí có chỉ số WQI nằm trong khoảng từ 25 đến 50. Đây cũng là những vị trí nước bị ô nhiễm nặng, cần các biện pháp xử lý (WQI < 25) [55, 56, 53, 54].

### Đánh giá chung về diễn biến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau:

Hiện trạng môi trường nước mặt vùng BĐCM vẫn đang diễn biến khá phức tạp (với nhiều nguồn xả thải không được xử lý trước khi xả vào nguồn nước), đặc biệt là tại các đô thị, trung tâm và khu dân cư đông đúc sống 2 bên sông chất lượng nước mặt bị ô nhiễm chủ yếu do nước thải sinh hoạt, một số nơi khác lại do hoạt động sản xuất công nghiệp, nuôi trồng thủy sản...[45, 46], [78].



Nguồn: Sở TN&MT Cà Mau (2019)

Hình 1.5: Chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) các vị trí quan trắc tỉnh Cà Mau

Các thông số như BOD<sub>5</sub>, COD, tổng Coliform, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> cao hơn QCVN nhiều lần, đặc biệt là trên các tuyến sông, kênh rạch như: sông Hậu đoạn chảy qua Cần Thơ và Hậu Giang, sông Ông Đốc, sông Gành Hào; Kênh Quản lộ Phụng Hiệp, Cà Mau – Bạc Liêu, Xà No, Cái Côn, Lái Hiếu, rạch Tham Tướng (Quận Ninh Kiều, Cần Thơ); Các sông/kênh chính chảy qua TP Sóc Trăng như kênh 8 mét, kênh 16 mét, kênh 30/4, sông Cỏ Cò... Riêng giá trị TSS cao hơn QCVN nhưng đây là nguồn phù sa có trong

nước góp phần cung cấp chất dinh dưỡng cho đất, làm tăng năng suất của nông nghiệp, vốn là một trong những ngành đem lại lượng xuất khẩu lớn nhất của vùng nghiên cứu.

Đối với các vùng ngọt hóa, do xa nguồn cấp của sông Hậu, nhất là ở cuối các hệ thống ngọt hóa chất lượng nước bị suy giảm mạnh, thường không đạt các quy chuẩn hiện hành. Hơn nữa, việc ngăn mặn lâu ngày (nhiều tháng) cũng làm cho chất lượng nước các vùng ngọt hóa không được cải thiện, cụ thể là:

- Hệ thống ngọt hóa Long Phú - Trần Đề (Sóc Trăng): từ tháng 2 trở đi độ mặn trên sông Hậu có nhiều lúc vượt quá 4 g/l, không lấy được nước tưới. Chính vì vậy, địa phương thường hạn chế, khuyến cáo không sản xuất vụ Hè Thu sớm trên vùng này, dù chỉ cần đảm bảo được nguồn nước ngọt thêm 1 tháng nữa;
- Vùng Hồng Dân (phía Bắc kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp) đã được chuyển đổi từ sinh thái ngọt sang ngọt-lợ luân canh từ nhiều năm qua, với mô hình sản xuất tôm-lúa luân canh, hiệu quả cao và bền vững. Tuy vậy, vẫn tồn tại một số vấn đề, trong đó lớn nhất là có những năm độ mặn thấp (thường là năm nhiều nước, năm mưa nhiều, mùa mưa trễ), không đủ nuôi tôm ở phía Bắc của huyện (khoảng 10.000ha). Gặp những tình huống này, hệ thống cống Quản Lộ-Phụng Hiệp được vận hành gia tăng lấy mặn (mở để ép nước mặn vào sâu hơn), đã giải quyết được một phần khó khăn; tuy vậy thường làm mặn gia tăng ở Sóc Trăng (huyện Ngã Năm);
- Vùng Bắc Cà Mau bao gồm một phần diện tích huyện Thới Bình, Trần Văn Thời và toàn bộ huyện U Minh, sản xuất theo hệ sinh thái ngọt. Tuy nhiên, thực tế sản xuất trong vùng đan xen nhiều loại hình canh tác khác nhau; từ đó, công tác điều tiết nước gặp nhiều khó khăn do hệ thống thủy lợi chưa được đồng bộ, các hoạt động sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản phụ thuộc hoàn toàn vào nước mưa.

## **1.2 TỔNG QUAN VỀ CÁC LOẠI NGUỒN XẢ THẢI**

### **1.2.1 Các loại nguồn nước thải vùng Bán đảo Cà Mau**

#### *a) Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt*

Hiện nay, các hoạt động phát triển KT-XH cơ bản bao gồm phát triển dân số, đô thị hóa, tăng trưởng các ngành kinh tế như công nghiệp, nông nghiệp và làng nghề, y tế, du lịch. Các hoạt động này làm phát sinh một lượng lớn nước thải, chất thải, tạo ra áp lực đối với môi trường nước. Sự phát triển của các ngành kinh tế, đi cùng đó là nhu cầu sử dụng nước và xả thải ngày càng tăng, vừa là động lực phát triển KT-XH song cũng là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường nước mặt trên các hệ thống sông, kênh của nước ta nói chung và trong vùng nghiên cứu nói riêng, cụ thể như sau:

- Phát triển dân số và quá trình đô thị hóa: Sự phát triển dân số và quá trình đô thị hóa tại các đô thị trong thời gian qua đã và đang gây sức ép đến sử dụng tài nguyên nước và môi trường do nhu cầu cấp nước tăng dẫn tới lượng nước thải sinh hoạt cũng tăng theo. Tuy nhiên, hệ thống hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng xã hội chưa đồng bộ, quá tải, phần lớn các đô thị đều thiếu hệ thống thu gom nước thải riêng biệt cũng như các trạm xử lý nước thải tập trung, lượng nước thải sinh hoạt vẫn đổ trực tiếp ra môi trường gây ô nhiễm môi trường nước. Quá trình đô thị hóa và các hoạt động KT-XH đã và đang tác động trực tiếp đến chất lượng môi trường nước mặt, nhất là các đoạn sông, kênh chảy qua các khu đô thị, khu dân cư đông đúc.

- Sự phát triển của các ngành kinh tế và nhu cầu sử dụng nước:

- Phát triển công nghiệp: phần lớn các hoạt động công nghiệp tập trung ở một số vùng kinh tế là nguyên nhân gây nên các vấn đề về môi trường cũng như vấn đề quản lý. Bên cạnh đó, sự phát triển của các cơ sở sản xuất nằm xen kẽ tại các khu vực dân cư, các làng nghề tại khu vực nông thôn... cũng khiến cho công tác quản lý, kiểm soát ô nhiễm gặp nhiều khó khăn;
- Phát triển nông nghiệp: nhu cầu sử dụng nước cho các ngành kinh tế cho thấy nhu cầu sử dụng cho nông nghiệp là lớn nhất (chiếm hơn 70%), nhu cầu nước tập trung cho mùa khô cao hơn mùa mưa (hơn 60%) trong khi lượng nước mùa khô chỉ chiếm khoảng 30%.

Môi trường nước trên các hệ thống còn chịu tác động mạnh bởi diễn biến, xu thế của biến đổi khí hậu toàn cầu. Mùa khô có xu hướng đến sớm còn mùa mưa thì kéo dài hoặc mưa tập trung với cường suất lớn, dẫn tới hạn hán và lũ lụt, ngập mặn ngày một gia tăng. Theo Viện Khoa học thủy lợi miền Nam, từ năm 2010 đến nay, xâm nhập mặn



thường đến sớm từ 1 đến 1,5 tháng và kéo dài hơn so với trước đây. Độ mặn đầu mùa khô khả năng lớn hơn giữa mùa, ngược với quy luật xâm nhập mặn trước đây. Vùng nghiên cứu đang phải đối diện với tình trạng xâm nhập mặn và suy thoái nguồn nước ngày càng tăng, và quy luật xâm nhập mặn của vùng nghiên cứu đã thay đổi, nhất là 2 đợt hạn mặn lịch sử vào mùa khô năm 2016 và 2020, các tỉnh trong vùng BĐCM bị ảnh hưởng nghiêm trọng nhất [77]. Năm 2016, hầu hết các tỉnh trong vùng BĐCM đều bị ảnh hưởng của xâm nhập mặn và phải công bố tình trạng thiên tai do hạn hán và xâm nhập mặn, đặc biệt phạm vi xâm nhập mặn từ biển Tây (trên sông Cái Lớn) khoảng 60-65km [75]. Năm 2018, diễn biến hạn, mặn không khác nghiệt như những năm 2015, 2016 nhưng tương đối phức tạp, mới đầu mùa khô nhưng nồng độ mặn với ranh mặn 4g/l xâm nhập vào đất liền từ 15 đến 45km đã xuất hiện ở nhiều khu vực ven biển của vùng nghiên cứu [24].

*b) Các loại nguồn nước thải chính ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau*

Qua phân tích ở trên có thể thấy ô nhiễm môi trường nước của vùng nghiên cứu xuất phát từ nhiều nguyên nhân khác nhau (hoạt động của con người và thiên nhiên), một phần do tiếp nhận chất thải từ các nguồn xả thải vào nguồn tiếp nhận, một phần do sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường nước. Đối với vùng BĐCM, nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường nước mặt vùng nghiên cứu là do các nguồn thải xả trực tiếp vào nguồn nước mặt (không qua xử lý hoặc xử lý không đạt chuẩn), bao gồm các nguồn nước thải như sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản[6], chi tiết được trình bày dưới đây:

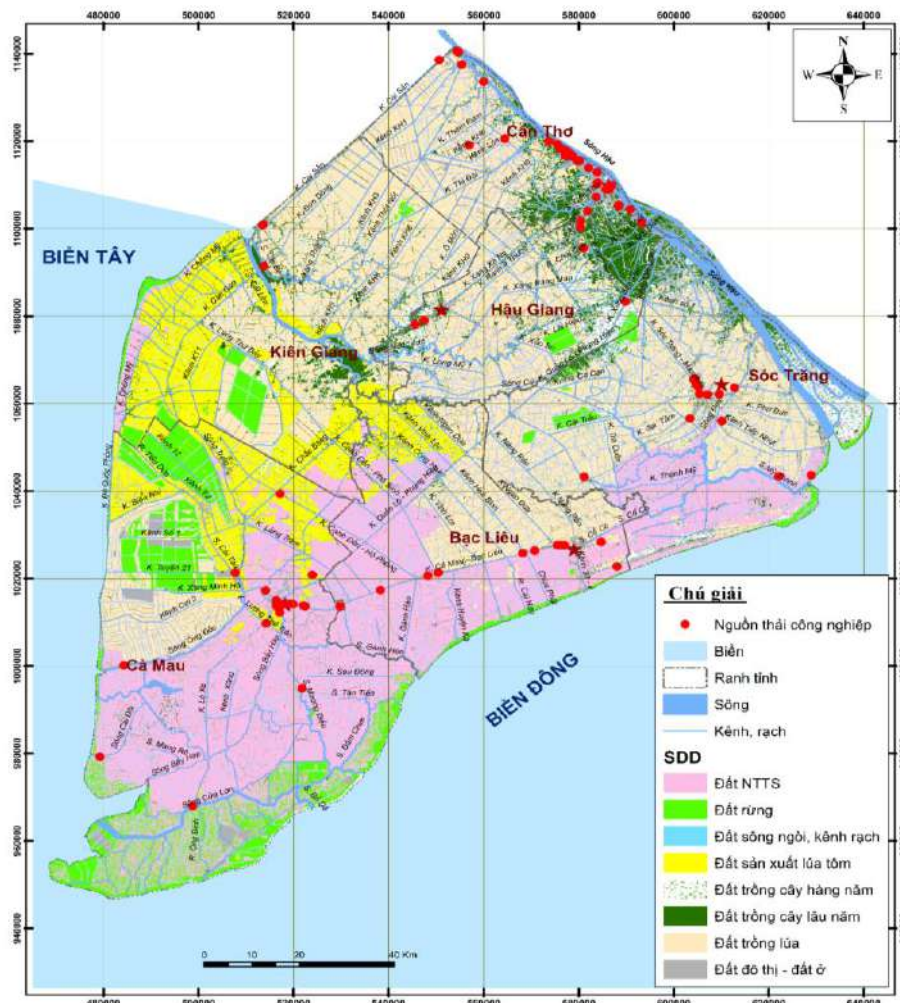
**Nước thải sinh hoạt**

Tỷ lệ nước thải sinh hoạt trên tổng lượng nước thải trực tiếp xả vào nguồn nước chiếm khoảng 30% [14]. Lượng nước thải trên một đơn vị diện tích đất ở khu vực đô thị lớn hơn nhiều so với khu vực nông thôn [6]. Tỷ lệ xử lý nước thải sinh hoạt còn thấp, các tỉnh trong vùng Bán đảo Cà Mau chưa có hệ thống xử lý nước thải tập trung (tỷ lệ nước thải sinh hoạt được xử lý mới khoảng 10% trên tổng số lượng nước thải đô thị [69]). Nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý vẫn đang tiếp tục là nguồn thải lớn, gây ô nhiễm môi trường khu vực đô thị và các vùng lân cận.

Đối với Khu dân cư: Hoạt động xả thải ở các khu dân cư là liên tục nhưng vào ban ngày và vào các giờ cao điểm thì lượng xả thải nhiều hơn. Lượng phát thải ở mỗi Khu dân cư tùy thuộc vào mức cung cấp các dịch vụ trong khu dân cư, quy mô khu dân cư và đặc điểm sinh hoạt trong khu dân cư. Các khu dân cư càng lớn, chợ càng đông đúc thì lượng phát thải càng cao. 100% các khu dân cư xả thải tự do và liên tục, không hạn chế về số lượng phát thải và chưa có kiểm soát về thành phần chất thải [69], [71].

### Nước thải công nghiệp

Sản xuất công nghiệp trong vùng nghiên cứu đã phát triển nhanh trong những năm gần đây (từ 7 – 10%/năm), cơ cấu ngành công nghiệp phổ biến vẫn là công nghiệp chế biến nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản nên nước thải cũng tăng theo sự phát triển công nghiệp. Lượng nước thải công nghiệp vẫn chiếm tỷ lệ lớn trong cơ cấu nước thải phát sinh [6], đây là nguồn xả thải tập trung lớn nhất so với các nguồn khác (Hình 1.6).



Hình 1.6: Nguồn xả thải công nghiệp của vùng BDCM (2016)

Nước thải công nghiệp chủ yếu tại vùng kinh tế trọng điểm của vùng nghiên cứu (Cần Thơ, Bạc Liêu, Cà Mau và Sóc Trăng). Các hệ thống xử lý nước thải tập trung ở các KCN chỉ xử lý được khoảng 60% lượng nước thải. Bên cạnh đó còn rất nhiều cơ sở sản xuất kinh doanh nằm ngoài KCN, cụm công nghiệp xả nước thải không qua xử lý hoặc xử lý không đạt tiêu chuẩn vào các nguồn tiếp nhận, mặc dù quy mô xả thải của các cơ sở thường không lớn nhưng do số lượng các cơ sở nhiều nên tổng lượng nước thải chiếm tỷ trọng đáng kể [6].

Theo khảo cứu của NCS từ các nguồn số liệu, cho thấy có 49 nguồn, trong đó có 34 nguồn từ KCN và 15 nguồn từ cụm công nghiệp, nằm dọc theo các tuyến sông lớn của vùng... (Hình 1.6). Chủ yếu hoạt động trong lĩnh vực chế biến thủy sản, thực phẩm. Thành phần chất thải chủ yếu là chất hữu cơ, vi sinh vật, dầu mỡ động thực vật,... Nguồn tiếp nhận nước thải của các cơ sở này là các tuyến sông (kênh) chính trong vùng như Sông Hậu, Sông Gành Hào, Sông Đốc, Kênh Bạc Liêu – Cà Mau, Quản Lộ - Phụng Hiệp [54], [48], [59].

Đối với các Nhà máy đường (5 nhà máy): thành phần chủ yếu bao gồm chất thải sinh hoạt trong phạm vi nhà máy và có thêm thành phần chất thải đặc trưng là bã mía mịn và bã bùn, chất cặn bã, chất rắn lơ lửng, chất hữu cơ, chất dinh dưỡng và vi sinh, nước làm lạnh tạo chân không, nước làm nguội thiết bị, nước đập xỉ lò hơi, nước vệ sinh thiết bị và vệ sinh nhà xưởng. Theo các Sở TN&MT của vùng BĐCM, lưu lượng nước thải của 1 nhà máy ước tính khoảng 340 m<sup>3</sup>/ngày đêm. Tuy nhiên nhà máy hoạt động theo mùa vụ, thông thường bắt đầu từ tháng 9 dương lịch đến tháng 3 năm sau (khoảng 06 tháng/vụ) [69].

### **Nước thải nông nghiệp**

Nguồn nước thải nông nghiệp chủ yếu từ hoạt động canh tác, trồng trọt và chăn nuôi nên có chứa chất bảo vệ thực vật (BVTV), phân bón khá cao. Ước tính mỗi năm có khoảng 70 nghìn kg và hơn 40 nghìn lít thuốc BVTV cùng khoảng 70 nghìn kg vỏ bao hoá chất không được xử lý xâm nhập vào môi trường, làm gia tăng mức độ ô nhiễm nước mặt, nước ngầm. Nước thải chăn nuôi và nước thải từ hoạt động nuôi trồng thủy sản cũng là nguồn gây ô nhiễm nguồn nước, tuy nhiên, hiện nay chưa được quản lý và kiểm soát hiệu quả [6], [46]. Theo Cục trồng trọt, số lần sử dụng thuốc sâu trừ sâu trên

1 vụ lúa trong vùng nghiên cứu là 5 lần/vụ (lớn nhất cả nước), do đó dư lượng của chúng nằm trong nước và đất sẽ rất lớn. Đây là một trong những nguyên nhân chính gây nên sự suy giảm chất lượng nước tại những địa phương có ngành kinh tế nông nghiệp phát triển mạnh như ở vùng BĐCM.

Canh tác nông nghiệp các tỉnh trong vùng nghiên cứu gồm có các loại hình: lúa, cây công nghiệp ngắn ngày (mía, đậu, bắp,...), cây công nghiệp lâu năm, cây ăn quả và cây màu. Trong đó trồng lúa là hoạt động sử dụng nhiều nước nhất và gây nhiều ảnh hưởng đến môi trường nhất do diện tích canh tác lớn, việc trao đổi nước trong quá trình sinh trưởng của cây, quá trình làm đất để gieo cấy, việc sử dụng phân bón và thuốc bảo vệ thực vật chảy tràn trên nước mặt, nên khả năng ảnh hưởng đến môi trường nước mặt nhiều nhất là từ trồng lúa [69].

Nước hồi quy do sản xuất nông nghiệp có chứa hóa chất BVTV hay thuốc BVTV là thành phần độc hại cho môi trường và sức khỏe con người. Theo Cục BVTV (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2020) đối với vùng nghiên cứu, suất sử dụng phân bón vô cơ đang được sử dụng cao hơn 35,3% so với trung bình toàn quốc, trong khi lượng phân hữu cơ sử dụng chỉ bằng 27,3%. Cá biệt, có tỉnh có suất sử dụng phân bón vô cơ gấp gần 4 lần trung bình toàn quốc. Suất sử dụng thuốc BVTV hóa học tại khu vực này cũng đang cao hơn mức trung bình cả nước 71,9%, có tỉnh gấp xấp xỉ 3 lần, trong đó suất sử dụng phân NPK là chủ yếu. Trong số 50-70% lượng NPK được bón vào đất nhưng chưa được cây trồng sử dụng, một phần lưu lại trong đất, một phần bị rửa trôi do mưa, theo các công trình thủy lợi ra các kênh, sông gây ô nhiễm nguồn nước mặt [6].

Đối với nguồn nước thải do nuôi trồng thủy sản: đối với vùng nghiên cứu, NTTS (nuôi tôm và thủy sản nước ngọt), trong đó nuôi tôm là chính (phân bố chủ yếu các khu ven biển của tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và Kiên Giang), đã gây ra nhiều tác hại cho môi trường nước từ việc xả thải nước ao nuôi tôm và bùn đáy có chứa nhiều chất gây ô nhiễm và mầm bệnh ra môi trường. Hầu hết các vùng nuôi vẫn chưa có hệ thống cấp thoát nước riêng, việc đầu tư cơ sở hạ tầng còn quá thấp so với nhu cầu, chưa quan tâm nhiều đến việc xử lý chất thải trong quá trình sản xuất và sau thu hoạch. Do thiếu hệ thống thủy lợi cấp và thoát nước riêng biệt, nước cấp cho khu nuôi và nước thải cùng

lưu chuyển lẫn lộn trên cùng một kênh dẫn. Đây là những điều kiện thuận lợi cho việc lan truyền tạp khuẩn, vi sinh và dịch bệnh khó kiểm soát, phát tán ô nhiễm nước thải, bùn thải, thuốc và các hoá chất NTTS khác trong khu vực. Hầu hết hệ thống kênh mương đều được xây dựng để phục vụ cho canh tác lúa và giao thông thủy. Các vùng NTTS được hình thành và phát triển sau, do đó tại một số vùng gặp khó khăn trong việc cấp và thoát nước cho nuôi trồng thủy sản.

Các khu vực có chế độ triều là nhật triều thì xả thải bằng hình thức bơm cưỡng bước và trong trong điều kiện tôm phát triển bình thường một vụ nuôi (4 – 5 tháng) có thể xả thải 5 - 10 kỳ. Các khu vực có chế độ triều là bán nhật triều thì phần lớn diện tích xả thải bằng hình thức chảy tràn tự nhiên qua cống thoát nước và hoạt động xả thải có thể là mỗi ngày hay theo chu kỳ con nước. Riêng các khu vực chịu ảnh hưởng từ tuyến kênh Quản Lộ Phụng Hiệp và các khu vực chịu ảnh hưởng bán nhật triều nhưng ở xa tuyến sông lớn thì vẫn phải xả thải bằng bơm cưỡng bức [43], [46], [61, 62], [76].

Đối với chăn nuôi, phương thức chăn nuôi của vùng nghiên cứu có quy mô nhỏ, phân tán tại nông hộ. Vùng BĐCM có 24 trang trại chăn nuôi, còn lại chăn nuôi nhỏ lẻ trong nông hộ với quy mô từ 1-20 con (heo) và 3-50 con (gia cầm) thì phân bố rải rác khắp vùng. Xu hướng chăn nuôi trong vùng không có khuynh hướng tăng về số lượng [69].

### **1.2.2 Tác động của nguồn thải đến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau** **Ảnh hưởng đến nguồn nước cấp cho sinh hoạt**

Tại khu vực nghiên cứu phần lớn người dân nông thôn vẫn khai thác và sử dụng trực tiếp nước sông/kênh hoặc các thủy vực xung quanh phục vụ cho sinh hoạt nhất là tại các khu vực ngọt hóa của các tỉnh trong bán đảo như Quản Lộ Phụng Hiệp, Long Phú Tiếp Nhật (Sóc Trăng), Bắc QL1A (Bạc Liêu)... Nguồn nước mặt bị ô nhiễm chính là một trong những yếu tố gia tăng bệnh tật của người dân tại các tỉnh thuộc vùng BĐCM. Các trạm cấp nước không đảm bảo xử lý triệt để được các chất ô nhiễm trong nước (ví dụ, các tạp chất hữu cơ hòa tan trong nước, các hợp chất hữu cơ từ thuốc BVTV, một số kim loại nặng...) sẽ khiến cho chất lượng nước đầu ra của các nhà máy cấp nước không đảm bảo, nhiều nguy cơ ảnh hưởng tới sức khỏe của người dân [13]. Điển hình là ô nhiễm môi trường ở dòng sông Cái Nước Đục ở TX Long Mỹ (Hậu Giang) vào

5/2019, do Nhà máy thuộc Công ty TNHH mía đường, cồn Long Mỹ Phát (Nhà máy đường, cồn Long Mỹ Phát) xả thải. Sự cố ô nhiễm môi trường nghiêm trọng này còn làm cho hệ thống cung cấp nước sạch của TX Long Mỹ phải ngưng hoạt động.

### **Ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp**

Ô nhiễm môi trường nước cũng gây những thiệt hại kinh tế không nhỏ trong hoạt động sản xuất nông nghiệp và khai thác, nuôi trồng thủy sản (vùng BĐCM phát triển mạnh về nuôi trồng thủy sản) [17], [30], [75], vấn đề ô nhiễm nước mặt đã, đang và sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến sự phát triển kinh tế của toàn vùng. Tại nhiều địa phương, đã xảy ra tình trạng tôm bị chết hàng loạt do ô nhiễm môi trường nước nghiêm trọng. Tình hình bệnh và thiệt hại tôm sú trong năm 2018 tại một số địa phương nuôi tôm trọng điểm của vùng BĐCM (như tại tỉnh Cà Mau, Bạc Liêu, Kiên Giang, Sóc Trăng) với tổng diện tích tôm sú bị bệnh và thiệt hại là gần 12.410ha (cao hơn gần 26% so với cùng kỳ năm 2017); trong đó, Kiên Giang có diện tích tôm sú bị bệnh và thiệt hại nhiều nhất với hơn 7.172ha [85], [89]. Phần diện tích tôm bị thiệt hại do môi trường với hơn 7.087ha và còn lại là phần lớn diện tích thiệt hại chưa xác định rõ nguyên nhân gây bệnh, với hơn 3.031ha. Đối với hoạt động nuôi cá Tra bè tập trung tại Thốt Nốt, Ô Môn, thành phố Cần Thơ xảy ra tình trạng cá bè chết hàng loạt, sản lượng giảm sút do ô nhiễm môi trường nước mặt. Điều này gây thiệt hại lớn về kinh tế do tổn thất chi phí đầu tư ban đầu và cả chi phí để phục hồi xử lý môi trường nước thả nuôi [86, 87], [25].

Ngoài ra, cũng đã phát sinh mâu thuẫn, xung đột về sử dụng nguồn nước, phổ biến nhất là giữa các mục đích sử dụng trong khai thác cùng một nguồn tài nguyên nước mặt. Chẳng hạn, xung đột giữa ngư nghiệp và nông nghiệp, giữa ngư nghiệp và lâm nghiệp khi một trong hai bên khai thác quá mức; xung đột giữa hoạt động nông nghiệp và hoạt động công nghiệp, xung đột trong việc sử dụng nguồn tài nguyên và BVMT như trường hợp cơ sở sản xuất gặp sự cố làm ô nhiễm nước ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và gây ô nhiễm môi trường trên địa bàn. Trong đó, xung đột giữa đối tượng gây ô nhiễm môi trường và người dân chịu tác động bởi ô nhiễm cũng là dạng xung đột điển hình hiện nay ở nhiều địa phương. Như tại Sóc Trăng, người dân phản ánh về việc Công ty TNHH chế biến thực phẩm bánh pía, lập xưởng Tân Huê Viên trong quá trình hoạt động sản xuất xả nước thải ra môi trường gây ô nhiễm nguồn nước

làm ảnh hưởng đến đời sống sinh hoạt của các hộ dân sống xung quanh khu vực ấp Phụng Hiệp, xã An Hiệp, huyện Châu Thành và khóm 2, phường 7, TP Sóc Trăng. Năm 2014, khu công nghiệp An Nghiệp xả nước ô nhiễm từ nhà máy xử lý nước thải ra môi trường hàng trăm hộ dân ở 2 ấp Phụng Hiệp và An Trạch xã An Hiệp huyện Châu Thành (Sóc Trăng) [32], [68].

Như vậy, trong vùng nghiên cứu nguồn thải gây ô nhiễm đã ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng nước mặt, làm ảnh hưởng đến nguồn nước cấp cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp (giảm năng suất cây trồng). Bên cạnh đó vấn đề về xung đột trong sử dụng nguồn nước cũng đã diễn ra và đặc biệt là đã có sự cố môi trường xảy ra trong vùng nghiên cứu.

### **1.3 TỔNG QUAN VỀ CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN ĐẾN NGUỒN XẢ THẢI VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU**

Hiện nay, khoa học nghiên cứu liên quan đến nguồn xả thải và chất lượng nước trên thế giới và trong nước, nhất là về thủy lực và chất lượng nước, các nghiên cứu liên quan đến nguồn thải và tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt trong các thủy vực, hệ sông kênh phát triển rất mạnh mẽ, từ thực nghiệm đến mô hình mô phỏng, đã giải quyết khá tốt bài toán chế độ nước trong các hệ nguồn nước, phục vụ hiệu quả cho quản lý nguồn nước [128], [99]. Dưới đây là một số nét chính về vấn đề này.

#### **1.3.1 Tổng quan các nghiên cứu liên quan đến tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt**

##### **1.3.1.1 Các nghiên cứu liên quan trên Thế giới**

Các nghiên cứu liên quan đến tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt đã được nghiên cứu ở nhiều nước trên thế giới. Một số nghiên cứu tích hợp nguồn thải điểm và phân tán để đánh giá và áp dụng phương pháp đánh giá rủi ro cho một lưu vực sông có chiến lược tiếp cận chi phí tối thiểu. Theo đó nguồn nước tiếp nhận có thể được coi như là tương tự như một hệ thống xử lý nước thải. Sau khi tự làm sạch, các hệ sinh thái phục hồi sau đó được đánh giá bằng phương pháp đánh giá rủi ro truyền thống. Bên cạnh đó còn đánh giá được ảnh hưởng của chất dinh dưỡng đến biển nhằm hỗ trợ cho việc quản lý của các chất dinh dưỡng nitơ (N) và photpho (P) ở lưu vực sông.

Hơn nữa, các nghiên cứu cũng xác định được tầm quan trọng của chất diệp lục và thực vật phù du đến quá trình động học của các thành phần chất lượng nước ở một cửa sông ven biển.

Việc xả nước thải của nguồn ô nhiễm điểm đã gây ra một số thách thức cho các nhà quản lý lưu vực sông [108]. Nước thải sinh hoạt từ các hoạt động của con người trong các khu dân cư đông đúc đã ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt bởi vì ô nhiễm do nước thải sinh hoạt chủ yếu là chất hữu làm giảm lượng oxy trong các hệ sinh thái dưới nước do tác động của các quá trình phân huỷ sinh hoá [97], [95], [137], [125], ảnh hưởng của việc xả nước thải đô thị không được xử lý đã dẫn đến các hiện tượng phú dưỡng và ảnh hưởng xấu đến chức năng dịch vụ sinh thái của hệ sinh thái ven biển [135]. Ở các nước đang phát triển, một trong những thách thức lớn là quản lý nước thải công nghiệp, nguồn nước thải công nghiệp là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến sự suy thoái của các nguồn nước tiếp nhận [124], [139], [96], [112], gây ô nhiễm nghiêm trọng nhất là nước thải từ sản xuất len và dệt tổng hợp [105]. Bên cạnh đó, nước thải nông nghiệp cũng phổ biến ở các khu vực nông thôn, tạo ra áp lực rất lớn đối với chất lượng nước mặt [136].

Việc tái sử dụng nước thải cho mục đích tưới tiêu có thể góp phần đáng kể vào việc giảm ô nhiễm nguồn nước, sử dụng tối đa nước và phục hồi hàm lượng dinh dưỡng của đất [114], [98]. Tuy nhiên một số nghiên cứu cũng chỉ ra rằng việc sử dụng một phần nước thải đã qua xử lý và chưa qua xử lý để tưới tiêu có lợi trong nông nghiệp nhưng có thể gây ra những rủi ro về sức khỏe con người [103], [106], [100]. Nguy cơ cao hơn ở trẻ em và những người bị suy giảm miễn dịch [94].

Việc dự báo dài hạn nhằm cảnh báo kịp thời ô nhiễm cho các vùng nghiên cứu cũng đã được thực hiện. Trong đó đã dùng mô hình toán để xác định nguồn gây ô nhiễm và định lượng được tải lượng các nguồn phân tán (mặc dù thực tế rất khó để xác định nguồn và lượng chất thải, đặc biệt là nguồn phân tán). Sự tham gia của các chất ô nhiễm riêng lẻ trong lượng chất thải ô nhiễm cũng được ước tính toán cho việc quản lý môi trường thích hợp của một lưu vực sông [134, 133].

Có thể thấy, các nghiên cứu đã phân tích chất lượng môi trường nước theo không gian và thời gian, đồng thời khẳng định được những tác động xấu đến môi trường do



hoạt động nuôi trồng thủy sản (như nuôi tôm) gây nên thông qua việc lý giải nguyên nhân các tác động xấu đến môi trường, hệ sinh thái.

### ***1.3.1.2 Nghiên cứu cho vùng Bán đảo Cà Mau***

Đối với vùng Bán đảo Cà Mau, trong thời gian vừa qua, một số Tổ chức và Viện nghiên cứu trên thế giới đã nghiên cứu các vấn đề nổi cộm của vùng nghiên cứu như chế độ thủy văn, thủy lực, xâm nhập mặn, chất lượng nước phục vụ sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản của Ủy hội sông Mê Công [120-123], [130], [118]. Một số nghiên cứu điển hình về cơ chế trao đổi nước, tính toán lan truyền nguồn nguồn thải trên sông, kênh như đánh giá đất và nước ở các vùng ven biển ứng phó với mâu thuẫn giữa sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản Chu Thái Hoành [107]; Ứng dụng mô hình thủy lực, xâm nhập mặn để dự báo tác động của xâm nhập mặn vùng ven biển của Viện nghiên cứu Nước Quốc tế [109]; Sử dụng mô hình thủy lực và GIS nhằm quản lý chất lượng nước, mâu thuẫn giữa nông nghiệp và NTTS vùng ĐBSCL (Việt Nam) của Chu Thái Hoành [110]. Phân tích đánh giá tác động của ô nhiễm đến nuôi tôm vùng ĐBSCL của Timothy [117].

Việc quản lý nguồn nước, giảm thiểu ô nhiễm trong vùng nghiên cứu cũng đã được Viện khoa học Thủy lợi Miền Nam nghiên cứu đề xuất [67], đồng thời đề xuất các phương án quy hoạch và quản lý hệ thống thủy lợi nhằm khai thác bền vững vùng Bán đảo Cà Mau [66]. Đặc biệt, đã đề xuất các giải pháp giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng Bán đảo Cà Mau [69] và đã đề xuất được các khu vực ưu tiên phát triển thủy sản, khu vực nên sử dụng như một vùng đệm để cải thiện môi trường sinh thái có liên quan đến nuôi trồng thủy sản của Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2 [2].

Các nghiên cứu cũng đã xác định được nguyên nhân chính gây ô nhiễm nguồn nước mặt là do hoạt động xả thải của con người, với các nguồn xả thải chính vào nguồn tiếp nhận bao gồm: sinh hoạt, công nghiệp, NTTS và nông nghiệp. Việc cải thiện môi trường nước trong vùng nghiên cứu rất phức tạp. Các yếu tố tác động chủ yếu bao gồm các hoạt động từ thượng lưu, hạ lưu, và đặc biệt việc phát triển nội tại của vùng nghiên cứu làm cho môi trường nước ngày càng ô nhiễm. Do vậy, ngoài việc áp dụng các biện

pháp giảm thiểu hiện nay, cần phải có những quy chuẩn chặt chẽ hơn để giảm thiểu tại nguồn, đặc biệt, tại những khu vực bị ô nhiễm nặng [91].

Việc đánh giá được sự ảnh hưởng của chua phèn đến chất lượng nước mặt đã được tác giả Ngô Đăng Phong (Trường đại học Melbourne) ứng dụng mô hình mô phỏng độ chua trong kênh do đất chua cho vùng BĐCM. Trong đó, tác giả dùng Mô hình VRSAP để mô phỏng các kịch bản lan truyền chua phèn kết hợp với đặc tính dòng trung vùng ảnh hưởng triều và đề xuất một số biện pháp giảm thiểu ô nhiễm do phèn cho vùng BĐCM (tập trung cho tỉnh Bạc Liêu). Viện nghiên cứu về lúa quốc tế (Philippines) cũng đã sử dụng mô hình VRSAP mô phỏng kết hợp mặn và nhu cầu sử dụng đất trong vùng ĐBSCL [104]. Mô hình đã mô phỏng sự phân bố mặn về không gian và thời gian đối với vùng nghiên cứu, đồng thời xác định được khả năng vận hành các công ngăn mặn (thuộc vùng BĐCM, dọc theo kênh Cà Mau – Bạc Liêu) vào mùa khô cho vùng nuôi tôm cũng như ảnh hưởng đến vùng trồng lúa.

Việc đánh giá chất lượng nước mặt cửa sông, ven biển vùng BĐCM cũng đã được thực hiện. Kết quả mô phỏng các thông số chất lượng nước ( $\text{DO}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , và  $\text{BOD}_5$ ) tại các cửa sông vùng BĐCM của Đoàn Quang Trí [131] cho thấy nồng độ các thông số đã vượt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt và nước ven biển và giới hạn A1 (dùng cho nước sinh hoạt). Trong Báo cáo đánh giá tác động môi trường của Dự án Hệ thống thủy lợi Cái Lớn - Cái Bé (giai đoạn 1), Viện Kỹ Thuật Biển đã đánh giá, dự báo các tác động trong giai đoạn vận hành của hệ thống (vào mùa khô và mùa mưa) dựa vào kết quả tính toán chất lượng nước (bằng Mike11-Ecolab) của Nguyễn Tất Đắc, tập trung cho các đối tượng bị tác động trực tiếp bởi việc vận hành đóng/mở cống (chất lượng nước mặt, xâm nhập mặn, chua phèn,...). Kết quả mô phỏng chất lượng nước (các thông số  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{DO}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{P}$ ) đối với các trường hợp hành cho thấy diễn biến chất lượng môi trường nước khi có cống Cái Lớn – Cái Bé gần như không làm thay đổi lớn so với hiện trạng; một số chỉ tiêu môi trường thay đổi nhỏ, không ảnh hưởng lớn đến chất lượng nguồn nước. Tuy nhiên, có một vài vị trí tại các khu dân cư phía bên ngoài cống, khu đô thị bị tác động của các nguồn xả thải nên có một số chỉ tiêu tăng [82].

Kết quả nghiên cứu này là cơ sở nhằm giúp các nhà quản lý lập kế hoạch tốt hơn cho các khu nuôi trồng và bảo tồn thủy sản ở các cửa sông ven biển trong tương lai.

### 1.3.2 Tổng quan về công cụ nghiên cứu

Có một số loại công cụ nghiên cứu chất lượng nước trong hệ thống sông kênh như khảo cứu thực tế, thí nghiệm, phân tích thống kê, mô hình toán,... Trong đó, liên quan nhiều nhất đến đề tài luận án là mô hình toán (mô hình toán thủy lực, chất lượng nước). Dưới đây xin trình bày một số vấn đề về nội dung này.

#### 1.3.2.1 Một số mô hình phổ biến trên thế giới

Trên thế giới, mô hình toán thủy lực, chất lượng nước đã được nghiên cứu và ứng dụng thực tế từ rất sớm, và liên tục được phát triển cho đến ngày nay. Một số mô hình được sử dụng rộng rãi trong thời gian gần đây được trình bày trong Bảng 1.1 [116].

*Bảng 1.1: Một số mô hình toán thủy lực, chất lượng nước phổ biến trên thế giới*

| Mô hình                                  | AQUATOX                                                                                    | QUAL2E                                                                                                              | WASP                                                                                                                        | CEQUALRIV<br>1                                                                                                    | MIKE 11                                                                              | SWAT                                                                                                                         | SIMCAT                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Loại mô hình</b>                      | 1-D                                                                                        | 1-D                                                                                                                 | 1,2,3- D                                                                                                                    | 1-D                                                                                                               | 1-D                                                                                  | 1-D                                                                                                                          | 1-D                                         |
| <b>Nguồn tiếp nhận</b>                   | Sông, hồ, hồ chứa                                                                          | Sông                                                                                                                | Sông, hồ, hồ chứa, cửa sông                                                                                                 | Sông                                                                                                              | Sông, hồ chứa                                                                        | Sông, hồ, hồ chứa                                                                                                            | Sông                                        |
| <b>Các tiếp cận</b>                      | Phương trình sai phân bậc 4 và 5, Runge-Kutta                                              | Phương trình phản ứng tải khuếch tán                                                                                | Phương trình phản ứng tải khuếch tán                                                                                        | Phương trình liên tục, động lực và vận chuyển                                                                     | Phương pháp sai phân ẩn để giải phương trình Saint - Venant                          | Phương trình cân bằng khối lượng                                                                                             | Phản ứng trong bể khuấy liên tục nối tiếp   |
| <b>Khả năng của mô hình</b>              | DO, CBOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , OP, PO <sub>4</sub> , Nhiệt độ và bùn cát    | DO, BOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , OP, PO <sub>4</sub> , Nhiệt độ, Coliform và Vi khuẩn | DO, CBOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , OP, PO <sub>4</sub> , Nhiệt độ, bùn cát, Kim loại, chất độc | DO, BOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , OP, PO <sub>4</sub> , Nhiệt độ, Kim loại, vi khuẩn | Nhiệt độ, DO, BOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , bùn cát, Coliform và Vi khuẩn | DO, BOD, NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , OP, PO <sub>4</sub> , Nhiệt độ, Bùn cát, chất độc và kim loại | DO, CBOD, NH <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> |
| <b>Đặc tính chất lượng nước đặc biệt</b> | Tảo, thực vật trôi nổi, Sinh vật bám vào giá thể dưới nước, Sinh vật phù du, Tảo đáy và Cá | Tảo, thực vật trôi nổi, Sinh vật bám vào giá thể dưới nước, Sinh vật phù du, Tảo đáy                                | Tảo, thực vật trôi nổi, Sinh vật bám vào giá thể dưới nước, Sinh vật phù du, Thuốc trừ sâu                                  | Không                                                                                                             | Thực vật trôi nổi, Sinh vật bám vào giá thể dưới nước, Sinh vật phù du, Tảo đáy      | Tương tác giữa nước mặt và nước ngầm                                                                                         | Không                                       |
| <b>Ứng dụng</b>                          | Giới hạn trong đào tạo/ lĩnh vực công                                                      | Giới hạn trong đào tạo/ lĩnh vực công                                                                               | Trọng yếu trong đào tạo/ lĩnh vực công                                                                                      | Trọng yếu trong đào tạo/ phân phối hạn chế                                                                        | Trọng yếu trong đào tạo/ Chi phí lớn                                                 | Hài hòa trong đào tạo/ lĩnh vực công                                                                                         | Giới hạn trong đào tạo/ lĩnh vực công       |

*Nguồn: Đánh giá một số mô hình chất lượng nước hiện có [116]*

Mô hình chất lượng nước là một trong những công cụ quản lý chất lượng nguồn nước có nhiều ưu điểm, mang lại hiệu quả tốt. Trong những năm gần đây được ứng dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực: dự báo ô nhiễm, đánh giá xu thế biến đổi chất lượng nước, khai thác sử dụng hợp lý nguồn nước và làm cơ sở khoa học cho việc bảo vệ tổng hợp nguồn nước [20], [101], [102], [113], [115], [119], [126], [127], [129], [138].

Trong các mô hình trên, mô hình MIKE11 đang được sử dụng phổ biến tại Việt Nam, do có các ưu điểm như sau:

- Là phần mềm có khả năng giải quyết các bài toán dòng chảy, truyền chất đa dạng, với độ phức tạp của sơ đồ tính không hạn chế và khả năng mô phỏng công trình tốt. Trong đó, nhiều loại công trình đã được mô phỏng, không chỉ ở cấu trúc mà còn cả sự vận hành theo nhiều kiểu khác nhau. Chế độ vận hành cũng được đề cập cho nhiều tình huống thực tế, nhiều kiểu công trình;

- Phần mềm còn hỗ trợ bộ công cụ phân tích kết quả khá đa dạng, rất tiện ích cho người sử dụng;

- Với môi trường thân thiện với người sử dụng, linh hoạt, Mike11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch;

- Mô hình Mike11 cho kết quả tính toán có độ tin cậy tốt, phù hợp với thực tế. Mô hình cũng được ứng dụng nhiều trong việc giải quyết các vấn đề về nguồn nước thuộc các đề tài dự án nghiên cứu cấp Nhà nước, cấp Bộ, cấp tỉnh và các dự án sản xuất, quy hoạch của ngành cũng như nhiều dự án hợp tác quốc tế chẳng hạn [23], [27], [29], [64-71], [73], [87], [91], [92, 93]. Tuy nhiên, Mike11 còn có nhược điểm: đôi khi, việc mô phỏng chất lượng nước còn gặp khếch tán số khi trong sơ đồ tính có số Courant lớn, phải giảm bước thời gian tính toán, dẫn đến việc tính toán mất nhiều thời gian, đặc biệt là những hệ thống lớn và phức tạp.

### **1.3.2.2 Một số mô hình phổ biến trong nước**

Mô hình toán thủy lực, chất lượng nước cũng đã được các nhà khoa học Việt Nam phát triển liên tục từ nhiều chục năm trước đây. Một số mô hình phổ biến hiện nay bao gồm:

- Mô hình DELTA của Nguyễn Tất Đắc: là mô hình thủy lực, chất lượng nước 1 chiều đa dụng, có thể tính được nhiều yếu tố thủy lực và chất lượng nước (mặn, DO, BOD<sub>5</sub>, N, P,...), có khả năng kết nối với mô hình 2 chiều ven biển. Đây là mô hình có tính ổn định cao và tốc độ tính toán rất nhanh;

- Mô hình KOD-WQPS của Nguyễn Ân Niên: (1) KOD-WQPS là mô hình thủy lực, chất lượng nước 1 chiều, có thể tính được thủy lực và các yếu tố chất lượng nước như mặn, phù sa; KOD-2D chiều có thể tính cho bài toán 2 chiều ngang;

- Mô hình VRSAP của Nguyễn Như Khuê: là mô hình thủy lực và mặn; Mô hình VRSAP có thể được áp dụng cho hệ thống sông tự nhiên/kênh dẫn kết hợp với các ô ruộng hai bên bờ. Mô hình VRSAP trên thực tế đã được sử dụng tính toán xâm nhập mặn cho đồng bằng sông Cửu Long và một số hệ thống sông khác ở Việt Nam;

- Mô hình HYDROGIS của Nguyễn Hữu Nhân: là mô hình thủy lực, mặn 1 chiều;

- Mô hình F28 của Lê Song Giang: là mô hình thủy lực 1D, có thể tính thủy lực, mặn.

Các mô hình trên đều có nhiều ứng dụng thực tế ở Việt Nam. Trước khi bộ mô hình MIKE du nhập vào Việt Nam thì các mô hình trên là công cụ tính toán thủy lực, chất lượng nước chủ đạo trong nước.

Nhằm bổ sung thêm phương pháp luận và công cụ tính toán chất lượng nước, từ cuối thập niên 90 của thế kỷ trước, Nguyễn Ân Niên đã đề xuất hướng nghiên cứu nguồn nước trong các hệ thống sông kênh theo các thành phần của nó, gọi là “Bài toán định xuất xứ khối nước tác động” [31], sau đó đã được nghiên cứu sâu trong luận án tiến sĩ của Tăng Đức Thắng [63]. Sau 2002, Nguyễn Ân Niên và Tăng Đức Thắng cùng các cộng sự tiếp tục nghiên cứu và phát triển thành “Lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước” hoặc “Lý thuyết lan truyền các nguồn nước thành phần”, gọi ngắn là “Lý thuyết lan truyền các nguồn nước” và một số tài liệu cũng gọi tắt là “Lý thuyết thành phần nguồn nước” [27, 29], [32], [8], [33-36]. Để dễ theo dõi, luận án này sử dụng thuật ngữ “Lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước”. Lý thuyết này ra đời bổ sung thêm công cụ nghiên cứu về nguồn nước trong các hệ thống sông kênh, nhất là nơi có nhiều nguồn nước tác động.

Lý thuyết này là một tiếp cận mới đánh giá nguồn nước dựa vào sự lan truyền của các nguồn nước thành phần (còn gọi là các nguồn nước có nguồn gốc khác nhau), được xem là công cụ có nhiều ưu điểm và giải quyết được khá nhiều vấn đề mà ở các phương pháp truyền thống chưa đề cập và còn hạn chế. Nó còn cho phép giải quyết không chỉ vấn đề lan truyền nguồn nước mà còn giải quyết chi tiết vai trò của các nguồn nước trong hệ thống, chi tiết về lý thuyết này được trình bày ở mục 2.2.5.2.

Về ứng dụng, Lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước đã được ứng dụng khá phong phú, chi tiết được trình bày dưới đây.

Lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước đã được ứng dụng cùng với việc sử dụng mô hình toán thích hợp để đánh giá và quản lý chất lượng nước các điểm nguồn cấp nước sinh hoạt trên sông Sài Gòn thuộc hệ thống sông Đồng Nai (Huỳnh Chức, luận án tiến sỹ) [7]. Nghiên cứu này đã xác định rõ các nhóm nguồn xả thải ảnh hưởng chính đến chất lượng nước tại các điểm nguồn cấp nước trên sông Sài Gòn và sông Đồng Nai, từ đó đưa ra các giải pháp phù hợp quản lý các nguồn xả thải để bảo vệ nguồn cấp nước trên sông.

Việc ứng dụng Lý thuyết lan truyền các nguồn nước cũng đã được thực hiện trong Luận án tiến sỹ “Xâm nhập mặn và môi trường nước trong công trình thủy lợi ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (Một nghiên cứu điển hình về Hệ thống thủy lợi Ba Lai)” của Hoàng Quang Huy tại Đại học nông nghiệp Tokyo (2011). Trong nghiên cứu này, các nguồn nước thành phần trong hệ thống (nguồn nước tưới, nguồn nước thải dân cư, nguồn nước mặn,...) đã được tính toán theo lý thuyết lan truyền các nguồn nước; từ đó xác định được phạm vi và mức độ tác động của từng nguồn và đề xuất các giải pháp quản lý nguồn nước trong hệ thống, giảm thiểu ô nhiễm [111].

Tương tự, Nguyễn Đình Vượng (luận án tiến sỹ [93]) cũng đã sử dụng lý thuyết lan truyền các nguồn nước để nghiên cứu động thái các nguồn nước thành phần trong hệ thống kênh mương vùng ven biển, tập trung vào hệ thống nuôi trồng thủy sản, trong đó các nguồn chính được xem xét bao gồm: nước bẩn xả ra từ các ruộng nuôi (thau rửa hệ thống), nước mang mầm bệnh thủy sản, nước mặn lấy từ biển cho các ruộng nuôi,... Từ việc khảo cứu này đã chỉ ra được các giải pháp quản lý, kiểm soát các nguồn nước

trong các hệ thống nuôi thủy sản để hạn chế những tác động bất lợi trong các hệ thống này.

Cùng với các nghiên cứu nêu trên, lý thuyết lan truyền các nguồn nước cũng đã được ứng dụng trong nhiều đề tài nghiên cứu, các dự án sản xuất. Các Đề tài do Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện như Đề tài cấp Nhà nước về BĐCM, Đề tài cấp Nhà nước về diễn biến nguồn nước ven biển, Đề tài cấp bộ dự báo lan truyền ô nhiễm,... đã ứng dụng lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước nhằm khảo cứu khả năng lan truyền, phân bố của các nguồn nước cơ bản thường trực trong Bán đảo [67, 69]. Trường đại học Thủy lợi cũng đã dự báo diễn biến một số yếu tố môi trường nước chính nhất ở lưu vực sông Vàm Cỏ [21] như xâm nhập mặn và khả năng cấp nước trong mùa kiệt; Lan truyền nước chua đầu mùa mưa; Lan truyền các nguồn ô nhiễm nước thải; Xu thế chuyển dịch các hệ sinh thái chính. Việc mô phỏng lan truyền mặn và ô nhiễm tại các vùng NTTS của huyện An Minh, An Biên (tỉnh Kiên Giang) cũng đã xác định được mức độ lan truyền ô nhiễm và phạm vi chịu ảnh hưởng, nhằm đánh giá khả năng tiêu nước ô nhiễm trên vùng sản xuất tôm – lúa của hệ thống công trình thủy lợi [24]

Quy hoạch Thủy lợi phục vụ NTTS và phát triển nông nghiệp bền vững vùng ven biển ĐBSCL cũng đã ứng dụng Lý thuyết lan truyền các nguồn nước mô phỏng cho 3 khu nuôi thủy sản tập trung là: khu nuôi giữa kênh Cái Cùng và Chùa Phật (Bạc Liêu); khu vực nuôi Nam Cà Mau (tỉnh Cà Mau) và khu nuôi tập trung thuộc Tứ giác Long Xuyên (tỉnh Kiên Giang) nhằm đánh giá khả năng đẩy ô nhiễm khi xảy ra dịch bệnh và lan truyền ô nhiễm do nước thải nông nghiệp, nước thải sinh hoạt đến nguồn nước khu vực nuôi. Kết quả cho thấy các vùng NTTS nằm sâu trong vùng nên khả năng đẩy ô nhiễm ra khỏi vùng nuôi mất rất nhiều thời gian, điều này sẽ ảnh hưởng đến môi trường nước trong vùng nuôi thủy sản (Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, [87]).

Trong lập quy trình vận hành hệ thống thủy lợi thuộc tiểu vùng II, III, V (tỉnh Cà Mau); An Biên – An Minh (tỉnh Kiên Giang), Lý thuyết lan truyền các nguồn nước cũng đã được ứng dụng để đánh giá diễn biến lan truyền mặn, các nguồn ô nhiễm theo các phương án vận hành công trình thủy lợi của các địa phương trong vùng dự án nhằm xác định mức độ và phạm vi ảnh hưởng (theo không gian và thời gian) do ô nhiễm của các

tiểu vùng để đưa ra phương án vận hành hợp lý (ngăn mặn và kiểm soát ô nhiễm) (Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [83], [84]).

Có thể thấy, mô hình Mike11 cho kết quả tính toán có độ tin cậy tốt, phù hợp với vùng nghiên cứu trong việc đánh giá tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước vùng Bán đảo Cà Mau.

#### **1.4 XÁC ĐỊNH VÀ GIỚI HẠN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN**

Qua phân tích tổng quan có thể thấy các nghiên cứu trên Bán đảo Cà Mau còn những hạn chế sau:

- Nước thải từ các hoạt động của con người đã ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt bởi vì ô nhiễm do nước thải làm giảm lượng ôxy trong các hệ sinh thái dưới nước;
- Đối với vùng nghiên cứu, việc dự báo chất lượng nước mặt cũng đã được thực hiện với một số nội dung, và cũng còn nhiều vấn đề chưa được làm rõ, nhất là trên phạm vi tổng thể toàn bán đảo. Trong đó đã dùng mô hình toán để mô phỏng các nguồn gây ô nhiễm nhằm cảnh báo kịp thời ô nhiễm cho các địa phương;
- Các nghiên cứu cũng đã đề xuất được các giải pháp giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm và đề xuất được các khu vực phát triển nông nghiệp, công nghiệp và thủy sản.

Tuy nhiên, việc ứng dụng các bộ mô hình để mô phỏng, tính toán còn nhiều hạn chế do số liệu chưa đầy đủ và chưa đồng bộ. Các nghiên cứu chưa nghiên cứu đầy đủ về tác động của từng nguồn thải đến chất lượng nước, nhất là nghiên cứu cho 1 vùng có hệ thống sông, kênh dày đặc và có chế độ thủy lực phức tạp như vùng BĐCM. Hơn nữa, việc ứng dụng mô hình thủy lực và chất lượng nước tính toán về chất lượng nước đối với vùng nghiên cứu còn nhiều tồn tại, cụ thể như sau:

- Chưa đánh giá được tổng thể các loại nguồn xả thải và chất lượng nước mặt của BĐCM;
- Việc đánh giá tác động của các loại nguồn xả thải đến chất lượng nước mặt vùng BĐCM và các điều kiện biên đến chế độ chất lượng nước trong bán đảo vẫn còn nhiều hạn chế;
- Định hướng các giải pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn nước thải trong vùng nghiên cứu chưa được đầy đủ.



Từ những tồn tại của các nghiên cứu hiện nay như đã phân tích ở trên, có thể xác định các vấn đề nghiên cứu chính của luận án như sau:

- (1) Đánh giá các nguồn xả thải ô nhiễm vào hệ thống sông/kênh vùng Bán đảo Cà Mau (định lượng các loại nguồn cho hiện tại và xu thế tương lai). Đồng thời, đánh giá được tác động của từng loại nguồn xả thải đến chất lượng nước vùng Bán đảo Cà Mau.
- (2) Nghiên cứu chế độ chất lượng nước dưới tác động của các nguồn xả thải nội bán đảo và các điều kiện biên, trong đó sự lan truyền, phân bố một số nguồn nước quan trọng được chú ý cho vùng BĐCM nhằm xác định được lan truyền và phạm vi tác động (hướng, phạm vi, tỷ lệ nguồn nước ô nhiễm theo thời gian) các nguồn xả thải và cơ chế gây ô nhiễm của từng loại nguồn, nhóm nguồn gây ô nhiễm.
- (3) Đưa ra định hướng các giải pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn nước thải (dựa vào phạm vi tác động của nguồn xả thải).

## **CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

#### **2.1.1 Đối tượng nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu là nguồn nước mặt và nguồn nước thải vùng Bán đảo Cà Mau. Nguồn nước mặt (nguồn nước ngọt từ sông Hậu và nước mưa, do mùa khô lượng mưa không đáng nên có thể bỏ qua nguồn nước này) và nước mặn từ biển Đông và biển Tây; Các nguồn nước thải chính gây ô nhiễm bao gồm nguồn nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản. Luận án tập trung nghiên cứu các đối tượng xả nước thải có lưu lượng  $\geq 50 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$  vì đây là tỷ lệ phổ biến với 1 vùng nghiên cứu là liên tỉnh (Theo Thông tư 37/2017/TT-BTNMT).

#### **2.1.2 Phạm vi nghiên cứu**

##### **2.1.2.1 Phạm vi không gian**

Phạm vi vùng nghiên cứu là toàn bộ BĐCM (Hình 2.4), nằm ở phía Nam kênh Cái Sắn và hữu ngạn sông Hậu, có tổng diện tích tự nhiên khoảng 1.678.000 ha (chiếm khoảng 43% diện tích ĐBSCL). Bán đảo bao gồm thành phố Cần Thơ, các tỉnh Hậu Giang, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và phần phía Nam tỉnh Kiên Giang (gồm các huyện Giồng Riềng, An Biên, An Minh, Vĩnh Thuận, Gò Quao và các xã phía Nam các huyện Châu Thành, Tân Hiệp). Dân số toàn vùng năm 2016 khoảng 6.853.174 người, mật độ dân số là 408 người/km<sup>2</sup> (Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [69]).

Bán đảo Cà Mau là một vùng đất thấp, trũng ở giữa, cao độ phổ biến từ  $0,2 \div 1 \text{ m}$ . Bán đảo có hệ thống kênh rạch lớn bé đan xen, dày đặc. Các sông lớn có tác động mạnh mẽ trên diện rộng trong Bán đảo bao gồm sông Hậu, Mỹ Thanh, Gành Hào, Ông Đốc, Bảy Hạp, Cái Lớn, Cái Bé (Bộ Tài nguyên và Môi trường [74]).

Ngoài các sông chính (và các nhánh quan trọng của nó), trong Bán đảo còn có nhiều kênh trục quan trọng. Ven sông Hậu có hàng chục kênh lớn, có bề rộng  $30 \div 100 \text{ m}$ , phổ biến sâu 3 - 6m, điển hình là các kênh Cái Sắn, Thốt Nốt, các kênh KH1, KH5, KH6, KH7, KH8, KH9, Ô Môn - sông Cần Thơ, Cần Thơ - Xà No, Cái Côn, Rạch Vọp, Đại Ngãi, Quản Lộ-Phụng Hiệp, Lái Hiếu... Các kênh này vừa làm nhiệm vụ cấp ngọt

cho Bán đảo, vừa làm nhiệm vụ tiêu trong Bán đảo ra sông Hậu và các hướng khác. Chúng đồng thời cũng là những trục giao thông thủy quan trọng (Hình 2.1).

### 2.1.2.2 Phạm vi thời gian

Thời gian nghiên cứu từ quá khứ gần đến hiện tại và chọn năm 2016 là năm điển hình vì đây là năm có điều kiện khí tượng và thủy văn bất lợi cho chất lượng nước mặt, ô nhiễm nước mặt gia tăng do nguồn nước ngọt từ thượng nguồn về thấp (thấp hơn so với trung bình nhiều năm khoảng 30%) và xâm nhập mặn vào vùng nghiên cứu gia tăng (chiều dài xâm nhập mặn 1 g/l là 65km).



Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

Hình 2.1: Sơ đồ mạng sông kênh chính vùng Bán đảo Cà Mau

## 2.2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG LUẬN ÁN

### 2.2.1 Phương pháp đo đặc hiện trường, lấy mẫu phân tích

#### a) Mục đích

Việc lấy mẫu nước mặt để đánh giá được xu thế chung biến đổi chất lượng nước [61], [69], đồng thời được dùng làm số liệu hiệu chỉnh, kiểm định mô hình toán (Nghiên cứu sinh tham gia trong giai đoạn này [66], [67], [69], [71]). Ngoài ra, để phục vụ xây dựng mô hình và đánh giá chất lượng nước luận án còn tham khảo nguồn số liệu quan trắc từ các địa phương trong vùng nghiên cứu [47], [50], [53, 54, 57-60].

#### b) Vị trí và số lượng mẫu quan trắc

Các vị trí được quan trắc có tính điển hình, đại diện cho vùng nghiên cứu theo các tiêu chí như sau:

- Các vị trí quan trắc nước mặt: đảm bảo phân bố theo các trục kênh chính của BĐCM;
- Các vị trí quan trắc nước thải: có thể quan trắc được tác động của một số nguồn xả thải chính trong vùng nghiên cứu.

Các vị trí lấy mẫu phân tích chất lượng nước mặt tại các sông, kênh chính trong vùng BĐCM [67]. Các vị trí quan trắc được định vị bằng máy GPS sau đó được chuyển về lưu trữ và số hóa trên bản đồ được thể hiện trên Hình 2.2.

Số lượng mẫu quan trắc là 233 mẫu, được phân bố rải rác theo dọc các tuyến sông, kênh và các địa phương trong vùng nghiên cứu. Trong đó, tỉnh Bạc Liêu 52 mẫu; Cà Mau 48 mẫu; Cần Thơ 31 mẫu; Hậu Giang 29 mẫu; Kiên Giang 31 mẫu và Sóc Trăng 48 mẫu.

#### c) Độ sâu lấy mẫu

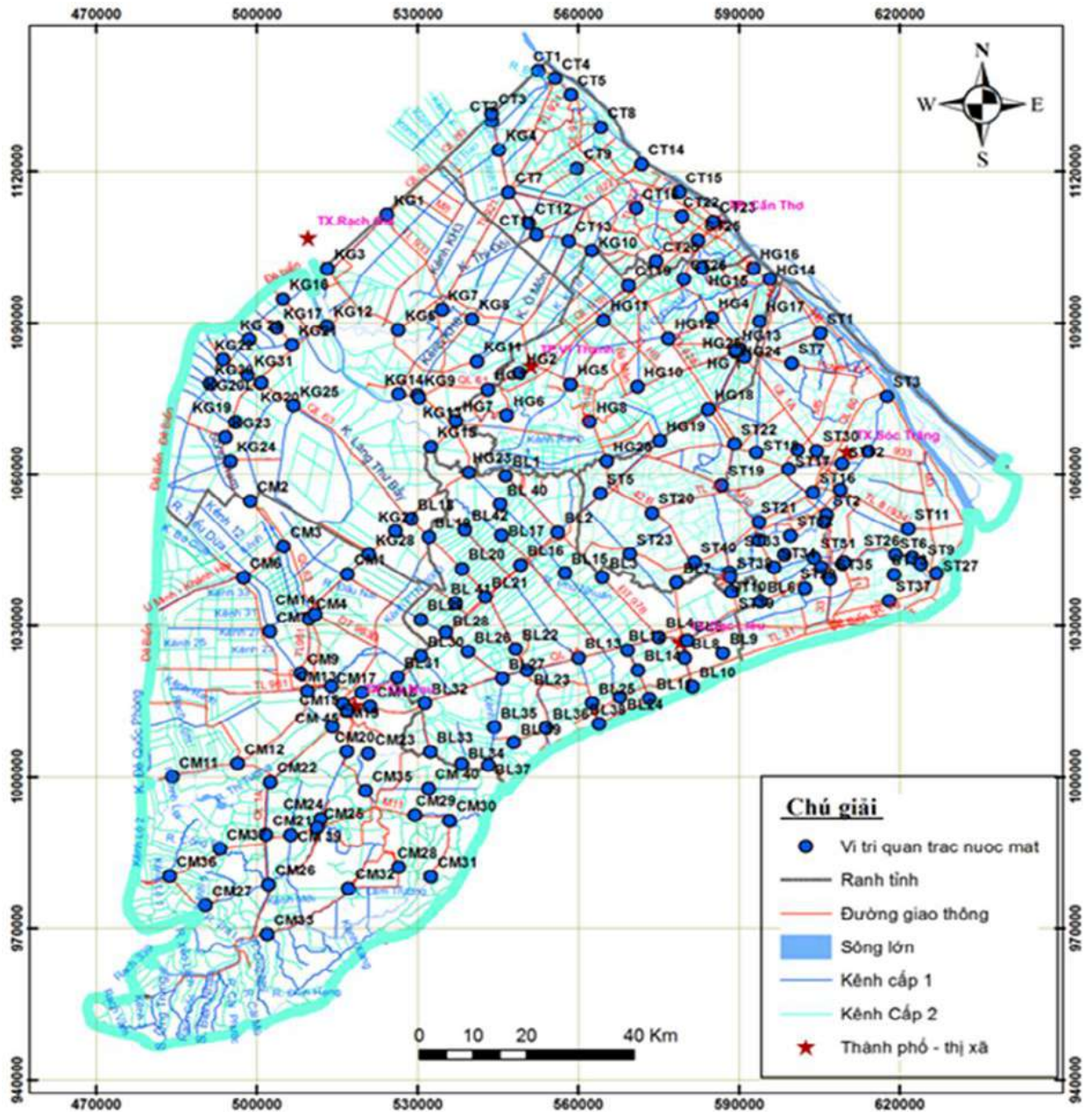
- Theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-6:2018, độ sâu lấy mẫu nước mặt chọn vị trí giữa dòng, lấy mẫu ở độ sâu cách mặt nước 0,2m.

#### d) Thông số quan trắc

Các thông số quan trắc bao gồm 3 nhóm chính:

- Nhóm I : Thông số pH, TSS;

- Nhóm IV (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng): Bao gồm các thông số DO, BOD<sub>5</sub>, COD, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>;
- Nhóm V (nhóm thông số vi sinh): thông số Coliform.



Nguồn: Đề tài [69]

Hình 2.2: Vị trí lấy mẫu phân tích chất lượng nước mặt vùng BDCM

e) Thời gian lấy mẫu

Mẫu nước được lấy vào mùa khô năm 2016 (tháng 4) và mùa mưa năm 2016 (tháng 10).

f) Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng nước

Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08-MT:2015/BTNMT đã được sử dụng chính để phân tích đánh giá.

*g) Phương pháp lấy mẫu và quan trắc*

Phương pháp phân tích các thông số quan trắc được tổng hợp trong Bảng 2.1.

*Bảng 2.1: Phương pháp phân tích các thông số quan trắc*

| TT | Chỉ tiêu                    | Số hiệu, tiêu chuẩn             | Phương pháp phân tích                                                                                                                                                                                           |
|----|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | pH                          | TCVN 6492:1999                  | Đo trực tiếp bằng máy pH tại hiện trường; Khoảng đo 0-14, độ chính xác $\pm 0,01$ .                                                                                                                             |
| 2  | DO                          |                                 | Đo trực tiếp bằng máy đo DO tại hiện trường                                                                                                                                                                     |
| 3  | Chất rắn lơ lửng (TSS)      | TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997) | Xác định chất rắn lơ lửng bằng cách lọc qua cái lọc sợi thủy tinh và sấy khô ở 105°C                                                                                                                            |
| 4  | COD                         | APHA-5220 C/D                   | Sử dụng phương pháp so màu đối với hai khoảng nồng độ <50mg/l và >50mg/l, chất oxi hóa sử dụng là $K_2Cr_2O_7$ .                                                                                                |
| 5  | BOD <sub>5</sub>            | TCVN 6001-1:2008                | Sử dụng phương pháp cấy và pha loãng.                                                                                                                                                                           |
| 6  | Amoni (NH <sub>4</sub> )    | APHA 4500D-NH3                  | Dùng phương pháp trắc phổ hấp thụ phân tử với thuốc thử Phenol Nitroprusside và Natri – Hypoclorite (The Indophenol Method).                                                                                    |
| 7  | Nitrit (NO <sub>2</sub> )   | TCVN 6178:1996                  | Dùng phương pháp trắc phổ hấp thụ phân tử với thuốc thử là Sulfanilamide và N-(1-naphthyl) - ethylenediamine dihydrochloride.                                                                                   |
| 8  | Phosphat (PO <sub>4</sub> ) | APHA 4500E-PO4                  | Dùng phương pháp so màu với hỗn hợp thuốc thử gồm: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , acid ascorbic, Antimony potassium tartrate (phương pháp xanh Molipdate). |
| 9  | Vi sinh (tổng Coliform)     | TCVN 6187-2:1996                | Sử dụng phương pháp nhiều ống (số có xác suất cao nhất).                                                                                                                                                        |

Áp dụng theo bộ tiêu chuẩn TCVN 6663 (ISO 6667) Chất lượng nước – Lấy mẫu.

Dưới đây là các Tiêu chuẩn mà luận án áp dụng:



- TCVN 6663-1:2011: Hướng dẫn thiết kế chương trình lấy mẫu và kỹ thuật lấy mẫu;
- TCVN 6663-3: 2008: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu;
- TCVN 6663-6: 2008: Hướng dẫn lấy mẫu ở sông và suối;
- TCVN 5999:1995: Chất lượng nước - Lấy mẫu. Hướng dẫn lấy mẫu nước thải;
- TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3:2003) - Hướng dẫn bảo quản và vận chuyển mẫu.

## 2.2.2 Phương pháp đánh giá nguồn xả thải

### 2.2.2.1 Phương pháp tính toán lưu lượng nước thải

Để đánh giá nước thải của toàn vùng đối với từng nguồn cụ thể (như đã xác định trong Mục 1.2.1), luận án sẽ tính toán lượng nước thải của các nguồn nước thải chính: sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản... với các đặc điểm được trình bày trong Bảng 2.2.

*Bảng 2.2: Bảng tổng hợp các loại nguồn thải và nguồn gốc phát sinh của các nguồn nước thải chính trong vùng BDCM*

| <i>TT</i> | <i>Nguồn thải</i>                               | <i>Nguồn gốc phát sinh</i>                                                                                                                                                                    | <i>Đặc điểm</i>                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Nguồn nước thải sinh hoạt                       | Nước thải ra từ các hoạt động sinh hoạt của con người như ăn uống, tắm giặt, vệ sinh cá nhân...                                                                                               | Nước thải sinh hoạt có nguồn gốc rất đa dạng. Các nguồn này thường chứa nhiều chất độc hại, các virus, vi khuẩn hơn các loại nước thải khác.                                                                                  |
| 2         | Nguồn nước thải công nghiệp                     | Nước thải công nghiệp là nước thải phát sinh từ quá trình công nghệ của cơ sở sản xuất, dịch vụ công nghiệp, từ nhà máy xử lý nước thải tập trung có đầu nối nước thải của cơ sở công nghiệp. | Nước thải công nghiệp thường chứa các loại hóa chất độc hại và khó xử lý hơn so với nước thải sinh hoạt.                                                                                                                      |
| 3         | Nước thải nông nghiệp (trồng trọt và chăn nuôi) | Phát sinh chủ yếu từ hoạt động trồng trọt và chăn nuôi.                                                                                                                                       | Nước thải trồng trọt thường có chứa chất BVTV, phân bón khá cao.<br>Nước thải chăn nuôi: hàm lượng các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng cao. Ngoài ra trong nước thải chăn nuôi có chứa hàm lượng lớn các vi khuẩn gây bệnh dịch. |
| 4         | Nước thải nuôi trồng thủy sản                   | Do hoạt động nuôi tôm và thủy sản nước ngọt, trong đó nuôi tôm là chính.                                                                                                                      | Nước thải NTTS thường chứa các vi khuẩn gây bệnh, thuốc và các hoá chất NTTS.                                                                                                                                                 |

Việc tính toán lưu lượng nước thải cho từng nguồn xả thải cho tương lai (2030) được dựa theo quy hoạch phát triển tổng thể kinh tế - xã hội đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng nghiên cứu.

#### 2.2.2.1.1 Tính toán lượng nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt của vùng BĐCM phát sinh do hoạt động xả thải của các hộ gia đình, khu dân cư, trường học,... Lượng nước thải sinh hoạt được tính toán để đưa vào mô hình là lượng nước xả thải vào hệ thống sông kênh. Theo nghiên cứu của Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam [69], lưu lượng xả thải vào hệ thống sông kênh được ước tính theo công thức:

$$q_{sh} = k_1 k_2 m.D \quad (2.1)$$

Trong đó:

- $q_{sh}$  : lưu lượng xả thải vào kênh mương ( $m^3$ /ngày-đêm)
- $k_1$  : hệ số xả thải tính theo lượng nước sinh hoạt
- $k_2$  : hệ số xả thải của vùng vào kênh mương
- $m$ : Tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt.
- $D$  : dân số của vùng (người).

Trong đó, dân cư biến động theo thời gian, có thể tính theo công thức:

$$D = D_0(1 + r)^t \quad (2.2)$$

với:

- $r$  : tỷ lệ gia tăng dân số (tính theo năm)
- $t$ : số năm
- $D_0$  : dân số đầu thời điểm tính toán (2016).

*Bảng 2.3: Các hệ số sử dụng trong công thức (2.1) và (2.2)*

| Hệ số   | $k_1$ | $k_2$ | m (l/ngày/người) |           | r     |
|---------|-------|-------|------------------|-----------|-------|
|         |       |       | Thành thị        | Nông thôn |       |
| Giá trị | 1,0   | 1     | 150              | 100       | 0,015 |

*Ghi chú:*

- Tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt cho thành thị: Theo TCXDVN 33:2006 về cấp nước – mạng lưới đường ống và công trình tiêu chuẩn thiết kế (Bộ Xây dựng).



- *Tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt cho nông thôn: Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 12286:2018 về Công trình cấp nước sinh hoạt nông thôn đập ngầm - Yêu cầu thiết kế, thi công và nghiệm thu.*

Trong luận án, lượng nước thải sinh hoạt được tính toán theo công thức 2.1, dựa trên số lượng dân cư (2016 và dự báo dân số năm 2030) và định mức sử dụng nước sinh hoạt hiện hành. Trong đó, hệ số xả thải tính theo lượng nước sinh hoạt được lấy theo Nghị định số 154/2016/NĐ-CP của Chính phủ ( $k_1 = 1$ ). Lưu lượng nước được phân bổ theo từng tuyến kênh trong vùng BĐCM.

#### **2.2.2.1.2 Tính toán lượng nước thải công nghiệp**

Vùng nghiên cứu có nhiều ngành công nghiệp đang được mở rộng quy mô sản xuất và phạm vi phân bố làm gia tăng lượng nước thải. Theo TCXDVN 33:2006 về cấp nước – mạng lưới đường ống và công trình tiêu chuẩn thiết kế (Bộ Xây dựng), tiêu chuẩn dùng nước cho nhu cầu sản xuất công nghiệp được xác định trên cơ sở những tài liệu thiết kế đã có hoặc so sánh với các điều kiện tương tự. Khi không có số liệu cụ thể, lưu lượng nước thải công nghiệp trung bình như sau:

- Đối với công nghiệp sản xuất rượu bia, sữa, đồ hộp, chế biến thực phẩm, giấy, dệt:  $45 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ngày}$ ;
- Đối với ngành công nghiệp khác:  $22 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ngày}$ .

Luận án căn cứ vào số liệu điều tra về các nguồn thải công nghiệp của Viện khoa học Thủy lợi Miền Nam [66-71], Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam [87]. Đối với các nguồn thải công nghiệp không có số liệu điều tra, lưu lượng nước thải công nghiệp được tính dựa vào diện tích để tính toán (Theo TCXDVN 33:2006).

#### **2.2.2.1.3 Tính toán lượng nước thải trồng trọt**

Lượng nước thải trồng trọt là lượng nước chảy ra từ các khu ruộng do việc tháo nước thừa hay rò rỉ tự nhiên (lượng nước hồi quy). Theo Viện khoa học Thủy lợi Miền Nam [69] lượng xả thải trồng trọt được tính theo lượng nước cấp cho nông nghiệp, được tính theo công thức:

$$q_{nn} = k_{nn} N C N_{nn} \quad (2.3)$$

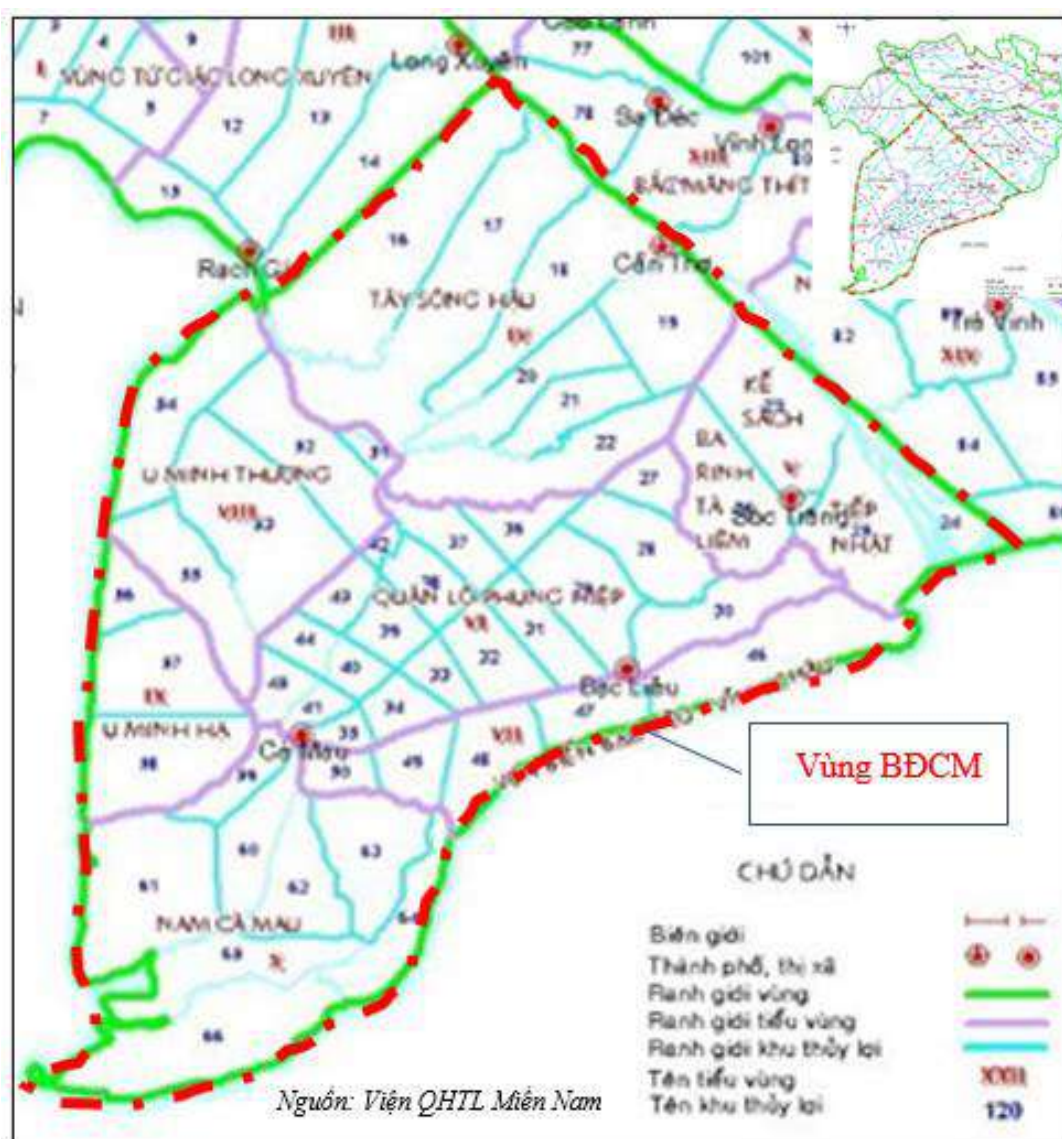
Trong đó:

$q_{nn}$  : lưu lượng xả thải trồng trọt ( $\text{m}^3/\text{ngày-đêm}$ );

$k_{nn}$  : hệ số xả thải trồng trọt (hệ số hồi quy trồng trọt). Theo một số nghiên cứu trên Thế giới và Việt Nam hệ số hồi quy được lấy khoảng 15%;

$NCN_{nn}$  : nhu cầu nước cấp cho trồng trọt ( $m^3/ngày\text{-đêm}$ ).

Lượng nước cấp cho trồng trọt tính bằng nhu cầu sử dụng nước (Luận án kế thừa kết quả tính toán nhu cầu nước của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [67]). Lượng nước thải trồng trọt của vùng BĐCM được tính toán theo phân vùng thủy lợi (từ khu thủy lợi 16 đến khu thủy lợi 66) như trong Hình 2.3.



Hình 2.3: Phân vùng thủy lợi vùng BĐCM (từ khu thủy lợi 16 đến khu thủy lợi 66)

#### 2.2.2.1.4 Tính toán lượng nước thải chăn nuôi

Lượng nước thải chăn nuôi được ước tính trên số lượng gia súc, gia cầm và hệ số phát sinh nước thải. Do trong vùng nghiên cứu chưa có quy định về tính toán chỉ thị môi trường nên luận án đã tham khảo Quyết định 88/QĐ-UBND ngày 13 tháng 01 năm 2014 của Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Dương hướng dẫn thu thập, tính toán chỉ thị môi trường giai đoạn 2013 – 2020 để tính toán lượng nước thải chăn nuôi.

#### 2.2.2.1.5 Tính toán lượng nước thải thủy sản

Lượng nước thải do nuôi trồng thủy sản là lượng nước chảy ra từ các ao nuôi do việc tháo nước hay rò rỉ tự nhiên. Theo Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [43], lượng xả thải thủy sản được tính theo lượng nước cấp cho thủy sản, được tính theo công thức:

$$q_{ts} = k_{ts} W_{ts} \quad (2.4)$$

Trong đó:

- $q_{ts}$  : lưu lượng xả thải nuôi trồng thủy sản ( $m^3/ngày\text{-đêm}$ );
- $k_{ts}$  : hệ số xả thủy sản nghiệp (hệ số hồi quy thủy sản). Theo QCVN 02-19:2014/BNNT hệ số  $k_{ts} = 10\%W_{an}$ ;
- $W_{ts}$  : lượng nước cấp cho nuôi trồng thủy sản ( $m^3/ngày\text{-đêm}$ ). Nhu cầu nước cho NTTS được tính theo công thức sau:

$$W_{ts} = W_{an} + W_{az} + W_{tt} \quad (2.5)$$

Trong đó:

- $W_{an}$ : Tổng lượng nước trong ao nuôi cho một vụ và được tính theo công thức  $W_{an} = S_{an}H_{an}$  ( $S_{an}$ : Diện tích ao nuôi;  $H_{an}$  là chiều sâu mực nước trong ao nuôi);
- $W_{az}$ : Lượng nước trong ao zèo (ao ương), và được tính theo công thức  $W_{az} = S_{az}H_{az}$  ( $S_{az}$ : Diện tích ao ương;  $H_{az}$  là chiều sâu mực nước trong ao ương);
- $W_{tt}$ : Tổng lượng nước do thấm và bốc hơi. Lượng nước thấm bình quân khoảng  $2mm/ngày$ ; Lượng nước bốc hơi tính bình quân tính cho mùa khô khoảng  $0,5cm/ngày$ .

#### 2.2.2.2 Phương pháp xác định nồng độ nước thải

Đối với vùng nghiên cứu, các thông số đặc trưng của nước thải là các chỉ tiêu lý học, hóa học, sinh học, vi sinh, dầu mỡ, kim loại nặng... Thực tế cho thấy, việc xác định nồng độ nước thải còn nhiều hạn chế do số liệu không đầy đủ, thiếu đồng bộ, tản xuất đo đạc không nhiều. Do vậy, trong luận án chủ yếu tính toán các thông số đặc trưng là

DO, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (đã được xác định trong Mục 3.2.2). Có 2 phương pháp xác định nồng độ nước thải như sau:

- Dựa vào các kết quả phân tích chất lượng nước thải của các dự án điều tra của các địa phương trong vùng nghiên cứu [47, 51, 48-50, 55, 56, 53, 54, 57, 58], [52];
- Dựa vào các Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải:

+ *Xác định nồng độ nước thải sinh hoạt*: Đối với các vị trí (biên) không có kết quả phân tích, nồng độ nước thải sinh hoạt sẽ được tính toán theo QCVN 14:2008/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt). Theo đó, xác định được giá trị tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt khi thải ra môi trường. Giá trị tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt khi thải ra nguồn nước tiếp nhận nước thải không vượt quá giá trị  $C_{\max}$  được tính toán như sau:

$$C_{\max} = C \times K \quad (2.6)$$

Trong đó:

- $C_{\max}$  là nồng độ tối đa cho phép của thông số ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt khi thải ra nguồn nước tiếp nhận (mg/l);
- $C$  là giá trị nồng độ của thông số ô nhiễm (Bảng 2.4)

$K$  là hệ số tính tới quy mô, loại hình cơ sở dịch vụ, cơ sở công cộng và chung cư (Bảng 2.5)

*Bảng 2.4: Giá trị các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán giá trị tối đa cho phép trong nước thải sinh hoạt*

| TT | Thông số                             | Đơn vị | Giá trị C |       |
|----|--------------------------------------|--------|-----------|-------|
|    |                                      |        | A         | B     |
| 1  | pH                                   | -      | 5 - 9     | 5 - 9 |
| 2  | BOD <sub>5</sub> (20 <sup>0</sup> C) | mg/l   | 30        | 50    |
| 3  | Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)          | mg/l   | 50        | 100   |
| 4  | Tổng chất rắn hòa tan                | mg/l   | 500       | 1000  |
| 5  | Sulfua (tính theo H <sub>2</sub> S)  | mg/l   | 1.0       | 4.0   |
| 6  | Amoni (tính theo N)                  | mg/l   | 5         | 10    |

*Bảng 2.5: Giá trị hệ số K ứng với loại hình cơ sở dịch vụ, công cộng và chung cư*

| Loại hình cơ sở                                            | Quy mô, diện tích sử dụng của cơ sở                    | Giá trị hệ số K |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. Khách sạn, nhà nghỉ                                     | Từ 50 phòng hoặc khách sạn được xếp hạng 3 sao trở lên | 1               |
|                                                            | Dưới 50 phòng                                          | 1,2             |
| 2. Trụ sở cơ quan, văn phòng, trường học, cơ sở nghiên cứu | Lớn hơn hoặc bằng 10.000m <sup>2</sup>                 | 1,0             |
|                                                            | Dưới 10.000m <sup>2</sup>                              | 1,2             |
| 3. Cửa hàng bách hoá, siêu thị                             | Lớn hơn hoặc bằng 5.000m <sup>2</sup>                  | 1,0             |
|                                                            | Dưới 5.000m <sup>2</sup>                               | 1,2             |
| 4. Chợ                                                     | Lớn hơn hoặc bằng 1.500m <sup>2</sup>                  | 1,0             |
|                                                            | Dưới 1.500m <sup>2</sup>                               | 1,2             |
| 5. Nhà hàng ăn uống, cửa hàng thực phẩm                    | Lớn hơn hoặc bằng 500m <sup>2</sup>                    | 1,0             |
|                                                            | Dưới 500m <sup>2</sup>                                 | 1,2             |
| 6. Cơ sở sản xuất, doanh trại lực lượng vũ trang           | Từ 500 người trở lên                                   | 1,0             |
|                                                            | Dưới 500 người                                         | 1,2             |
| 7. Khu chung cư, khu dân cư                                | Từ 50 căn hộ trở lên                                   | 1,0             |
|                                                            | Dưới 50 căn hộ                                         | 1,2             |

+ *Xác định nồng độ nước thải công nghiệp*: Đối với các vị trí (biên) không có kết quả phân tích, nồng độ nước thải công nghiệp sẽ được tính toán theo QCVN 40:2011/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải công nghiệp). Theo đó, xác định được giá trị tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn tiếp nhận nước thải được tính toán như sau:

$$C_{\max} = C \times K_q \times K_f \quad (2.7)$$

Trong đó:

- $C_{\max}$  là giá trị tối đa cho phép của thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn tiếp nhận nước thải.
- $C$  là giá trị của thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp (Bảng 2.6);
- $K_q$  là hệ số nguồn tiếp nhận nước thải (Bảng 2.7);
- $K_f$  là hệ số lưu lượng nguồn thải (Bảng 2.8).

Nước thải công nghiệp xả vào hệ thống thoát nước đô thị, khu dân cư chưa có nhà máy xử lý nước thải tập trung thì áp dụng giá trị  $C_{\max} = C$  quy định tại cột B Bảng 2.6.

*Bảng 2.6: Giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp*

| TT | Thông số                    | Đơn vị | Giá trị C |     |
|----|-----------------------------|--------|-----------|-----|
|    |                             |        | A         | B   |
| 1  | Nhiệt độ                    | °C     | 40        | 40  |
| 2  | BOD <sub>5</sub> (20°C)     | mg/l   | 30        | 50  |
| 3  | COD                         | mg/l   | 75        | 150 |
| 4  | Amoni (tính theo N)         | mg/l   | 5         | 10  |
| 5  | Tổng nitơ                   | mg/l   | 20        | 40  |
| 6  | Tổng phốt pho (tính theo P) | mg/l   | 4         | 6   |

**Ghi chú:**

- Cột A quy định giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn nước được dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt;
- Cột B quy định giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

*Bảng 2.7: Hệ số K<sub>q</sub> ứng với lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải*

| Lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải (m <sup>3</sup> /s) | Hệ số K <sub>q</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|
| $Q \leq 50$                                                           | 0,9                  |
| $50 < Q \leq 200$                                                     | 1                    |
| $200 < Q \leq 500$                                                    | 1,1                  |
| $Q \geq 500$                                                          | 1                    |

**Ghi chú:**

- Q được tính theo giá trị trung bình lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải 03 tháng khô kiệt nhất trong 03 năm liên tiếp (số liệu của cơ quan Khí tượng Thủy văn).
- Khi nguồn tiếp nhận nước thải không có số liệu về lưu lượng dòng chảy của sông, suối, khe, rạch, kênh, mương thì áp dụng K<sub>q</sub> = 0,9.
- Vùng nước biển ven bờ dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh, thể thao và giải trí dưới nước, đầm phá nước mặn và nước lợ ven biển áp dụng K<sub>q</sub> = 1. Vùng nước biển ven bờ không dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh, thể thao hoặc giải trí dưới nước áp dụng K<sub>q</sub> = 1,3.

*Bảng 2.8: Hệ số lưu lượng nguồn thải K<sub>f</sub>*

| Lưu lượng nguồn thải (F) (m <sup>3</sup> /s) | Hệ số K <sub>f</sub> |
|----------------------------------------------|----------------------|
| $F \leq 50$                                  | 1,2                  |
| $50 < F \leq 500$                            | 1,1                  |
| $500 < F \leq 5000$                          | 1,0                  |
| $F > 5000$                                   | 0,9                  |

### 2.2.3 Tính toán tải lượng ô nhiễm

Tải lượng ô nhiễm là khối lượng chất ô nhiễm có trong nước thải hoặc nguồn nước trong một đơn vị thời gian xác định. Để xác định tải lượng ô nhiễm cho vùng Bán đảo Cà Mau, các nguồn thải được tính toán bao gồm sinh hoạt, công nghiệp, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Tải lượng chất ô nhiễm hàng ngày tại các nguồn thải được tính dựa vào công thức sau [5]:

$$L_t = Q_t * C_t * 86,4 \quad (2.8)$$

Trong đó:

- $L_t$  (kg/ngày) là tải lượng chất ô nhiễm trong nguồn thải;
- $Q_t$  (m<sup>3</sup>/s) là lưu lượng nước thải;
- $C_t$  (mg/l) là giá trị nồng độ của chất ô nhiễm trong nước thải.
- 86,4 là hệ số chuyển đổi từ (m<sup>3</sup>/s)\*(mg/l) sang (kg/ngày).

### 2.2.4 Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước mặt (WQI)

Luận án áp dụng phương pháp tính chỉ số chất lượng nước (VN\_WQI) theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam.

Chỉ số chất lượng nước của Việt Nam (VN\_WQI) là chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước mặt ở Việt Nam, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng của nguồn nước đó, được biểu diễn qua một thang điểm. Chỉ số chất lượng nước được tính theo thang điểm (6 khoảng giá trị WQI) tương ứng với biểu tượng và các màu sắc để cảnh báo chất lượng nước đáp ứng cho nhu cầu sử dụng.

Do vùng nghiên cứu chủ yếu bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh nên sẽ tính toán VN\_WQI bao gồm 03/05 nhóm thông số (Nhóm I, IV và V). Chỉ số chất lượng nước được tính theo thang điểm (khoảng giá trị WQI) tương ứng với biểu tượng và các màu sắc để đánh giá chất lượng nước đáp ứng cho nhu cầu sử dụng (Bảng 2.9).

Đối với vùng ảnh hưởng của thủy triều, tính toán WQI được tính trong thời gian triều xuống vì đây là thời điểm hàm lượng các thông số chất lượng có xu thế cao hơn khi triều lên [19]. Tức là chất lượng nước khi triều xuống kém hơn so với thời gian triều

lên. Đối với cách vị trí bị ảnh hưởng mặn (độ mặn > 3g/l) sẽ có ghi chú bổ sung về mục đích sử dụng nước.

*Bảng 2.9: Mức đánh giá chất lượng nước theo giá trị WQI*

| WQI      | Chất lượng nước  | Màu sắc        |                                                                                     |
|----------|------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 91 - 100 | Rất tốt          | Xanh nước biển |  |
| 76 - 90  | Tốt              | Xanh lá cây    |  |
| 51 - 75  | Trung bình       | Vàng           |  |
| 26 - 50  | Xấu              | Da cam         |  |
| 10 - 25  | Kém              | Đỏ             |  |
| < 10     | Ô nhiễm rất nặng | Nâu            |  |

*Nguồn: Quyết định số 1460/QĐ-TCMT về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam.*

## 2.2.5 Phương pháp mô hình toán

### 2.2.5.1 Vai trò của mô hình toán trong đánh giá chất lượng nước vùng nghiên cứu

Trong đánh giá chất lượng nước nói chung và cho vùng nghiên cứu nói riêng, mô hình thủy lực và chất lượng nước đóng một vai trò quan trọng trong việc mô phỏng diễn biến chất lượng nước cho hiện tại và các phương án phát triển trong tương lai. Đặc biệt đối với vùng BĐCM có hệ thống sông, kênh dày đặc và có chế độ thủy văn, thủy lực phức tạp (ảnh hưởng của thủy triều của cả Biển Đông và Biển Tây) thì việc đánh giá chất lượng nước thông qua kết quả mô phỏng bằng mô hình toán rất cần thiết và là công cụ quan trọng trong việc hỗ trợ đánh giá cũng như quản lý tài nguyên nước, bảo vệ môi trường nước.

Các mô hình thủy lực, chất lượng nước hiện nay về cơ bản đều đáp ứng được các yêu cầu tính toán (thủy lực, tải khuếch tán, chất lượng nước) cho vùng BĐCM. Luận án lựa chọn Mike11 (Ecolab) để mô phỏng chất lượng nước vùng BĐCM vì đây là phần mềm có khả năng giải quyết các bài toán dòng chảy, truyền chất đa dụng, với độ phức tạp của sơ đồ tính không hạn chế và độ tin cậy chấp nhận được và đã được kiểm chứng qua nhiều nghiên cứu và ứng dụng thực tế [23], [27, 29], [64-71], [87, 92, 93]. Một



số miêu tả tóm lược về MIKE11 được trình bày trong Phụ lục 2.1 (Mục 1. Giới thiệu mô hình Mike11).

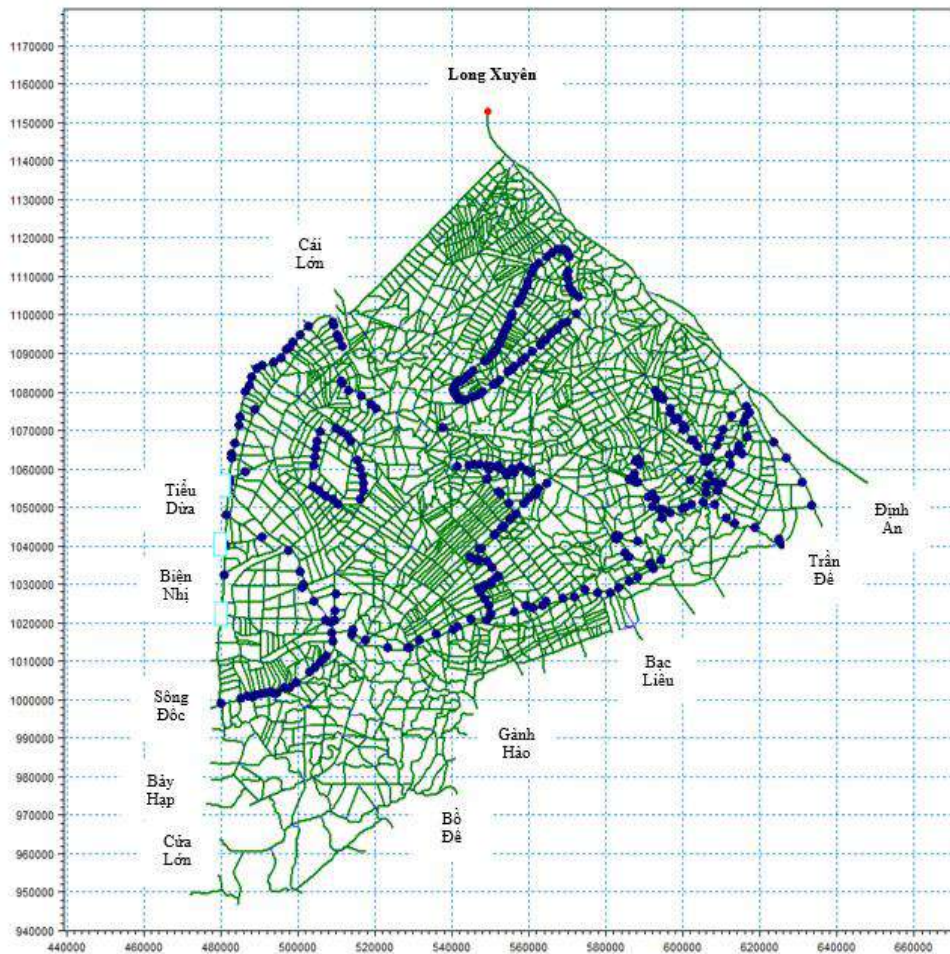
#### 2.2.5.2 Thiết lập mô hình Mike11-Ecolab cho vùng nghiên cứu

##### a) Mục đích

Việc thiết lập mô hình Mike11-Ecolab cho vùng Bán đảo Cà Mau nhằm mô phỏng và dự báo được diễn biến của chất lượng nước mặt trên hệ thống sông/kênh vùng BĐCM theo không gian và thời gian. Từ kết quả mô phỏng chất lượng nước, sẽ đánh giá tác động của các nguồn nước thải chính (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, NTTS) đến chất lượng nước mặt của vùng BĐCM.

##### b) Phạm vi mô hình

Để mô phỏng chất lượng nước cho vùng BĐCM phạm vi mô hình được tính từ Long Xuyên (An Giang) ra đến biển, xem Hình 2.4.



Hình 2.4: Sơ đồ mô chất lượng nước vùng nghiên cứu

Thông số mô phỏng: Mô hình toán chất lượng nước được lập dựa trên mô hình thủy lực, tải khuếch tán và sinh hóa. Mô hình được sử dụng cho các bài toán chất lượng nước, áp dụng mô phỏng lan truyền các thông số ô nhiễm chính ( $\text{DO}$ ,  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) vì căn cứ vào điều kiện của mô hình cũng như do đây là các thông số ô nhiễm đặc trưng của vùng nghiên cứu.

*Bảng 2.10: Số liệu biên mô hình chất lượng nước*

| <i>TT</i> | <i>Loại số liệu biên</i>    | <i>Xác định lưu lượng xả</i>                                                                                                           | <i>Chất lượng nước</i>                                                                                                                                               |
|-----------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Xả thải sinh hoạt           | Phương pháp xác định lưu lượng nước thải sinh hoạt như Mục 2.2.2.1.1 (theo từng tuyến kênh vùng BĐCM như trong Phụ lục 1, Bảng PL1.1). | Số liệu quan trắc về CLN thải sinh hoạt và kết quả tính nồng độ ( $\text{DO}$ , $\text{BOD}_5$ , $\text{NH}_4^+$ ) tại các biên trong Mục 2.2.2.2                    |
| 2         | Xả thải công nghiệp         | Phương pháp xác định lưu lượng xả thải công nghiệp tại Mục 2.2.2.1.2 (theo từng tuyến kênh vùng BĐCM như trong Phụ lục 1, Bảng PL1.2). | Số liệu quan trắc nước thải công nghiệp và kết quả tính nồng độ ( $\text{DO}$ , $\text{BOD}_5$ , $\text{NH}_4^+$ ) tại các biên trong Mục 2.2.2.2                    |
| 3         | Xả thải nông nghiệp         | Lấy khoảng 15% lưu lượng tưới<br>Tính theo từng khu thủy lợi vùng BĐCM                                                                 | Số liệu giả thiết giá trị các thông số $\text{DO}$ , $\text{BOD}_5$ , $\text{NH}_4^+$ nước thải nông nghiệp tại các biên (dựa trên các kết quả nghiên cứu liên quan) |
| 4         | Xả thải nuôi trồng thủy sản | Theo QCVN 02- 19:2014/BNNPTNT<br>Lấy khoảng 10% lưu lượng cấp<br>Tính theo từng tuyến kênh vùng BĐCM                                   | Số liệu giả thiết giá trị các thông số $\text{DO}$ , $\text{BOD}_5$ , $\text{NH}_4^+$ nước thải NTTS tại các biên (dựa trên các kết quả nghiên cứu liên quan)        |

Hiệu chỉnh mô hình là một phần quan trọng trong việc xây dựng mô hình. Mô hình được hiệu chỉnh cho hai nhóm thông số là (1) thủy lực; và (2) Chất lượng nước. Chuỗi số liệu hiệu chỉnh được chọn là mùa khô năm 2013, vì đây là năm có nhiều số liệu khí tượng, thủy văn, thủy lực, mặn, chất lượng nước. Việc lựa chọn hiệu chỉnh mô hình năm 2013 cũng là để đánh giá sự phù hợp kết quả mô phỏng của mô hình với hiện trạng chất lượng nước vùng nghiên cứu.

Chuỗi số liệu kiểm định được chọn là mùa khô năm 2016, vì đây cũng là năm có cơ bản đủ số liệu khí tượng, thủy văn, thủy lực, mặn, chất lượng nước và là năm có mức độ cạn kiệt nguồn nước rất căng thẳng.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định hình Thủy lực (HD): kết quả mô phỏng mực nước tương đối phù hợp với kết quả thực đo (hệ số Nash  $> 0,85$ ). Phụ lục 2.2.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chất lượng nước cho thấy, giá trị mô phỏng phù hợp với giá trị thực đo (sai số nhỏ hơn 15%). Như vậy, mô hình đủ điều kiện để mô phỏng chất lượng nước cho vùng nghiên cứu. Bộ thông số sau hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike11-Ecolab được tổng hợp trong Bảng PL2. 6. Việc đánh giá các thông số ô nhiễm (chất lượng nước, nguồn ô nhiễm) theo bước thời gian bất kỳ là đặc biệt quan trọng đối với vùng BĐCM (ven biển ảnh hưởng triều), nơi mà chất lượng nước thay đổi liên tục (chi tiết trong Phụ lục 2.1, Bảng PL2. 4, Bảng PL2. 5).

### **2.2.5.3 Mô hình lan truyền nguồn nước**

#### **2.2.5.3.1 Giới thiệu lý thuyết lan truyền các nguồn nước**

Lý thuyết lan truyền các nguồn nước trong hệ thống sông kênh xem xét nguồn nước trong hệ thống bao gồm (cấu thành từ) các nguồn nước thành phần khác nhau. Thông qua việc khảo sát các nguồn thành phần này, rồi từ đó đánh giá định lượng vai trò tác động của từng nguồn đến từng vị trí không gian ở bất kỳ thời gian nào; từ đó, giúp đưa ra các thông tin điều khiển, kiểm soát đến từng nguồn. Một số điểm cơ bản của Lý thuyết được trình bày dưới đây (Chi tiết xem trong Phụ lục 3).

- Một hệ thống nguồn nước thông thường bao gồm một số nguồn nước thành phần, như: nguồn nước từ Hồ chứa A (p1); Hồ chứa B (p2); Hồ chứa C (p3); Mưa (p4); Thành phố (p5); Khu nông nghiệp (p6); Khu công nghiệp (p7); Khu nuôi thủy sản (p8); Cửa sông F (p9); Cửa sông E (p10) và Cửa sông (p11) (xem Hình 1, Phụ lục 3);

- Tỷ lệ nguồn nước  $i$  có thể hiểu là “nồng độ thể tích” của nguồn nước đó (xem Hình 2, Phụ lục 3);

- Hệ phương trình cơ bản bài toán lan truyền nguồn nước bất kỳ  $pi$  bao gồm hai loại phương trình: (1) Phương trình bảo tồn thành phần nước, và (2) Phương trình thủy lực (Saint Venant);

- Điều kiện biên: gồm biên thủy lực và biên tỷ lệ nguồn nước;
- Điều kiện ban đầu: cũng bao gồm các điều kiện ban đầu về thủy lực và nguồn nước.
- Cách giải: Giải như phương trình truyền chất thông thường. Sử dụng các phần mềm tính toán truyền chất để giải (chẳng hạn MIKE11, KOD, SAL, ISIS...).
- Các ứng dụng: Lý thuyết lan truyền các nguồn nước có thể áp dụng để giải quyết nhiều bài toán thực tế như tính nồng độ thể tích, xâm nhập mặn,... Nhờ biết được tác động của từng nguồn nước đến các vùng khác nhau nên có thể sử dụng lý thuyết này để tính toán điều khiển hệ thống rất thuận lợi. Trong khi phân tích nguồn nước cho từng mục tiêu khác nhau nên sử dụng một số chỉ tiêu đánh giá nguồn nước, chẳng hạn cường suất ảnh hưởng của nguồn ( $I_i$ ), chỉ số so sánh độ mạnh các nguồn ( $N_i/J$ ), tuổi của nguồn nước, chỉ số pha loãng, tốc độ pha loãng...

#### 2.2.5.3.2 *Thiết lập mô hình tính lan truyền một số nguồn nước chính vùng BĐCM*

Luận án sẽ ứng dụng lý thuyết lan truyền các nguồn nước trong hệ thống sông, kênh để mô phỏng lan truyền các các nguồn nước (bỏ qua quá trình sinh hóa) trong vùng BĐCM. Việc mô phỏng lan truyền các nguồn nước được cụ thể hóa bằng xác định tỷ lệ (hay còn gọi là nồng độ thể tích) từng loại nguồn nước.

##### a) Mục đích

Việc thiết lập mô hình tính lan truyền một số nguồn nước chính vùng BĐCM bằng Mike11-AD cho vùng Bán đảo Cà Mau nhằm mô phỏng lan truyền các nguồn nước từ biên lan truyền vào bán đảo và các nguồn nước thải gây ô nhiễm từ các nguồn thải chính nội vùng bán đảo (nguồn nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản).

##### b) Phạm vi mô hình

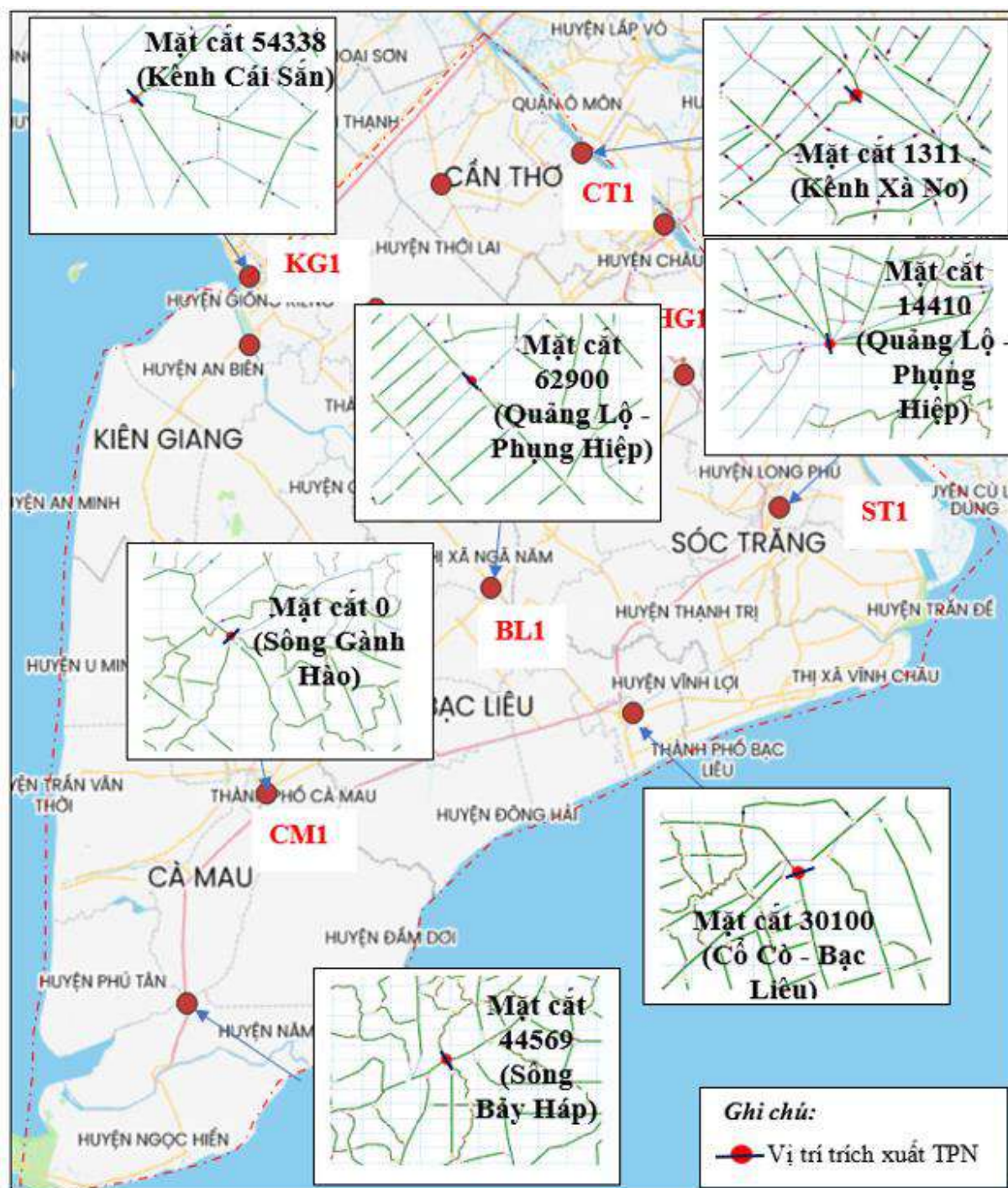
Để mô phỏng lan truyền một số nguồn nước chính vùng BĐCM, phạm vi mô hình được tính từ thượng lưu là trạm Long Xuyên (Sông Hậu), biện hạ lưu là các biên từ biển Đông và biển Tây. Đây là các nguồn chính chi phối chế độ thủy lực vùng bán đảo, xem Hình 2.5.



Hình 2.5: Sơ đồ phạm vi các nguồn nước biên BDCM

Mô hình tính lan truyền một số nguồn nước chính vùng BDCM được lập dựa trên mô hình thủy lực, tải khuếch tán. Việc mô phỏng lan truyền các nguồn nước được cụ thể hóa bằng xác định tỷ lệ (hay còn gọi là nồng độ thể tích) từng loại nguồn nước gây ô nhiễm. Mô phỏng tỷ lệ nguồn nước (từ biên Sông Hậu, biển và các nguồn thải) được tính toán qua mô đun tải – khuếch tán Mike11(AD). Vị trí trích xuất tỷ lệ thành phần các nguồn nước vùng BDCM được thể hiện trong Hình 2.6.





Hình 2.6: Vị trí trích xuất tỷ lệ thành phần nước (2/2016)

c) Các loại nguồn nước từ biên

Các nguồn nước từ biên và nội bán đảo bao gồm:

- Các nguồn nước từ biên vùng BDCM bao gồm các nguồn từ Sông Hậu (từ thượng lưu); từ biển Đông và biển Tây. Đây là các nguồn chính chi phối chế

độ thủy lực vùng bán đảo, do đó nó cũng chi phối động lực của các nguồn ô nhiễm;

- Các nguồn nội bán đảo bao gồm các nguồn thải chính: sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản;
- Các nguồn đặc thù (trong thời gian nào đó) như nước thải từ khu nuôi trồng thủy sản, sự cố môi trường...

Đặc tính của các nguồn nước vùng BĐCM (nguồn biên và nguồn nội vùng bán đảo) được thống kê trong Bảng 2.11.

*Bảng 2.11: Đặc tính các nguồn nước vùng BĐCM*

| <i>TT</i> | <i>Nguồn nước</i>                     | <i>Đặc điểm</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | <b>Nguồn biên</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.1       | Nguồn nước biên sông Hậu (thượng lưu) | Nguồn nước ngọt của Bán đảo Cà Mau chủ yếu được cung cấp từ sông Hậu chảy vào theo các kênh Rạch Sỏi - Cái Sắn, kênh KH, Ô Môn, Xà No...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1.2       | Nguồn nước biên biển                  | <p>Nguồn nước từ biển là một nguồn lớn, có vai trò quan trọng, ảnh hưởng lớn đến hệ sinh thái và phát triển sản xuất trong vùng:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nguồn Sông Hậu: nước biển xâm nhập từ sông Hậu (cửa Định An, Trần Đề);</li> <li>- Nguồn Mỹ Thanh – Bạc Liêu (các sông rạch từ Sông Mỹ Thanh đến TP. Bạc Liêu);</li> <li>- Nguồn Bạc Liêu – Gành Hào: bao gồm các sông rạch từ TP. Bạc Liêu đến Sông Gành Hào (bao gồm cả sông Gành Hào);</li> <li>- Nguồn Gành Hào - Sông Đốc: bao gồm các sông rạch từ Gành Hào (không bao gồm sông Gành Hào) đến Sông Đốc (bao gồm cả Sông Đốc);</li> <li>- Nguồn Sông Đốc đến Rạch Giá: bao gồm các sông rạch từ Sông Đốc (không bao gồm Sông Đốc) đến TP. Rạch Giá.</li> </ul> |
| <b>2</b>  | <b>Nguồn nội vùng</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.1       | Nguồn nước thải sinh hoạt             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lượng nước thải sinh hoạt vùng nghiên cứu rất lớn (chiếm 57% tổng lượng nước thải của vùng BĐCM). Tỷ lệ xử lý nước thải sinh hoạt còn thấp (khoảng 10% [69]).</li> <li>- Nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý vẫn đang tiếp tục là nguồn thải lớn, gây ô nhiễm môi trường khu vực đô thị và các vùng lân cận.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.2       | Nguồn nước thải công nghiệp           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nguồn nước thải công nghiệp chủ yếu từ công nghiệp chế biến thủy sản nên nước thải cũng tăng theo sự phát triển công nghiệp.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| <i>TT</i> | <i>Nguồn nước</i>                                                               | <i>Đặc điểm</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Các hệ thống xử lý nước thải tập trung ở các KCN chỉ xử lý được khoảng 60% tổng lượng nước thải công nghiệp.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2.3       | Nguồn nước thải nông nghiệp                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nước hồi quy do sản xuất nông nghiệp có chứa hóa chất bảo vệ thực vật hay thuốc BVTV là thành phần độc hại cho môi trường và sức khỏe con người. Nước thải từ các cơ sở chăn nuôi tập trung cũng đã và đang tạo ra áp lực lớn lên môi trường xung quanh (Luận án không tính nguồn nước thải này do nguồn số liệu chưa được đầy đủ).</li> <li>- Đối với vùng nghiên cứu, lượng phân bón vô cơ đang được sử dụng cao hơn 35,3% so với trung bình toàn quốc, trong khi lượng phân hữu cơ sử dụng chỉ bằng 27,3%.</li> </ul>                                                        |
| 2.4       | Nguồn nước thải đặc thù (nước thải mang mầm bệnh thủy sản, sự cố môi trường...) | <p>Nguồn nước thải không thường xuyên, chỉ xuất hiện trong một điều kiện nào đó bao gồm:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nước thải mang mầm bệnh thủy sản: nước thải ra kênh dẫn từ các ao nuôi khi thủy sản bị bệnh, chúng có mang mầm bệnh;</li> <li>- Sự cố môi trường: do quá trình hoạt động của con người hoặc biến đổi của tự nhiên, gây ô nhiễm, suy thoái hoặc biến đổi môi trường nghiêm trọng. Chẳng hạn sự cố ô nhiễm môi trường nghiêm trọng do Nhà máy đường, cồn Long Mỹ Phát xả thải ra sông Long Mỹ đã làm cho hệ thống cung cấp nước sạch của TX Long Mỹ phải ngưng hoạt động.</li> </ul> |

### 2.2.6 Phương pháp Bayes

Phương pháp Bayes (BMA) khai thác nhân tố Bayes (BF) và chỉ số đo lường mức độ quân bình “compromise” giữa độ phức tạp và khả năng tiên lượng của mô hình (BIC) để chọn mô hình tối ưu. Đây là phương pháp mới khắc phục được vấn đề thừa biến (biến không có tác động thực tế) trong mô hình hồi quy tuyến tính đa biến. Bên cạnh việc lựa chọn mô hình phù hợp, phương pháp BMA còn có thể xác định các biến có liên quan độc lập đến biến phụ thuộc. Trong nghiên cứu này có rất nhiều thông số chất lượng nước ( $BOD_5$ , DO,  $NH_4^+$ , tổng Coliform...) quyết định đến ô nhiễm, tức là đến chất lượng nước (ở đây là giá trị WQI). Phương pháp này sẽ xác định được những biến (thông số chất lượng nước) nào có liên quan đến WQI. Từ đó, xác định được các thông số đặc trưng để tính toán (dự báo) WQI trong vùng nghiên cứu.



Phương pháp BMA được ứng dụng trong luận án được triển khai trong chương trình R (ngôn ngữ lập trình R) để xác định các thông số ô nhiễm đặc trưng cho vùng BĐCM.

### **2.2.7 Phương pháp học máy**

Nghiên cứu sử dụng các mô hình học máy để tính toán (dự báo) WQI với 2 nhóm chính: thuật toán tăng cường, thuật toán cây quyết định vì đây là 2 thuật toán cho kết quả tính toán có độ chính xác cao, các thuật toán dễ hiểu và dễ triển khai.

#### **2.2.7.1 Thuật toán tăng cường**

Thuật toán tăng cường là một phương pháp được sử dụng trong máy học để giảm lỗi trong quá trình phân tích dữ liệu dự đoán. Các nhà khoa học dữ liệu đào tạo phần mềm máy học, hay còn gọi là các mô hình máy học, trên dữ liệu được gắn nhãn để dự đoán về dữ liệu chưa được gắn nhãn. Một mô hình máy học có thể dự đoán lỗi dựa trên độ chính xác của tập dữ liệu đào tạo. Để đào tạo mô hình thuật toán tăng cường, một thuật toán cần trải qua những bước tổng quát sau:

Bước 1: Thuật toán tăng cường chỉ định trọng số như nhau cho mỗi mẫu dữ liệu. Quá trình này cung cấp dữ liệu cho mô hình máy đầu tiên, được gọi là thuật toán cơ sở. Thuật toán cơ sở đưa ra dự đoán cho mỗi mẫu dữ liệu.

Bước 2: Thuật toán tăng cường đánh giá các dự đoán mô hình và tăng trọng số của các mẫu với một lỗi nghiêm trọng hơn. Quá trình này cũng chỉ định một trọng số dựa trên hiệu suất của mô hình. Mô hình cho ra các dự đoán xuất sắc sẽ có ảnh hưởng lớn đến quyết định cuối cùng.

Bước 3: Thuật toán chuyển dữ liệu được chỉ định trọng số sang cây quyết định tiếp theo.

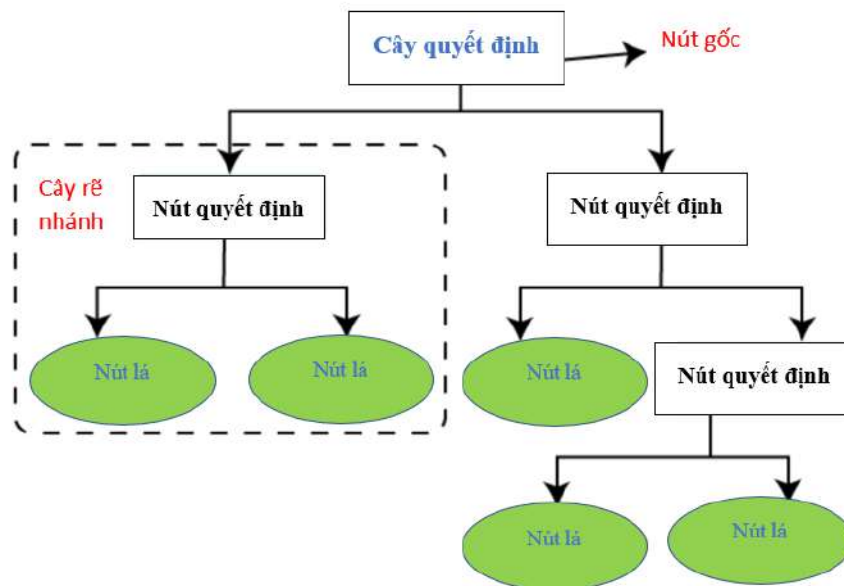
Bước 4: Thuật toán lặp lại bước 2 và 3 đến khi các trường hợp lỗi đào tạo xảy ra thấp hơn ngưỡng nhất định.

#### **2.2.7.2 Thuật toán cây quyết định**

Cây quyết định là một thuật toán học tập có giám sát không tham số, được sử dụng cho cả nhiệm vụ phân loại và hồi quy. Nó có cấu trúc dạng cây, phân cấp, bao gồm nút gốc (root node), các nhánh, các nút bên trong (internal node) và các nút lá (leaf

nodes). Cây quyết định bắt đầu bằng một nút gốc, không có bất kỳ nhánh nào đến. Các nhánh đi từ nút gốc sau đó đưa vào các nút bên trong, còn được gọi là nút quyết định. Dựa trên các đặc điểm sẵn có, cả hai loại nút đều tiến hành đánh giá để tạo thành các tập con đồng nhất, được ký hiệu bằng các nút lá, hoặc các nút đầu cuối. Các nút lá đại diện cho tất cả các kết quả có thể có trong tập dữ liệu.

Trong cây quyết định, để dự đoán lớp của tập dữ liệu đã cho, thuật toán bắt đầu từ nút gốc của cây. Thuật toán này so sánh các giá trị của thuộc tính gốc với thuộc tính bản ghi (tập dữ liệu thực) và dựa trên sự so sánh, đi theo nhánh và nhảy đến nút tiếp theo. Đối với nút tiếp theo, thuật toán lại so sánh giá trị thuộc tính với các nút con khác và di chuyển xa hơn. Nó tiếp tục quá trình cho đến khi nó đạt đến nút lá của cây (Hình 2.7).



Hình 2.7: Sơ đồ thuật toán cây quyết định

### 2.2.7.3 Tiêu chí đánh giá các mô hình học máy

Các tiêu chí đánh giá (hiệu chỉnh) các mô hình học máy được trình bày trong các công thức (1) đến (4):

- Sai số trung bình tuyệt đối (MAE): là 1 chỉ số phổ biến để tính sai số nhằm đánh giá (kiểm định) mô hình đối với các biến liên tục, được xác định theo công thức (1). Trong đó,  $P_i$  là giá trị dự báo và  $M_i$  là giá trị thực đo. Giá trị MAE càng thấp thì kết quả tính toán càng chính xác.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - M_i|. \quad (1)$$

- Sai số toàn phương trung bình (MSE) của một phép ước lượng là trung bình của bình phương các sai số, tức là sự khác biệt giữa các giá trị dự đoán và giá trị thực đo và được tính toán theo công thức (2). Giá trị MSE càng thấp thì kết quả tính toán càng chính xác.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2)$$

- RMSE là căn bậc hai của trung bình của các sai số bình phương. RMSE là thước đo mức độ dàn trải của những phần dư này, nói cách khác, nó cho bạn biết mức độ tập trung của dữ liệu xung quanh đường phù hợp nhất. RMSE là độ lệch chuẩn của các phần dư (sai số dự đoán) và được tính toán theo công thức (3). Giá trị RMSE càng thấp thì kết quả tính toán càng chính xác.

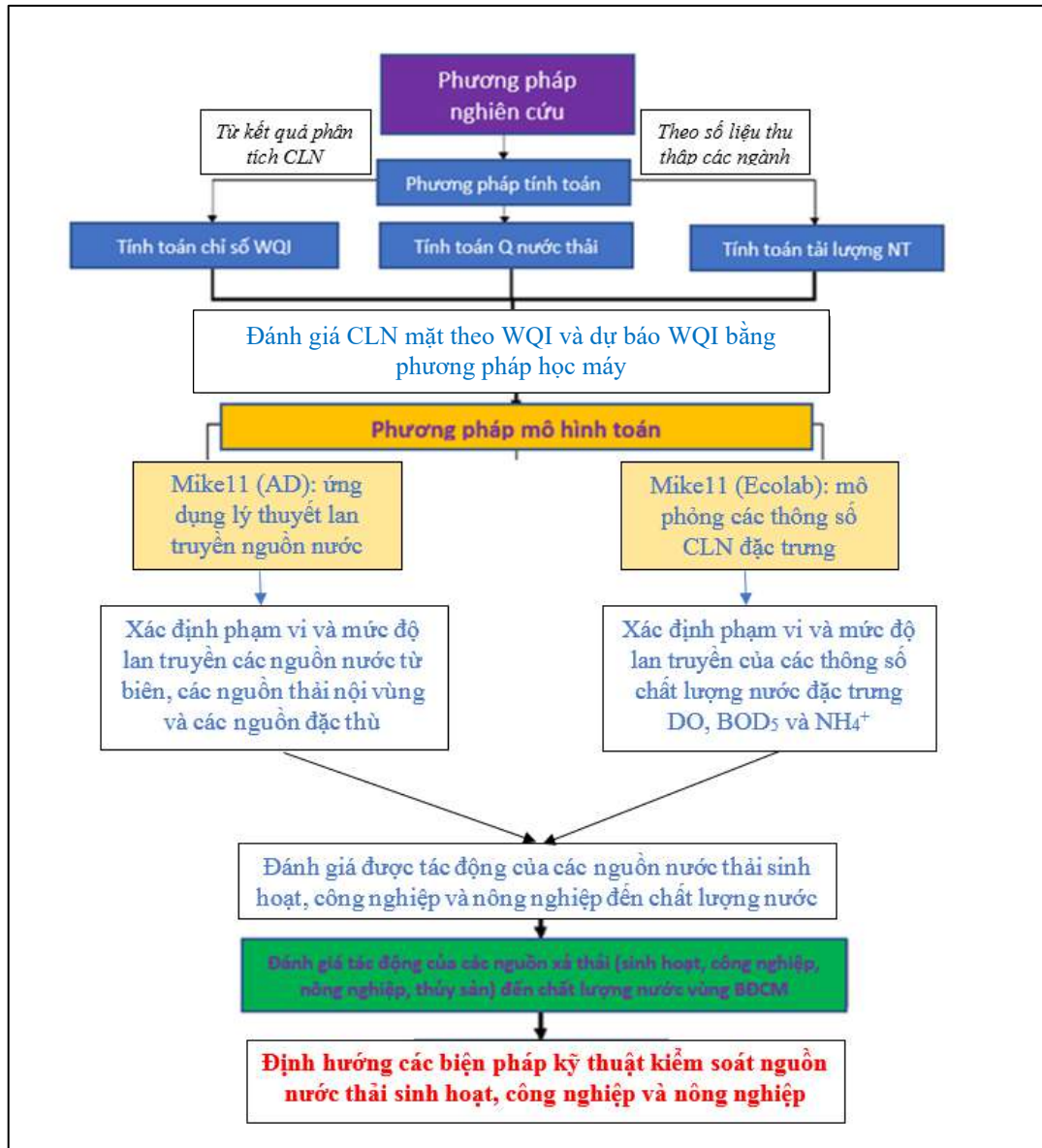
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_A^i - Q_P^i)^2}. \quad (3)$$

- Hệ số xác định ( $R^2$ ): phản ánh phần trăm phương sai của y có thể giải thích bởi mô hình được xác định theo công thức (4). Trong đó, ESS là tổng các độ lệch bình phương của phần dư; TSS là tổng các độ lệch bình phương. Giá trị  $R^2$  dao động từ 0 đến 1, giá trị  $R^2$  càng gần 1 thì kết quả tính toán càng chính xác.

$$R^2 = 1 - (ESS/TSS) \quad (4)$$

### 2.2.8 Sơ đồ phương pháp nghiên cứu của Luận án

Từ các phương pháp nghiên cứu và tính toán ở trên, có thể tổng hợp theo sơ đồ nghiên cứu của Luận án như Hình 2.8.



Hình 2.8: Sơ đồ phương pháp nghiên cứu nghiên cứu của Luận án

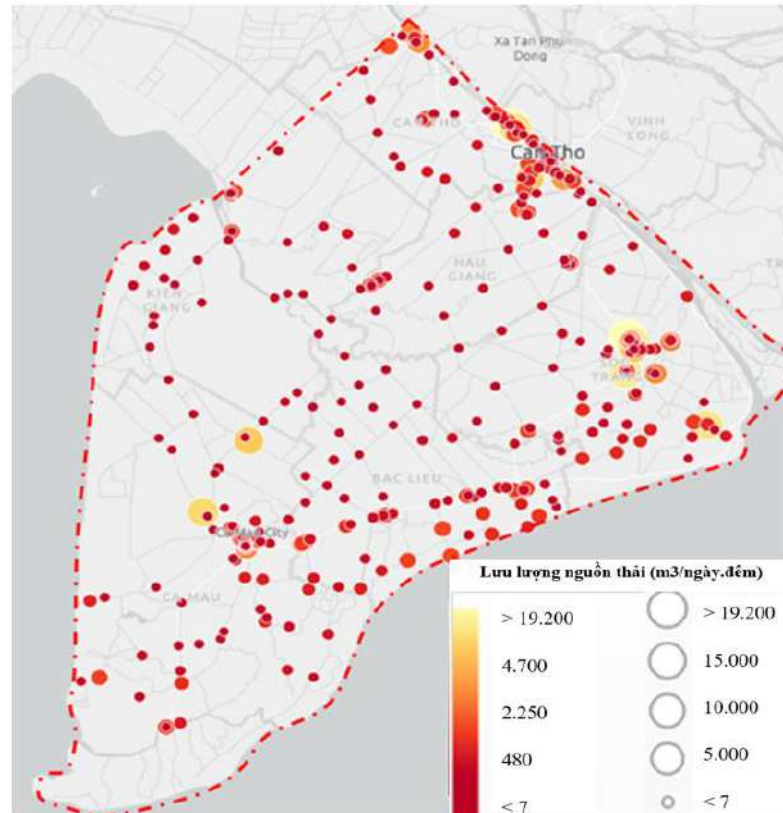
### CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN VỀ TÁC ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

#### 3.1 NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH NGUỒN XẢ THẢI VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

##### 3.1.1 Xác định các nguồn thải chính vùng nghiên cứu

Trong vùng BDCM có hai loại nguồn gây ô nhiễm chính là nguồn thải điểm và nguồn thải phân tán.

Nguồn thải điểm là nguồn thải từ một nơi duy nhất (nhà máy, trạm xử lý nước thải...) [1], [88]. Qua khảo cứu cho thấy, trong vùng nghiên cứu có 552 nguồn thải điểm, trong đó 144 nguồn thải có lưu lượng lớn hơn  $50 \text{ m}^3/\text{ngày.đêm}$ ; 408 nguồn thải nhỏ lẻ từ các cơ sở nằm ngoài KCN (các cơ sở phân bố rải rác dọc theo các tuyến sông, kênh). Có thể thấy rằng, nguồn thải điểm trong vùng nghiên cứu nằm phân bố rải rác trên toàn vùng BDCM, với lưu lượng xả thải lớn (lưu lượng lớn hơn  $1000 \text{ m}^3/\text{ngày.đêm}$  chiếm khoảng 26%), trong đó tập trung chủ yếu tại các KCN và khu dân cư lớn của vùng (Hình 3.1). Chi tiết xem Phụ lục 1 (Bảng PL1. 1).



Hình 3.1: Phân bố các nguồn thải theo các cấp lưu lượng xả thải vùng BDCM

Nguồn phân tán là nguồn từ nhiều nơi, tất cả cùng một thời điểm (nước thải nông nghiệp, nước mưa chảy tràn, và nước thải sinh hoạt từ dân cư phân bố theo dọc tuyến sông, kênh...) và rất khó xác định và khó kiểm soát. Vùng BĐCM có 51 tiểu vùng thủy lợi [86] (Hình 2.3), tương ứng với nguồn thải trồng trọt và NTTS xả vào 135 sông/kênh chính và hàng trăm kênh nhánh trong vùng (các tiểu vùng thủy lợi cũng là các tiểu vùng nông nghiệp tương ứng, từ tiểu vùng 16 đến tiểu vùng 66).

### 3.1.2 Tính toán lưu lượng nước thải

Đối với vùng BĐCM, các nguồn nước thải ngày càng đa dạng với lượng nước thải ngày càng nhiều đã đặt ra những thách thức to lớn cho công tác quản lý nước thải. Tuy nhiên, do nguồn số liệu còn hạn chế nên Luận án chỉ tính toán một số nguồn nước thải chính bao gồm:

- Nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp, nước thải y tế, và nước thải nông nghiệp (chăn nuôi, trồng trọt);
- Một số nguồn nước thải khác như nước mưa chảy tràn, nguồn thải từ các khu neo đậu tàu thuyền... không được tính toán vì nguồn số liệu còn rất hạn chế.

Nội dung tính toán lưu lượng nước thải của từng loại nước thải (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản) được trình bày dưới đây.

#### 3.1.2.1 Tính toán lượng nước thải sinh hoạt

Căn cứ vào số liệu về dân số năm 2016, 2020 (Niên giám thống kê của các tỉnh trong vùng nghiên cứu [9-12, 15, 16]), các quy hoạch phát triển KTXH định hướng đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng BĐCM [38-42] và các tài liệu được thu thập tại các địa phương trong vùng nghiên cứu [47, 51, 48-50, 55, 56, 53, 54, 57-60] và tính toán theo Công thức 2.1. Kết quả được trình bày trong Bảng 3.1 và Hình 3.2 cho thấy lượng nước thải sinh hoạt vùng BĐCM xả vào sông/kênh năm 2016 (tương ứng với dân số năm 2016) ước tính khoảng  $562.488 \text{ m}^3/\text{ngày-đêm}$ ; đến năm 2030 là  $585.419 \text{ m}^3/\text{ngày-đêm}$ , tăng 1,14 lần so với năm 2016 (do dân số tăng). Tỷ lệ lượng nước thải sinh hoạt trên một đơn vị diện tích của cả vùng là  $46,52 \text{ (m}^3/\text{km}^2)$  đến năm 2030 là  $53,08 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , tăng 1,15 lần so với tỷ lệ trung bình của vùng ĐBSCL. Lượng nước thải sinh hoạt tại nông thôn ( $367.052 \text{ m}^3/\text{ngày-đêm}$ ) gấp 1,9 lần lượng nước thải sinh hoạt thành thị

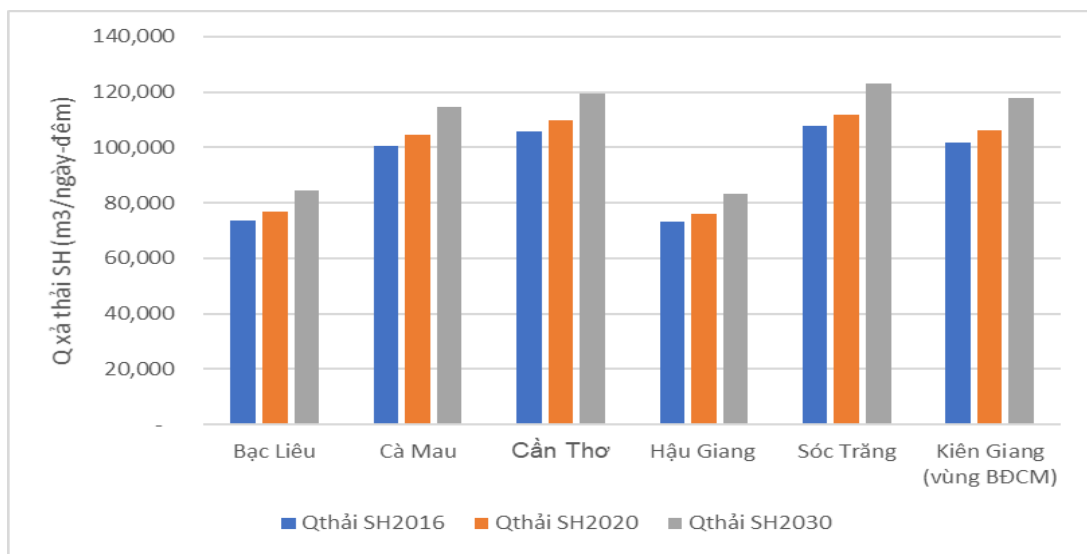
(195.436 m<sup>3</sup>/ngày-đêm) do tỷ lệ dân số thành thị và nông thôn của vùng BĐCM tương ứng là 34,7% và 65,3%. Tuy nhiên, riêng đối với thành phố Cần Thơ lượng nước thải đô thị cao gấp 2,5 lần lượng nước thải ở nông thôn do đây là thành phố phát triển nhất của vùng nghiên cứu, có dân cư đông đúc. Như vậy, áp lực về nước thải sinh hoạt đối với vùng BĐCM ngày càng lớn, nhất là tại các thành phố như Cần Thơ, Sóc Trăng, Cà Mau vì đây là những tỉnh có dân số tập trung cao.

*Bảng 3.1: Kết quả tính toán lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

| TT | Tỉnh                   | Lưu lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh (m <sup>3</sup> /ngày-đêm) |                                |                                | Lượng nước thải sinh hoạt trên một đơn vị diện tích (m <sup>3</sup> /ngày-đêm km <sup>2</sup> ) |              |              |
|----|------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|    |                        | <i>Q<sub>thải</sub> SH2016</i>                                       | <i>Q<sub>thải</sub> SH2020</i> | <i>Q<sub>thải</sub> SH2030</i> | 2016                                                                                            | 2020         | 2030         |
| 1  | Bạc Liêu               | 73.565                                                               | 76.730                         | 84.660                         | 29,19                                                                                           | 30,44        | 33,59        |
| 2  | Cà Mau                 | 100.468                                                              | 104.498                        | 114.504                        | 19,34                                                                                           | 20,11        | 22,04        |
| 3  | Cần Thơ                | 105.946                                                              | 109.858                        | 119.457                        | 86,43                                                                                           | 89,62        | 97,45        |
| 4  | Hậu Giang              | 73.294                                                               | 76.137                         | 83.171                         | 45,58                                                                                           | 47,35        | 51,72        |
| 5  | Sóc Trăng              | 107.608                                                              | 111.992                        | 122.905                        | 36,18                                                                                           | 37,66        | 41,33        |
| 6  | Kiên Giang (vùng BĐCM) | 101.607                                                              | 106.203                        | 117.825                        | 62,38                                                                                           | 65,20        | 72,33        |
|    | <b>Tổng cộng</b>       | <b>562.488</b>                                                       | <b>585.419</b>                 | <b>642.522</b>                 | <b>46,52</b>                                                                                    | <b>48,40</b> | <b>53,08</b> |

Ghi chú:

- *Q<sub>thải</sub> SH2016*: lưu lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016;
- *Q<sub>thải</sub> SH2020*: lưu lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh vùng BĐCM năm 2020;
- *Q<sub>thải</sub> SH2030*: lưu lượng nước thải sinh hoạt xả vào kênh vùng BĐCM năm 2030.



*Hình 3.2: Biểu đồ so sánh lượng nước thải sinh hoạt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

Đối với nguồn tiếp nhận nước thải xả sinh hoạt của vùng BĐCM: lượng nước thải đổ trực tiếp vào sông/kênh chiếm khoảng 91% tổng lượng nước thải sinh hoạt [69] tương ứng với khoảng 512.559 m<sup>3</sup>/ngày-đêm. Trong đó, xả trực tiếp vào 135 sông/kênh chính của vùng là 103.153 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (chiếm 18,3%); xả vào các kênh nhánh là 409.406 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (chiếm 72,7%); chỉ còn 8,9% lượng nước thải còn chứa ở trong các ao hồ mà không xả ra ngoài kênh/sông. Các sông/kênh tiếp nhận nguồn nước thải sinh hoạt lớn là Kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp, Kênh Xà No, Kênh Cà Mau - Bạc Liêu, Kênh Ô Môn, Sông Hậu, Kênh Nàng Mau, Sông Mỹ Thanh, Sông Nhu Gia, Kênh Chấn Bông, Kênh KH8, Kênh Ngàn Dừa - Bạc Liêu... (chiếm khoảng 50% tổng lượng nước thải sinh hoạt). Có thể thấy rằng vùng bị ảnh hưởng lớn do nước thải sinh hoạt là vùng giữa Bán đảo dọc theo Kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp và Kênh Cà Mau - Bạc Liêu (từ Thành phố Cà Mau đến Cần Thơ, Bạc Liêu) và phía Đông – Nam bán đảo (Sóc Trăng).

### **3.1.2.2 Tính toán lượng nước thải công nghiệp**

Nguồn xả thải công nghiệp của vùng BĐCM được phân bố dọc theo các sông chính (Sông Hậu, Gành Hào, Ông Đốc, Cái Lớn, Cái Bé...) và các kênh chính trong vùng như Kênh Cà Mau – Bạc Liêu, Xà No; các kênh trong các thành phố Cần Thơ, Sóc Trăng, Cà Mau...

Căn cứ vào số liệu về công nghiệp năm 2016 cũng như quy hoạch phát triển công nghiệp đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng BĐCM (được thu thập tại các địa phương trong vùng nghiên cứu) và tính toán theo Công thức 2.2, kết quả tính toán lượng nước thải công nghiệp được thống kê trong Bảng 3.2 và biểu diễn trên Hình 3.3.

Lượng nước thải công nghiệp xả vào hệ thống sông/kênh trong toàn vùng nghiên cứu năm 2016 khoảng 181.631 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (2,102 m<sup>3</sup>/s); năm 2020 là 392.484 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (4,543 m<sup>3</sup>/s); dự kiến đến năm 2030 là 525.491 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (6,082 m<sup>3</sup>/s), tăng 2,9 lần so với năm 2016. Trong đó, Cần Thơ có lượng nước thải công nghiệp lớn nhất (chiếm 37%); và Kiên Giang có lượng nước thải công nghiệp nhỏ nhất (4%).

Có thể thấy, các sông/kênh tiếp nhận nguồn nước thải công nghiệp lớn là Sông Hậu (các KCN, cụm công nghiệp của Cần Thơ, Hậu Giang); Sông Trẹm (Nhà máy Khí điện đạm Cà Mau); Sông Mỹ Thanh (các nhà máy Chế biến thủy sản tỉnh Sóc Trăng);



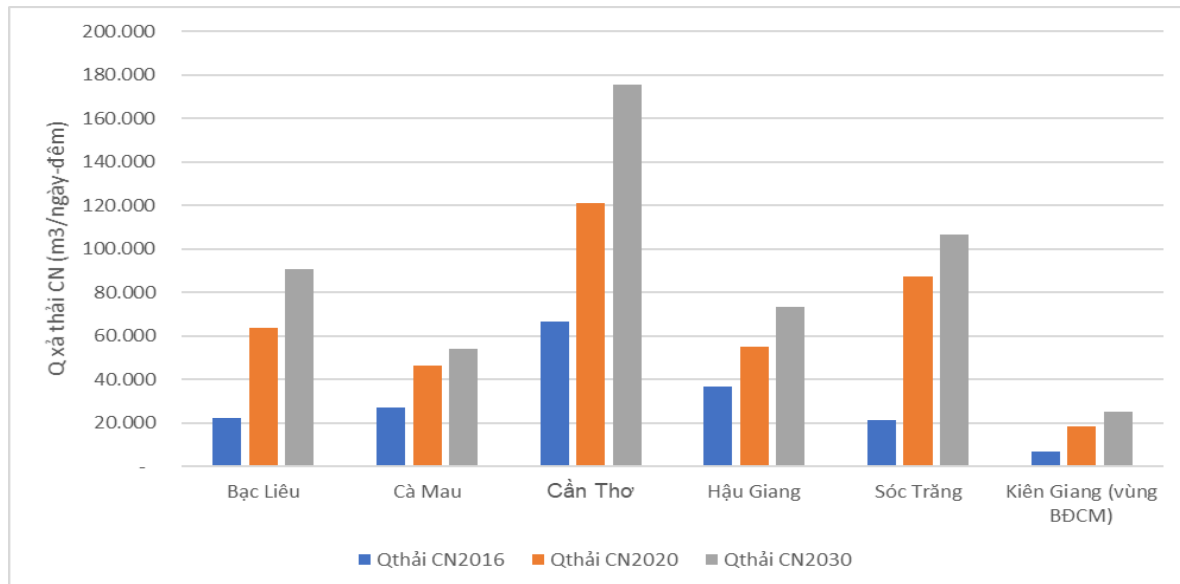
sông Gành Hào; Kênh Cà Mau - Bạc Liêu (các nhà máy Chế biến thủy sản tỉnh Cà Mau và Bạc Liêu)... (chiếm khoảng 78,3% tổng lượng nước thải công nghiệp).

*Bảng 3.2: Kết quả tính toán lượng nước thải công nghiệp xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

| TT | Tỉnh              | Diện tích đất công nghiệp (ha) |              |               | Lưu lượng thải vào kênh (m <sup>3</sup> /ngày-đêm) |                          |                          |
|----|-------------------|--------------------------------|--------------|---------------|----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|    |                   | 2016                           | 2020         | 2030          | Q <sub>thải</sub> CN2016                           | Q <sub>thải</sub> CN2020 | Q <sub>thải</sub> CN2030 |
| 1  | Bạc Liêu          | 500                            | 1,413        | 2,013         | 22.500                                             | 63.564                   | 90.564                   |
| 2  | Cà Mau            | 607                            | 1,034        | 1,207         | 27.329                                             | 46.526                   | 54.329                   |
| 3  | Cần Thơ           | 1,485                          | 2,695        | 3,895         | 66.825                                             | 121.275                  | 175.275                  |
| 4  | Hậu Giang         | 822                            | 1,221        | 1,631         | 36.981                                             | 54.936                   | 73.400                   |
| 5  | Sóc Trăng         | 472                            | 1,945        | 2,367         | 21.246                                             | 87.531                   | 106.521                  |
| 6  | Kiên Giang (BĐCM) | 150                            | 415          | 565           | 6.750                                              | 18.653                   | 25.403                   |
|    | <b>Tổng cộng</b>  | <b>4,036</b>                   | <b>8,722</b> | <b>11,678</b> | <b>181.631</b>                                     | <b>392.484</b>           | <b>525.491</b>           |

Ghi chú:

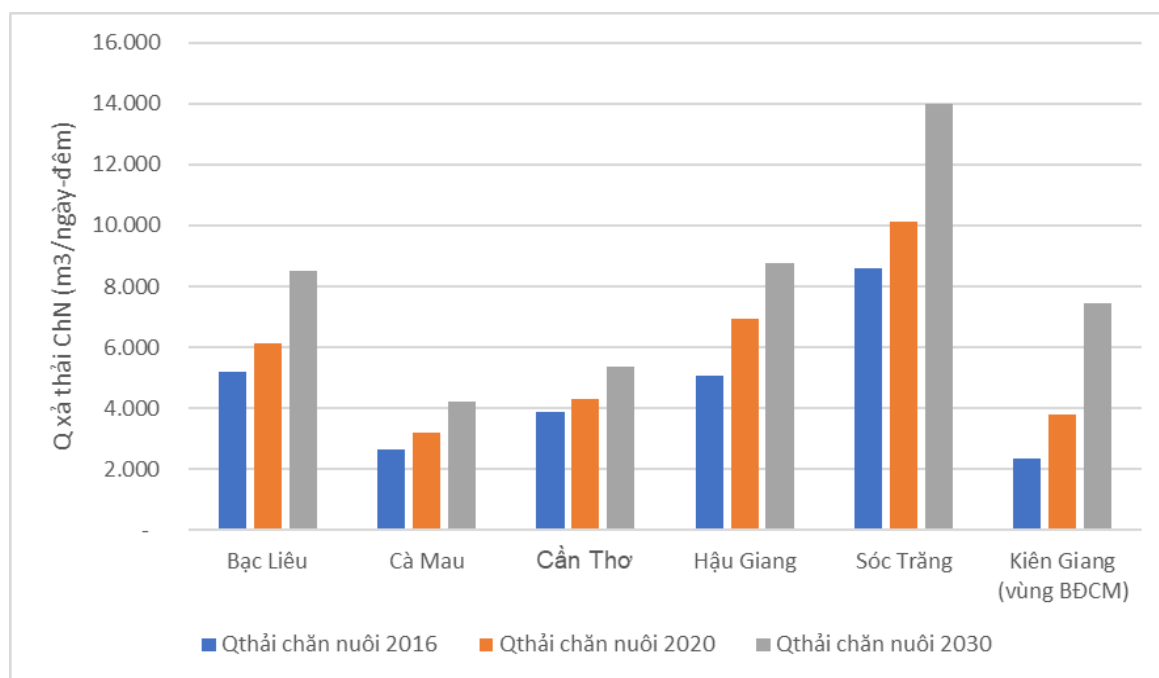
- Q<sub>thải</sub> CN2016: lưu lượng nước thải công nghiệp xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016;
- Q<sub>thải</sub> CN2020: lưu lượng nước thải công nghiệp xả vào kênh vùng BĐCM năm 2020;
- Q<sub>thải</sub> CN2030: lưu lượng nước thải công nghiệp xả vào kênh vùng BĐCM năm 2030.



*Hình 3.3: Biểu đồ so sánh lượng nước thải công nghiệp vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

### 3.1.2.3 Tính toán lượng nước thải chăn nuôi

Căn cứ vào số liệu về gia súc, gia cầm năm 2016 cũng như quy hoạch phát triển chăn nuôi đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng BĐCM (được thu thập tại các địa phương trong vùng nghiên cứu) và cách tính toán lượng nước thải chăn nuôi theo Mục 2.2.2.4. Lượng nước thải chăn nuôi được ước tính trên số lượng gia súc, gia cầm và hệ số phát sinh nước thải [80]. Kết quả được thống kê trong Bảng 3.3 và Hình 3.4.



Hình 3.4: Biểu đồ so sánh lượng nước thải chăn nuôi vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030

Bảng 3.3: Kết quả tính toán lượng nước thải chăn nuôi vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030

| TT | Tỉnh              | Lưu lượng thải chăn nuôi (m³/ngày-đêm) |               |               |
|----|-------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|
|    |                   | Qthải ChN2016                          | Qthải ChN2020 | Qthải ChN2030 |
| 1  | Bạc Liêu          | 5.181                                  | 6.125         | 8.488         |
| 2  | Cà Mau            | 2.644                                  | 3.173         | 4.231         |
| 3  | Cần Thơ           | 3.875                                  | 4.295         | 5.340         |
| 4  | Hậu Giang         | 5.066                                  | 6.926         | 8.785         |
| 5  | Sóc Trăng         | 8.598                                  | 10.146        | 14.015        |
| 6  | Kiên Giang (BĐCM) | 2.331                                  | 3.795         | 7.450         |
|    | <b>Tổng cộng</b>  | <b>27.696</b>                          | <b>34.460</b> | <b>48.309</b> |

Ghi chú:

- Qthải ChN2016: lưu lượng nước thải chăn nuôi xả vào kênh vùng BĐCM năm 2016;
- Qthải ChN2020: lưu lượng nước thải chăn nuôi xả vào kênh vùng BĐCM năm 2020;
- Qthải ChN2030: lưu lượng nước thải chăn nuôi xả vào kênh vùng BĐCM năm 2030.

Tổng lượng nước thải chăn nuôi của vùng BĐCM năm 2016 ước tính khoảng 27.696 m<sup>3</sup>/ngày; năm 2030 là 48.309 m<sup>3</sup>/ngày-đêm (tăng 1,75 lần so với năm 2016). Trong đó, Sóc Trăng có lượng nước thải chăn nuôi xả vào sông/kênh lớn nhất (chiếm 21,6%). Các sông/kênh tiếp nhận nguồn nước thải chăn nuôi lớn là kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp, kênh Cà Mau - Bạc Liêu, sông Mỹ Thanh, sông Nhu Gia, kênh Ngàn Dừa - Bạc Liêu.

#### 3.1.2.4 Tính toán lượng nước thải (hồi quy) trồng trọt

Trong vùng nghiên cứu có nhiều loại cây trồng khác nhau như lúa, cây ăn quả, cây hằng năm, cây lâu năm. Tuy nhiên diện tích trồng lúa vẫn chiếm tỷ trọng cao (chiếm khoảng 70% diện tích của vùng BĐCM). Do vậy, nghiên cứu tập trung tính toán lượng nước thải (hồi quy) cho cây lúa.

Căn cứ vào số liệu về nhu cầu nước cho trồng trọt năm 2016 cũng như quy hoạch phát triển nông nghiệp đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng BĐCM (được thu thập tại các địa phương trong vùng nghiên cứu) và tính toán theo Công thức 2.3, lượng nước thải (hồi quy) trồng trọt được tổng hợp trong Bảng 3.4 và Hình 3.5.

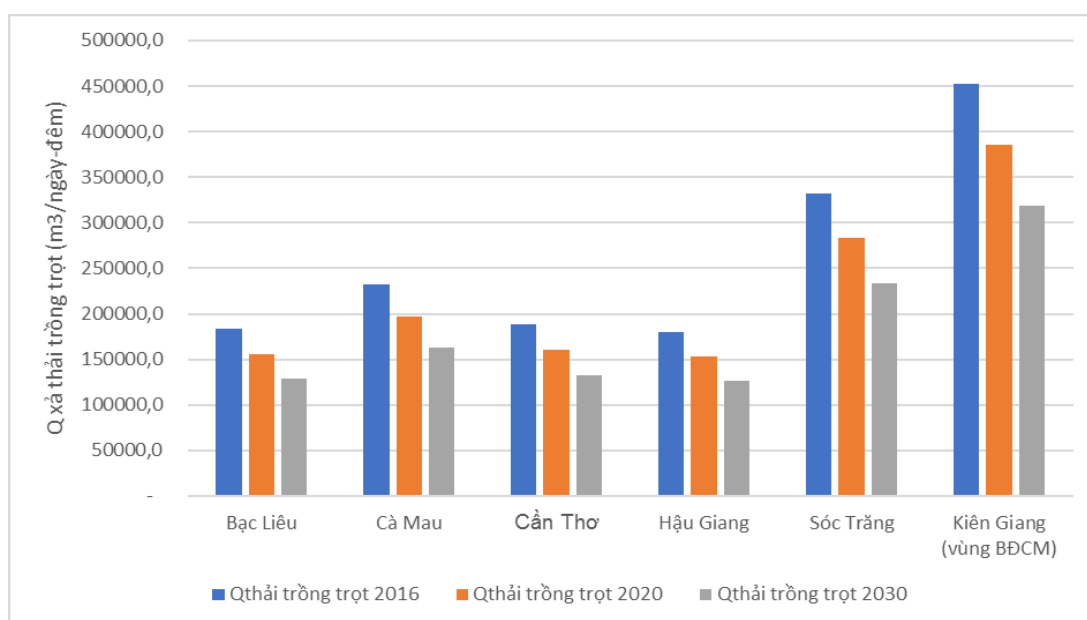
Lượng nước thải (hồi quy) trồng trọt của vùng BĐCM năm 2016 ước tính khoảng 1.568.374 m<sup>3</sup>/ngày; năm 2030 là 1.104.135 m<sup>3</sup>/ngày-đêm, giảm 30% so với năm 2016. Trong đó, các huyện trong vùng nghiên cứu của tỉnh Kiên Giang có lượng nước thải hồi quy xả vào sông/kênh lớn nhất (chiếm 28,9%).

Các sông/kênh tiếp nhận nguồn nước thải trồng trọt lớn là kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp, kênh Xà No, kênh Ô Môn, kênh Nàng Mau, sông Mỹ Thanh, sông Nhu Gia, kênh Chắt Bạng, kênh KH8, kênh Ngàn Dừa - Bạc Liêu...

*Bảng 3.4: Kết quả tính toán lượng nước thải trồng trọt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

| TT | Tỉnh     | Lưu lượng thải trồng trọt (m <sup>3</sup> /ngày-đêm) |                                   |                                   | Vùng xả thải chính                                       |
|----|----------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
|    |          | Q <sub>thải trồng trọt</sub> 2016                    | Q <sub>thải trồng trọt</sub> 2020 | Q <sub>thải trồng trọt</sub> 2030 |                                                          |
| 1  | Bạc Liêu | 183.048                                              | 155.957                           | 128.866                           | Huyện Vĩnh Lợi, Phước Long, Hồng Dân                     |
| 2  | Cà Mau   | 231.825                                              | 197.515                           | 163.204                           | Huyện Trần Văn Thời, U Minh thượng, U Minh hạ, Thới Bình |
| 3  | Cần Thơ  | 188.607                                              | 160.693                           | 132.779                           | Huyện Vĩnh Thạnh, Cờ Đỏ, Thốt Nốt                        |

| TT | Tỉnh              | Lưu lượng thải trồng trọt ( $m^3$ /ngày-đêm) |                       |                       | Vùng xả thải chính                                                    |
|----|-------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|    |                   | Qthải trồng trọt 2016                        | Qthải trồng trọt 2020 | Qthải trồng trọt 2030 |                                                                       |
| 4  | Hậu Giang         | 179.520                                      | 152.951               | 126.382               | Huyện Châu Thành, Vị Thủy, Phụng Hiệp, Long Mỹ, Châu Thành A, Ngã Bảy |
| 5  | Sóc Trăng         | 332.445                                      | 283.243               | 234.042               | Huyện Kế Sách, Châu Thành, Long Mỹ, Long Phú, Mỹ Tú, Ngã Năm          |
| 6  | Kiên Giang (BĐCM) | 452.929                                      | 385.895               | 318.862               | Huyện Châu Thành, Tân Hiệp, Giồng Riềng, Gò Quao, An Minh và An Biên  |
|    | <b>Tổng cộng</b>  | <b>1.568.374</b>                             | <b>1.336.254</b>      | <b>1.104.135</b>      |                                                                       |



Hình 3.5: Biểu đồ so sánh lượng nước thải trồng trọt vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030

### 3.1.2.5 Tính toán lượng nước thải nuôi trồng thủy sản

Trong vùng BĐCM có nhiều loại hình NTTS như nuôi tôm, nuôi kết hợp tôm-lúa-cá, nuôi cá nước ngọt... Trong đó mô hình nuôi tôm chiếm chủ yếu, do vậy, nghiên cứu tập trung tính toán nước thải NTTS cho nuôi tôm vì đây là nguồn thải chính do NTTS trong vùng.

Căn cứ vào số liệu về hiện trạng nuôi trồng thủy sản năm 2016 cũng như quy hoạch phát triển NTTS đến năm 2030 của các tỉnh trong vùng BĐCM (được thu thập tại

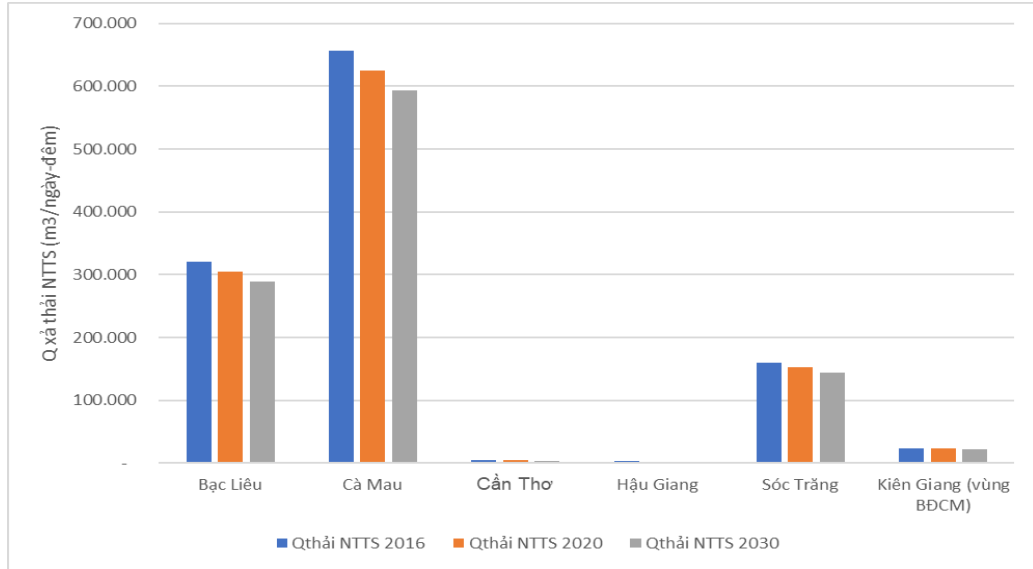
các địa phương trong vùng nghiên cứu) và tính toán theo công thức 2.4. Kết quả tính toán được tổng hợp trong Bảng 3.5 và Hình 3.6.

Lượng nước thải nuôi trồng thủy sản của vùng BĐCM năm 2016 ước tính khoảng 1.166.607 m<sup>3</sup>/ngày; năm 2030 là 1.054.613 m<sup>3</sup>/ngày-đêm, giảm 9,6% so với năm 2016. Trong đó, các huyện trong vùng nghiên cứu của tỉnh Cà Mau có lượng nước thải nuôi trồng thủy sản xả vào sông/kênh lớn nhất (chiếm 56,2%), tiếp đến là Bạc Liêu (27,5%).

Các sông/kênh tiếp nhận nguồn nước thải NTTS lớn là kênh Tiếp Nhật, sông Mỹ Thanh, kênh Vĩnh Châu, sông Cổ Cò, sông Nhu Gia (Sóc Trăng); kênh Cái Cùng, kênh Gành Hào – Hộ Phòng, sông Gành Hào (Bạc Liêu); sông Đầm Dơi, sông Bò Đề, sông Cửa Lớn, Bảy Hạp, rạch Cái Đồi Vàm, sông Đốc, rạch Biện Nhị, rạch Tiểu Dừa. Có thể thấy rằng vùng bị ảnh hưởng do nước thải NTTS là vùng phía Đông – Nam bán đảo huyện Mỹ Xuyên tỉnh Sóc Trăng; huyện Đông Hải, Giá Rai tỉnh Bạc Liêu; huyện Đầm Dơi, Ngọc Hiển tỉnh Cà Mau; Phía Tây bán đảo bao gồm huyện An Minh và An Biên tỉnh Kiên Giang; huyện U Minh, Trần Văn Thời, Cái Nước tỉnh Cà Mau).

*Bảng 3.5: Kết quả tính toán lượng nước thải NTTS vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030*

| TT | Tỉnh              | Lượng nước cấp cho NTTS (m <sup>3</sup> /ngày-đêm) |                   |                   | Lưu lượng nước thải NTTS (m <sup>3</sup> /ngày-đêm) |                             |                             |
|----|-------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|    |                   | 2016                                               | 2020              | 2030              | Q <sub>thải NTTS</sub> 2016                         | Q <sub>thải NTTS</sub> 2020 | Q <sub>thải NTTS</sub> 2030 |
| 1  | Bạc Liêu          | 3.203.161                                          | 3.049.409         | 2.895.658         | 320.316                                             | 304.941                     | 289.566                     |
| 2  | Cà Mau            | 6.559.750                                          | 6.244.882         | 5.930.014         | 655.975                                             | 624.488                     | 593.001                     |
| 3  | Cần Thơ           | 41.990                                             | 39.975            | 37.959            | 4.199                                               | 3.997                       | 3.796                       |
| 4  | Hậu Giang         | 25.640                                             | 24.409            | 23.178            | 2.564                                               | 2.441                       | 2.318                       |
| 5  | Sóc Trăng         | 1.596.746                                          | 1.520.102         | 1.443.458         | 159.675                                             | 152.010                     | 144.346                     |
| 6  | Kiên Giang (BĐCM) | 238.787                                            | 227.325           | 215.864           | 23.879                                              | 22.733                      | 21.586                      |
|    | <b>Tổng cộng</b>  | <b>11.666.074</b>                                  | <b>11.106.102</b> | <b>10.546.131</b> | <b>1.166.607</b>                                    | <b>1.110.610</b>            | <b>1.054.613</b>            |



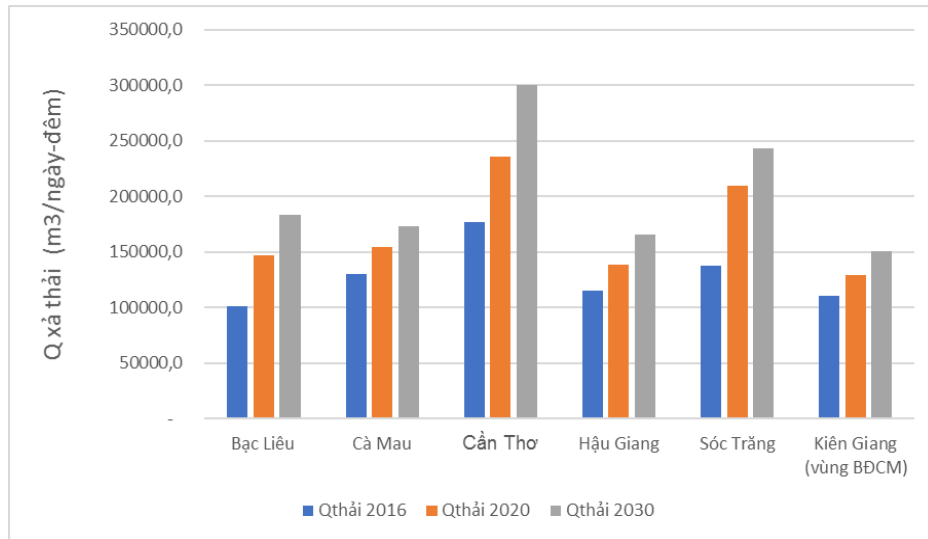
Hình 3.6: Biểu đồ so sánh lượng nước thải NTTS vùng BDCM năm 2016, 2020 và 2030

### 3.1.2.6 Tổng hợp lượng nước thải của các nguồn xả thải chính theo từng tỉnh vùng BDCM

Qua các tính toán ở trên, thấy rằng tổng lượng nước thải (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản) của vùng BDCM năm 2016 ước tính khoảng 3.506.796 m³/ngày; năm 2030 là 3.375.070 m³/ngày-đêm, giảm 3,75% so với năm 2016 (chủ yếu do nguồn nước thải trồng trọt giảm vì diện tích giảm). Trong đó, Cà Mau có lượng nước thải xả vào sông/kênh lớn nhất (chiếm 29,0%); tiếp đến là Sóc Trăng (18,0%); Bạc Liêu (17,2%); Kiên Giang (16,8%); Cần Thơ (10,5%) và Hậu Giang (8,5%), xem Bảng 3.6 và Hình 3.7.

Bảng 3.6: Tổng lượng nước thải của các nguồn chính theo các tỉnh vùng BDCM năm 2016, 2020 và 2030

| TT | Tỉnh                   | Lượng thải BDCM (m³/ngày-đêm) |                  |                  |
|----|------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
|    |                        | Qthải 2016                    | Qthải 2020       | Qthải 2030       |
| 1  | Bạc Liêu               | 604.610                       | 607.318          | 602.144          |
| 2  | Cà Mau                 | 1.018.241                     | 976.200          | 929.270          |
| 3  | Cần Thơ                | 369.452                       | 400.119          | 436.647          |
| 4  | Hậu Giang              | 297.425                       | 293.390          | 294.055          |
| 5  | Sóc Trăng              | 629.573                       | 644.922          | 621.829          |
| 6  | Kiên Giang (vùng BDCM) | 587.496                       | 537.278          | 491.126          |
|    | <b>Tổng cộng</b>       | <b>3.506.796</b>              | <b>3.459.228</b> | <b>3.375.070</b> |



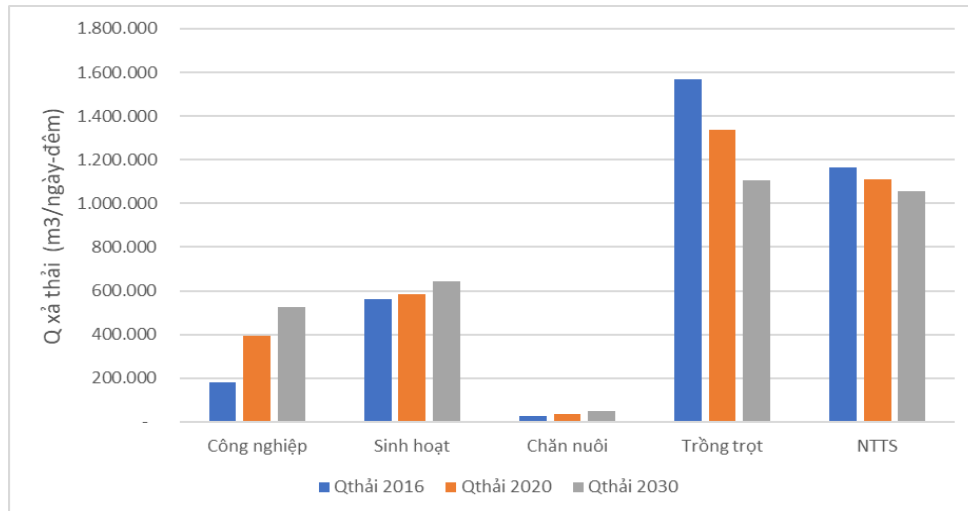
Hình 3.7: Biểu đồ so sánh tổng lượng nước thải các tỉnh vùng BDCM năm 2016, 2020 và 2030

### 3.1.2.7 Xác định nguồn xả nước thải chính theo từng nguồn thải vùng BDCM

Về lượng nước thải của từng nguồn thải, có thể thấy rằng lượng nước thải phân tán lớn hơn nhiều so với nguồn thải điểm. Cụ thể, lượng nước thải nguồn thải điểm là 771.815 (m³/ngày-đêm); nguồn phân tán là 2.734.981 (m³/ngày-đêm) (lớn gấp 3,54 lần). Trong đó, nguồn nước thải trồng trọt là lớn nhất (chiếm 44,7%); NTTS (33,3%); sinh hoạt (16%); công nghiệp (5,2%). Tuy nhiên, nguồn thải phân tán có xu thế giảm dần do diện tích trồng lúa và NTTS giảm dần theo các năm, đến năm 2030 lượng nước thải này giảm 21%. Ngược lại nguồn thải điểm tăng dần do dân số tăng, công nghiệp hóa mạnh mẽ, đến năm 2030 lượng nước thải này tăng 1,58 lần so với năm 2016 (xem Bảng 3.7 và Hình 3.8).

Bảng 3.7: Tổng lượng nước thải theo từng nguồn thải chính vùng BDCM năm 2016, 2020 và 2030

| TT | Nguồn thải       | Lưu lượng thải BDCM (m³/ngày-đêm) |                  |                  |
|----|------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
|    |                  | Qthải 2016                        | Qthải 2020       | Qthải 2030       |
| 1  | Công nghiệp      | 181.631                           | 392.484          | 525.491          |
| 2  | Sinh hoạt        | 562.488                           | 585.419          | 642.522          |
| 3  | Chăn nuôi        | 27.696                            | 34.460           | 48.309           |
| 4  | Trồng trọt       | 1.568.374                         | 1.336.254        | 1.104.135        |
| 5  | NTTS             | 1.166.607                         | 1.110.610        | 1.054.613        |
|    | <b>Tổng cộng</b> | <b>3.506.796</b>                  | <b>3.459.228</b> | <b>3.375.070</b> |



Hình 3.8: Biểu đồ so sánh lượng nước thải của các nguồn thải chính vùng BĐCM năm 2016, 2020 và 2030

### 3.1.3 Tính toán tải lượng ô nhiễm

Từ kết quả tính toán lượng nước thải ở trên, nghiên cứu tính toán tải lượng thông số ô nhiễm của các nguồn nước thải theo Công thức (2.6). Số liệu được sử dụng để tính toán là lưu lượng nước thải (đã được xác định ở Mục 3.1.2).

Theo các tính toán ở trên, các nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp (trồng trọt) và NTTS là những nguồn gây ô nhiễm chính cho vùng. Do vậy, các nguồn thải chính được đưa vào tính toán tải lượng ô nhiễm gồm nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Các thành phần được lựa chọn để tính tải lượng ô nhiễm là BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Tổng N, Tổng P vì đây cũng là những thông số ô nhiễm đặc trưng của vùng BĐCM. Kết quả chi tiết xem Bảng 3.8 và Hình 3.9.

Tải lượng thông số ô nhiễm do nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, trồng trọt và chăn nuôi được trình bày chi tiết dưới đây:

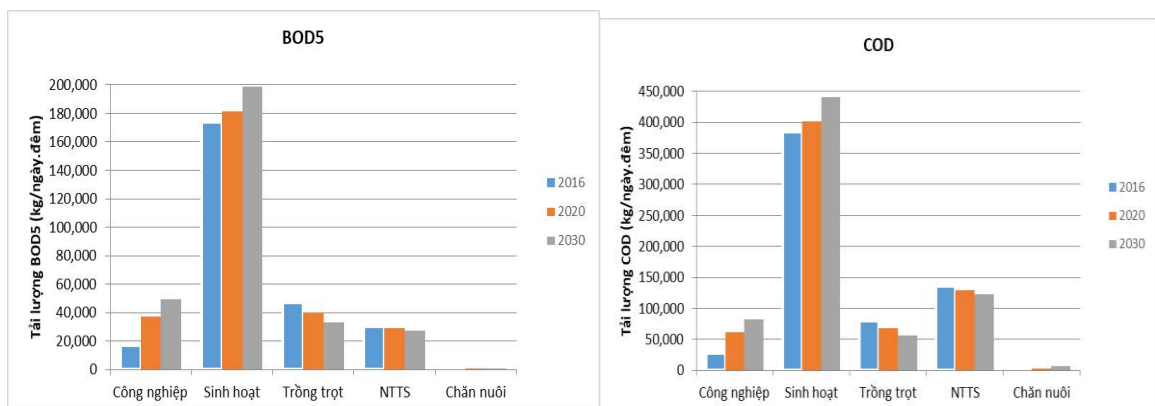
- Tải lượng thông số ô nhiễm do nước thải sinh hoạt: Tải lượng thông số ô nhiễm do dân cư được tính dựa trên dân số trong vùng và hệ số phát thải ô nhiễm tính theo đầu người. Đối với nguồn nước thải sinh hoạt, tải lượng ô nhiễm của thông số TSS có giá trị lớn nhất (620.185 kg/ngày-đêm), tiếp đến là COD (385.225 kg/ngày-đêm), BOD (173.994 kg/ngày-đêm), tải lượng ô nhiễm Tổng P từ nguồn này khá thấp (7.851 kg/ngày-đêm). Kết quả này hoàn toàn hợp lý bởi giá trị TSS, COD, và BOD trong nước thải sinh hoạt khá cao. Đến năm 2030, giá trị tải lượng ô nhiễm từ nguồn thải sinh hoạt ước tính tăng lên khoảng 1,14 lần so với năm 2016 do dân số tăng.



- Tải lượng thông số ô nhiễm do nguồn nước thải công nghiệp tại khu vực nghiên cứu là nguồn xả thải từ các KCN, cụm công nghiệp và được tính toán dựa trên lưu lượng nước thải đầu ra và nồng độ của các thông số tính toán (theo kết quả quan trắc nước thải của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam). Tải lượng thông số ô nhiễm từ nguồn công nghiệp hiện tại khá thấp, thông số COD có giá trị lớn nhất cũng chỉ đạt 28.276 (kg/ngày-đêm), nhưng dự báo sẽ tăng đáng kể trong tương lai. Đến năm 2030, tải lượng thông số ô nhiễm gấp khoảng 2,89 lần so với 2016 do quá trình công nghiệp hóa.

- Tải lượng thông số ô nhiễm do nguồn nuôi trồng thủy sản được tính toán dựa trên diện tích nuôi trồng thủy sản và hệ số phát sinh từng chất thải đối với mỗi hình thức nuôi thủy sản khác nhau. Kết quả tính toán cho thấy, giá trị tải lượng của TSS lớn nhất (471.309 kg/ngày-đêm), lớn hơn giá trị tải lượng của COD 3,5 lần; BOD<sub>5</sub> 15,5 lần... Điều này cũng hợp lý vì hàm lượng TSS trong nước thải NTTS rất cao. Theo ước tính đến năm 2030, tải lượng thông số ô nhiễm chỉ bằng 0,9 lần so với năm 2016 do việc áp dụng khoa học - kĩ thuật nhằm cải tiến phương thức nuôi để giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước.

- Tải lượng thông số ô nhiễm do hoạt động trồng trọt và chăn nuôi: giá trị tải lượng của các thông số tính toán thấp so với các nguồn thải khác. Trong đó, tải lượng ô nhiễm do hoạt động trồng trọt đến năm 2030 ước tính giảm so với năm 2016 là 30% (do diện tích đất trồng trọt giảm); tải lượng ô nhiễm do chăn nuôi tăng 1,74 lần so với năm 2016, xem Bảng 3.8 và Hình 3.9.



a) Tải lượng BOD<sub>5</sub>

b) Tải lượng COD

Hình 3.9: Biểu đồ tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải vùng BĐCM (2016 - 2030)

*Bảng 3.8: Tải lượng thông số ô nhiễm của các nguồn thải điểm vùng BĐCM*

| <i>Nguồn thải</i> | <i>Tải lượng thông số ô nhiễm (kg/ngày-đêm)</i> |                |                  |               |               |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
|                   | <i>BOD5</i>                                     | <i>COD</i>     | <i>TSS</i>       | <i>Tổng N</i> | <i>Tổng P</i> |
| <b>Năm 2016</b>   | <b>269.046</b>                                  | <b>633.941</b> | <b>1.133.711</b> | <b>68.741</b> | <b>44.556</b> |
| Công nghiệp       | 17.115                                          | 28.276         | 15.578           | 3.713         | 26.286        |
| Sinh hoạt         | 173.994                                         | 385.225        | 620.185          | 28.729        | 7.851         |
| Trồng trọt        | 47.051                                          | 80.458         | 21.957           | 7.999         | 2.823         |
| NTTS              | 30.332                                          | 136.260        | 471.309          | 28.115        | 6.696         |
| Chăn nuôi         | 554                                             | 3.722          | 4.681            | 186           | 900           |
| <b>Năm 2020</b>   | <b>287.724</b>                                  | <b>663.948</b> | <b>1.151.112</b> | <b>71.685</b> | <b>74.634</b> |
| Công nghiệp       | 36.984                                          | 61.102         | 33.663           | 8.022         | 56.800        |
| Sinh hoạt         | 181.087                                         | 400.930        | 645.468          | 29.900        | 8.171         |
| Trồng trọt        | 40.088                                          | 68.550         | 18.708           | 6.815         | 2.405         |
| NTTS              | 28.876                                          | 129.719        | 448.687          | 26.766        | 6.375         |
| Chăn nuôi         | 689                                             | 3.648          | 4.587            | 182           | 882           |
| <b>Năm 2030</b>   | <b>309.778</b>                                  | <b>708.159</b> | <b>1.203.186</b> | <b>74.928</b> | <b>94.628</b> |
| Công nghiệp       | 49.517                                          | 81.808         | 45.071           | 10.741        | 76.049        |
| Sinh hoạt         | 198.751                                         | 440.037        | 708.428          | 32.816        | 8.968         |
| Trồng trọt        | 33.124                                          | 56.642         | 15.458           | 5.631         | 1.987         |
| NTTS              | 27.420                                          | 123.179        | 426.064          | 25.416        | 6.053         |
| Chăn nuôi         | 966                                             | 6.493          | 8.164            | 324           | 1.570         |

Qua kết quả tính toán lưu lượng nước thải và tải lượng thông số ô nhiễm của chất thải thấy rằng các nguồn thải chính ảnh hưởng đến chất lượng nước của vùng nghiên cứu là nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và NTTS.

Kết quả tính toán tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải vùng BĐCM cho thấy hiện trạng và nguy cơ gây ô nhiễm nguồn nước của vùng rất cao. Để có thêm thông tin về chế độ chất lượng nước trong Bán đảo Luạn án sẽ mô phỏng các nguồn thải trên, cần xác định các thông số đặc trưng của nguồn thải trong vùng BĐCM. Chi tiết được trình bày trong mục 3.2.

### 3.2 ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT THEO CHỈ SỐ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT (WQI) VÙNG BẮN ĐẢO CÀ MAU

Việc tính toán chỉ số chất lượng nước mặt (WQI), là một chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước mặt của vùng BĐCM, nhằm mục đích mô tả định lượng về chất lượng nước mặt và khả năng sử dụng của nguồn nước đó. Dưới đây là kết quả quan trắc chất lượng nước mặt và kết quả nghiên cứu chỉ số chất lượng nước mặt (WQI).

#### 3.2.1 Khảo cứu số liệu quan trắc nước mặt

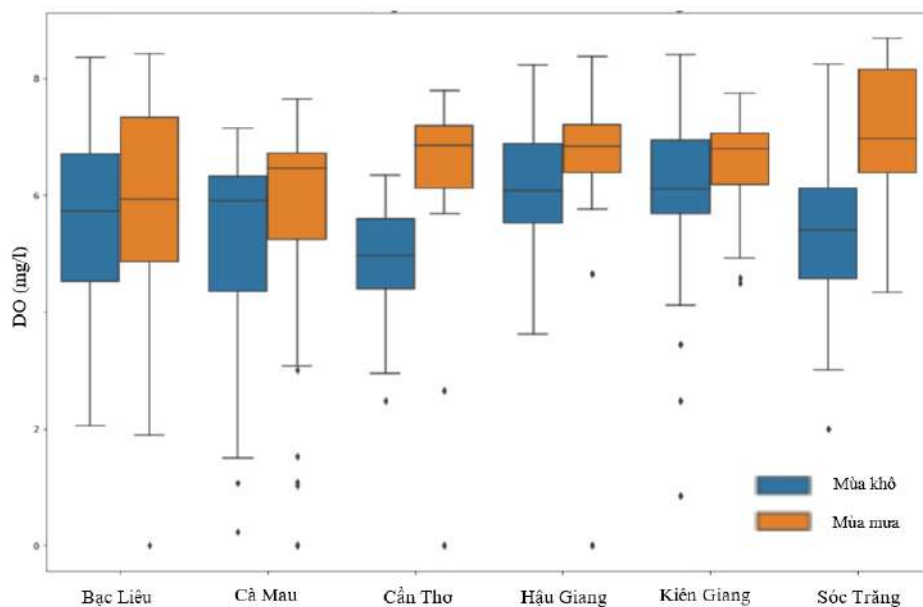
Phân tích kết quả quan trắc chất lượng nước mặt năm 2016 của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam [2] vào mùa khô và mùa mưa, kết quả quan trắc một số thông số chất lượng nước trong vùng nghiên cứu được tổng hợp trong Bảng 3.9.

*Bảng 3.9: Tổng hợp kết quả phân tích chất lượng nước vùng BĐCM*

| Thông số         | Đặc trưng           | Mùa khô              | Mùa mưa              | Tổng                 |
|------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  |                     | (N=239)              | (N=239)              | (N=478)              |
| pH               | Trung bình (SD)     | 7.61 (0.335)         | 7.25 (0.252)         | 7.43 (0.346)         |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 7.59 [5.57, 8.75]    | 7.24 [6.52, 8.07]    | 7.40 [5.57, 8.75]    |
| DO               | Trung bình (SD)     | 5.48 (1.48)          | 6.25 (1.68)          | 5.87 (1.63)          |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 5.68 [0.210, 8.40]   | 6.62 [0, 8.68]       | 6.16 [0, 8.68]       |
| BOD <sub>5</sub> | Trung bình (SD)     | 11.5 (7.44)          | 13.6 (30.0)          | 12.6 (21.9)          |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 9.40 [2.20, 46.3]    | 10.5 [3.40, 420]     | 10.2 [2.20, 420]     |
| COD              | Trung bình (SD)     | 20.5 (13.5)          | 27.1 (61.4)          | 23.8 (44.5)          |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 16.9 [4.00, 96.8]    | 20.5 [6.70, 880]     | 19.0 [4.00, 880]     |
| NH <sub>4</sub>  | Trung bình (SD)     | 0.238 (0.464)        | 0.967 (2.15)         | 0.603 (1.59)         |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 0.100 [0.100, 3.99]  | 0.430 [0.0100, 20.2] | 0.200 [0.0100, 20.2] |
| PO <sub>4</sub>  | Trung bình (SD)     | 0.422 (3.68)         | 0.752 (5.24)         | 0.587 (4.53)         |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 0.100 [0.0100, 55.9] | 0.110 [0.0100, 65.5] | 0.100 [0.0100, 65.5] |
| TSS              | Trung bình (SD)     | 113 (119)            | 225 (284)            | 169 (224)            |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 68.0 [7.40, 732]     | 110 [4.00, 1530]     | 95.4 [4.00, 1530]    |
| Coliform         | Trung bình (SD)     | 22600 (38600)        | 38800 (63100)        | 30700 (52900)        |
|                  | Trung vị [Min, Max] | 5200 [180, 320000]   | 12000 [180, 540000]  | 7900 [180, 540000]   |

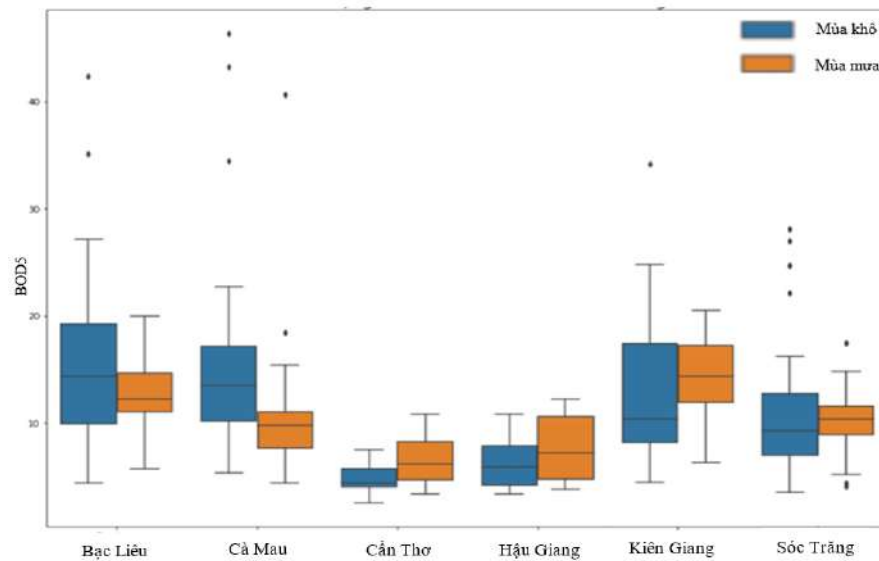
**DO:** Giá trị thông số DO tại các vị trí quan trắc dao động từ 0,00 ÷ 6,7 mg/l. Tại vị trí trên Sông Cái Chôi (Nhà máy chế biến Thủy sản Phú Thành), DO bằng không, tức là nguồn nước không có khả năng tự làm sạch (do lưu lượng xả thải lớn không được xử

lý đạt yêu cầu trước khi xả vào nguồn nước). DO có sự biến đổi theo mùa (vào mùa mưa giá trị DO cao hơn mùa khô), đồng thời có sự khác biệt giữa các tỉnh, Sóc Trăng và Cần Thơ là các tỉnh có giá trị DO nhỏ hơn các tỉnh còn lại, do đây là 2 tỉnh/thành phố có tốc độ phát triển kinh tế và đô thị hóa cao hơn các tỉnh còn lại. Các tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau có DO biến động lớn giữa 2 mùa do đây là các tỉnh nằm cuối nguồn, nguồn nước cấp từ biên Sông Hậu đối với các sông, kênh của các tỉnh này còn hạn chế, điều này được thể hiện rất rõ trong kết quả mô phỏng thành phần nước biên Sông Hậu trong mục 3.3.1.1 (Hình 3.10).



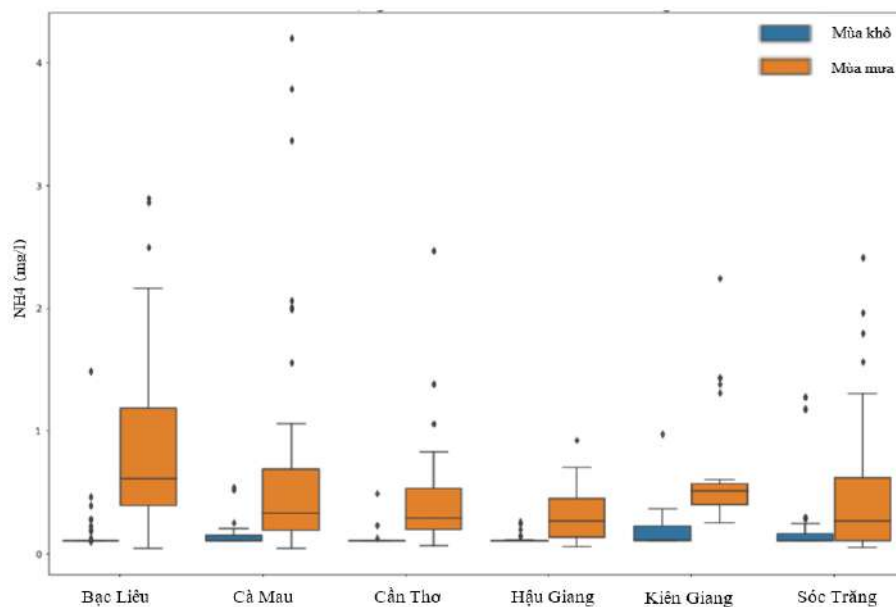
Hình 3.10: Biểu đồ kết quả quan trắc DO vùng BDCM (Mùa khô và mùa mưa 2016)

**BOD<sub>5</sub>:** Giá trị thông số BOD<sub>5</sub> dao động khá lớn, từ 2,2 – 419,90 mg/l. Tại các khu vực ven biển từ Kiên Giang đến Sóc Trăng phần lớn các vị trí đo đạc có giá trị BOD<sub>5</sub> nằm trong quy chuẩn cột B. Các vị trí quan trắc gần các khu công nghiệp, khu dân cư tập trung, khu đô thị... có giá trị BOD<sub>5</sub> vượt quy chuẩn cho phép, nhất là tại các vị trí trên các kênh, điển hình là kênh Cà Mau – Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp (đây là những kênh tiếp nhận nguồn nước thải từ các khu dân cư tập trung, đô thị từ thành phố Cà Mau, Bạc Liêu và Sóc Trăng). Điều này cho thấy xu thế nguồn nước trong những khu vực này bị ô nhiễm chất hữu cơ là khá rõ ràng.



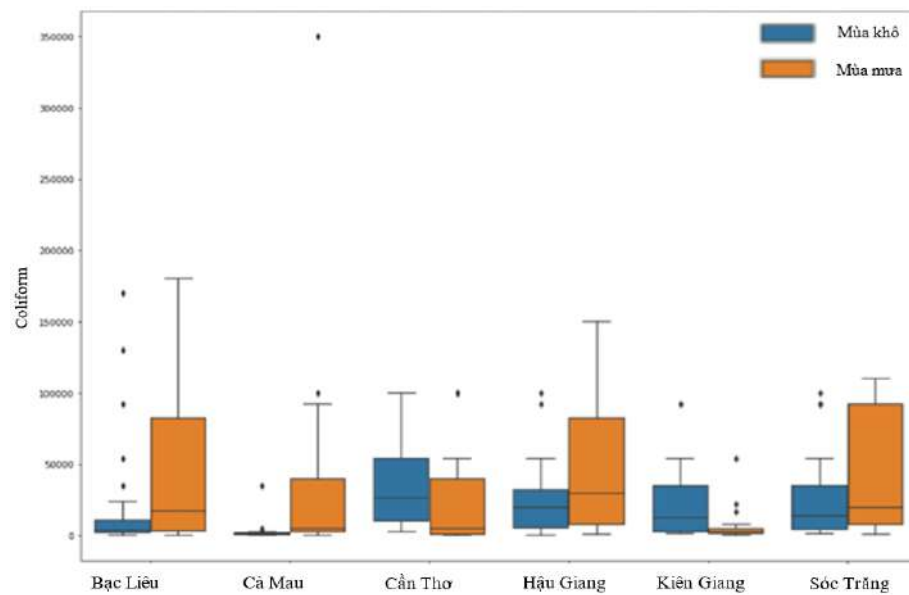
Hình 3.11: Biểu đồ kết quả quan trắc BOD<sub>5</sub> vùng BDCM (Mùa khô và mùa mưa 2016)

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** nhiều vị trí không đạt được quy chuẩn môi trường cột B như tại Sông Cái Bé (Kiên Giang), Kênh Cà Mau – Bạc Liêu (TP. Cà Mau), một số sông/kênh qua thành phố Sóc Trăng (Sông Cầu Quay, kênh Tam Sóc). Đáng chú ý số điểm không đạt được quy chuẩn chất lượng môi trường cột B chủ yếu tập trung vào thời điểm mùa mưa, đây là nguyên nhân của nước mưa chảy tràn từ các vùng sản xuất nông nghiệp.



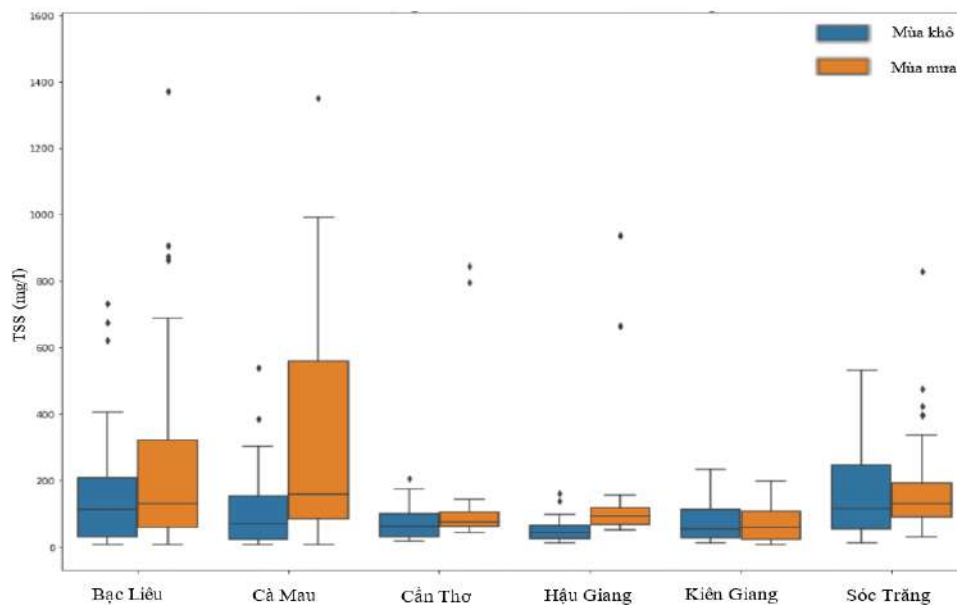
Hình 3.12: Biểu đồ kết quả quan trắc NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vùng BDCM (Mùa khô và mùa mưa 2016)

**Tổng Coliform:** giá trị dao động rất lớn, trong khoảng từ 180 đến 320.000 MPN/100ml (vào mùa khô) và 180 đến 540.000 MPN/100ml (vào mùa mưa) cho thấy nguồn nước chứa đựng nhiều yếu tố mầm bệnh.



Hình 3.13: Biểu đồ tổng Coliform vùng BDCM (Mùa khô và mùa mưa 2016)

**Tổng chất rắn lơ lửng (TSS):** TSS dao động từ 4,0 – 1530 mg/l; có khá nhiều vị trí có TSS vượt quá quy chuẩn cột A2 cũng như B2 cho thấy nguồn nước trong khu vực này luôn chứa một lượng cặn lớn tiềm ẩn các yếu tố tác động đến chất lượng nguồn nước, ảnh hưởng trực tiếp đến việc lấy nước cấp cho các đối tượng nuôi thủy sản.



Hình 3.14: Biểu đồ TSS vùng BDCM (Mùa khô và mùa mưa 2016)

Qua phân tích ở trên, thấy rằng nước mặt vùng nghiên cứu chủ yếu bị ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng, vi sinh vật. Các thông số vượt nhiều lần TCCP là DO, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và tổng Coliform (đây cũng là những thông số ô nhiễm điển hình của vùng nghiên

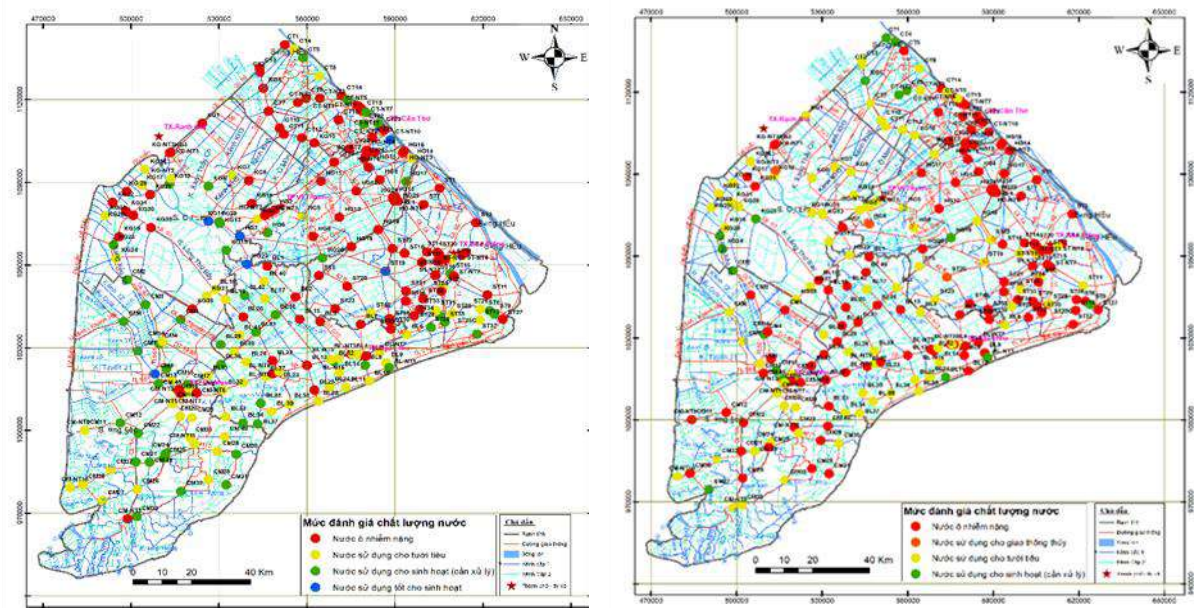
cứ). Mức độ ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng và vi sinh vật ngày càng tăng qua các năm [23] (vượt TCCP từ 1,1 – 3,7 lần). Các kênh/rạch bị ô nhiễm là Cái Sơn Hàng Bàng; rạch Cam; Ba Láng và Bò Ót... (Cần Thơ) [19]; kênh Xà No, Cái Côn, Lái Hiếu, một số tuyến sông thuộc huyện Long Mỹ (Hậu Giang) [20]; Kênh 8 mét, kênh 16 mét, kênh 30/4, sông Cổ Cò, kênh chợ Thị xã Vĩnh Châu, kênh TT Huỳnh Hữu Nghĩa, kênh thị trấn Châu Thành (Sóc Trăng) [21]; kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp, Phó sinh – Phước Long; kênh Bạc Liêu - Cà Mau (Bạc Liêu) [17]; và các kênh rạch thuộc thành phố Cà Mau [18].

Kết quả phân tích, đánh giá ở trên cũng sẽ được dùng để tính toán chỉ số chất lượng nước mặt (WQI) và được dùng làm số liệu hiệu chỉnh, kiểm định mô hình toán (chất lượng nước) Mike11(Ecolab) tại một số vị trí điển hình.

### **3.2.2 Kết quả nghiên cứu chỉ số chất lượng nước mặt (WQI)**

Căn cứ vào kết quả phân tích chất lượng nước mặt vùng BĐCM nghiên cứu đã tính chỉ số chất lượng nước VN\_WQI theo 2 đợt đo năm 2016 (mùa khô và mùa mưa). Kết quả cụ thể được trình bày trên Hình 3.15 cho thấy:

- Vào mùa khô, kết quả chỉ số VN\_WQI có giá trị thấp (0-25) tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước là ô nhiễm nặng chiếm 45% vị trí quan trắc. Tại các vị trí quan trắc của tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau VN\_WQI lớn hơn các tỉnh còn lại, hầu hết giá trị WQI từ 51 – 75 (màu vàng), tức là chất lượng nước của 2 tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau tốt hơn.
- Vào mùa mưa, kết quả chỉ số VN\_WQI có giá trị thấp (0-25) tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước là ô nhiễm nặng chiếm 52% vị trí quan trắc (cao hơn mùa khô). Nguyên nhân là do mùa mưa các sông, kênh phải nhận nước thải từ ngược mưa chảy tràn, cũng như các nguồn nước thải từ các hoạt động công nghiệp, cơ sở sản xuất chưa được xử lý đạt yêu cầu.



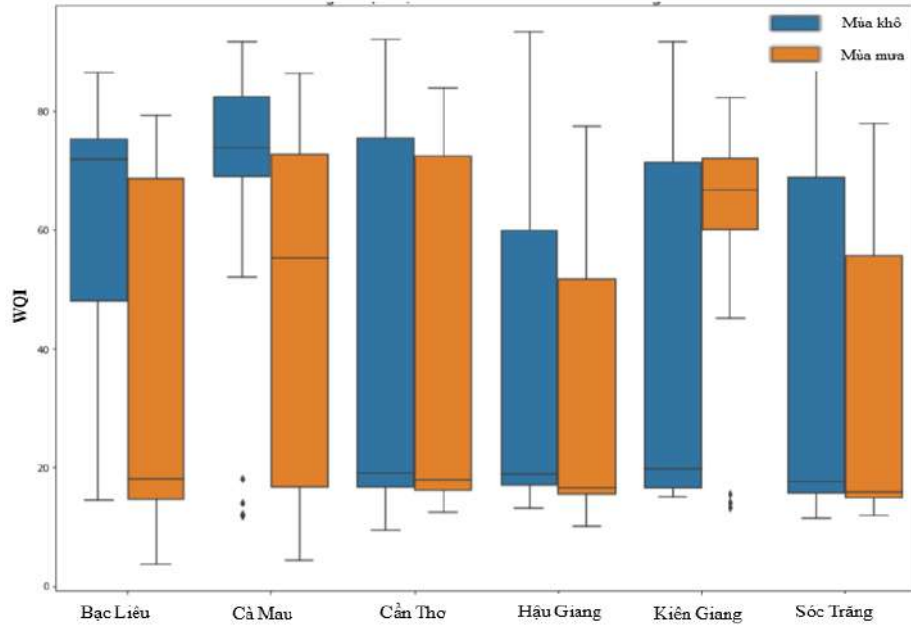
a) WQI vùng BDCM (4/2016)

b) WQI vùng BDCM (10/2016)

Hình 3.15: Bản đồ so sánh kết quả tính WQI vùng BDCM mùa khô và mùa mưa

Qua kết quả tính toán VN\_WQI có thể thấy các vị trí bị ô nhiễm nặng chiếm khoảng 50%: vùng phía Đông Bắc (Thành phố Cần Thơ); vùng Đông Nam (Sóc Trăng – Bạc Liêu); vùng phía Tây (huyện An Minh, An Biên tỉnh Kiên Giang) và vùng giữa Bán đảo (Vị Thanh, Cà Mau). Trong đó, các tuyến kênh bị ảnh hưởng bởi ô nhiễm là Kênh Cà Mau – Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp; các kênh rạch trong đô thị của các đô thị lớn (Cần Thơ và Sóc Trăng). Đối với các tỉnh trong vùng nghiên cứu, biên độ dao động của VN\_WQI cũng rất khác nhau, các tỉnh Hậu Giang, Sóc Trăng, Kiên Giang và Cần Thơ có giá trị WQI thấp và biên độ dao động lớn (đồng nghĩa với ô nhiễm nghiêm trọng hơn); 2 tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau có giá trị VN\_WQI lớn hơn 50, nên chất lượng nước mặt không bị ô nhiễm nghiêm trọng. Tuy nhiên, tỉnh Cà Mau có một vài điểm ô nhiễm cục bộ (chủ yếu ở thành phố Cà Mau do nước thải từ sinh hoạt và công nghiệp). Đối với các vị trí bị ảnh hưởng mặn (độ mặn > 3 g/l) cần phải có biện pháp xử lý hoặc không dùng cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp xem Hình 3.16.



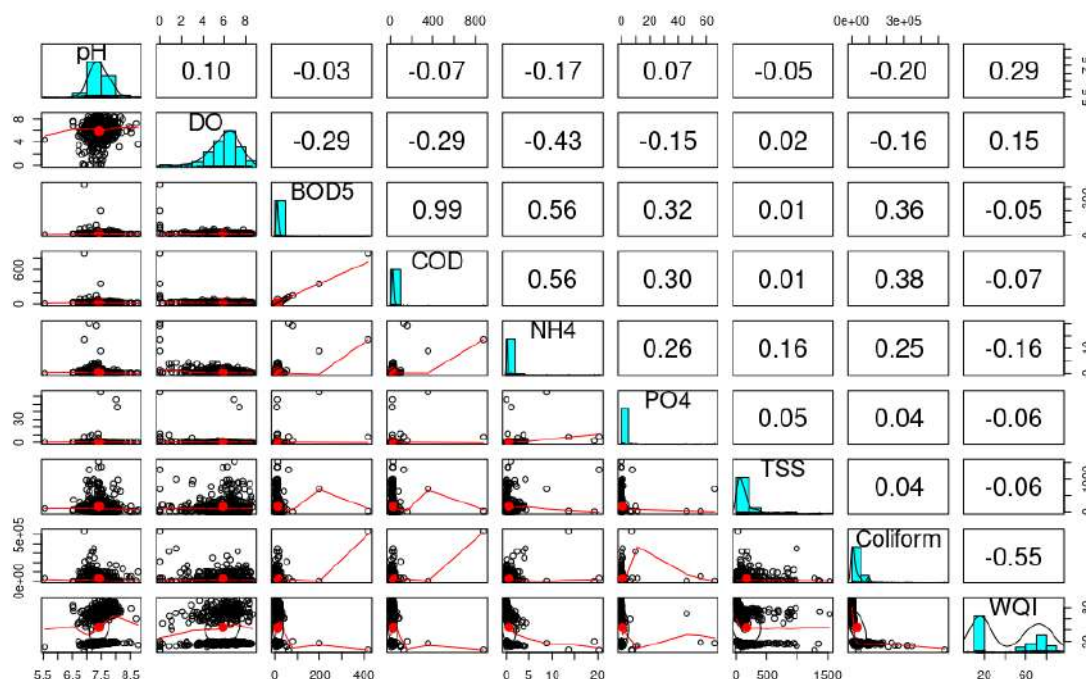


Hình 3.16: Biểu đồ WQI của các tỉnh trong vùng BDCM (tháng 4 và 10/2016)

### 3.2.3 Dự báo chỉ số chất lượng nước mặt

Trong vùng nghiên cứu, các địa phương thường dùng chỉ số chất lượng nước (WQI) để đánh giá chất lượng nước mặt và khả năng sử dụng của nguồn nước đối với từng mục đích khác nhau. Tuy nhiên, việc tính toán WQI từ các thông số quan trắc chất lượng nước còn gặp nhiều hạn chế do cần nhiều thông số quan trắc và tính toán còn tương đối phức tạp. Việc tìm phương pháp tính toán hiệu quả WQI là rất quan trọng và cần thiết nhằm phục vụ tốt hơn cho công tác đánh giá chất lượng nước mặt cho vùng nghiên cứu. Do vậy, nghiên cứu này sẽ ứng dụng thuật toán (mô hình) học máy để tính toán WQI dựa vào số liệu đầu vào (thông số chất lượng nước tối thiểu) để giảm chi phí quan trắc chất lượng nước mặt, trong đó đã áp dụng phương pháp Bayes (BMA) để lựa chọn các thông số chất lượng nước tối ưu để tính toán WQI.

Theo kết quả quan trắc chất lượng nước ở mục 3.2.1 có rất nhiều thông số chất lượng nước là lý, hóa và vi sinh (pH, TSS, DO, BOD<sub>5</sub>, COD, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, Coliform) quyết định đến ô nhiễm, tức là đến chất lượng nước (ở đây là giá trị WQI). Tương quan của các thông số chất lượng nước và WQI như trong Hình 3.17.



Hình 3.17: Biểu đồ tương quan của các thông số chất lượng nước và WQI

Có thể thấy mối tương quan giữa WQI và các thông số không cao, mức tương quan đáng kể với một số thông số như Coliform (0,55); tiếp đến là pH (0,29); NH<sub>4</sub> (0,16); DO (0,15) do vậy việc chọn các thông số (tối ưu) để tính toán WQI bằng mô hình học máy sẽ khó khăn. Để chọn được các thông số (tối ưu), nghiên cứu đã áp dụng phương pháp Bayes (BMA), kết quả phân tích bằng BMA (Hình 3.18) đã xác định được các thông số chất lượng nước có ảnh hưởng lớn đến giá trị WQI như sau:

- Theo kết quả phân tích theo phương pháp BMA, xác suất xuất hiện (theo mô hình được chọn) của từng thông số ảnh hưởng đến WQI như sau: pH, Coliform (100%); PO<sub>4</sub> (55,3%); COD (52,8), BOD<sub>5</sub> (47,2%); DO (31,8%); NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (29,1%) và TSS (1,6%);

- Có 5 mô hình tối ưu được chọn như sau:

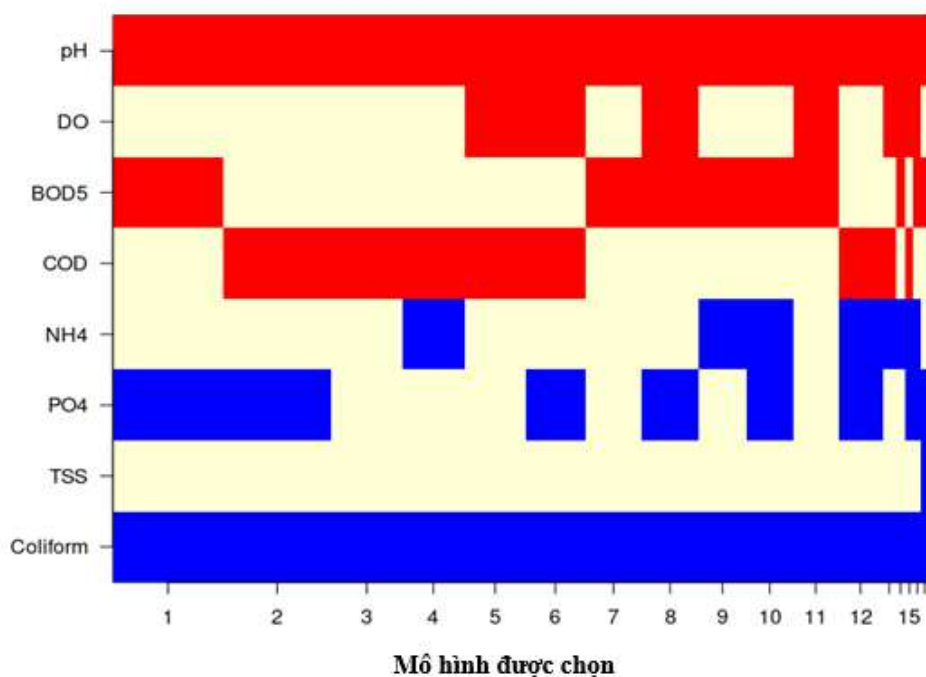
+ Mô hình 1: pH, BOD<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub> và Coliform (tần suất hậu định là 13,4%);

+ Mô hình 2: pH, COD, PO<sub>4</sub> và Coliform (tần suất hậu định là 13,2%);

+ Mô hình 3: pH, COD và Coliform (xác suất hậu định là 8,7%);

+ Mô hình 4: pH, COD, NH<sub>4</sub> và Coliform (xác suất hậu định là 7,5%);

+ Mô hình 5: pH, DO, COD và Coliform (xác suất hậu định là 7,5%).



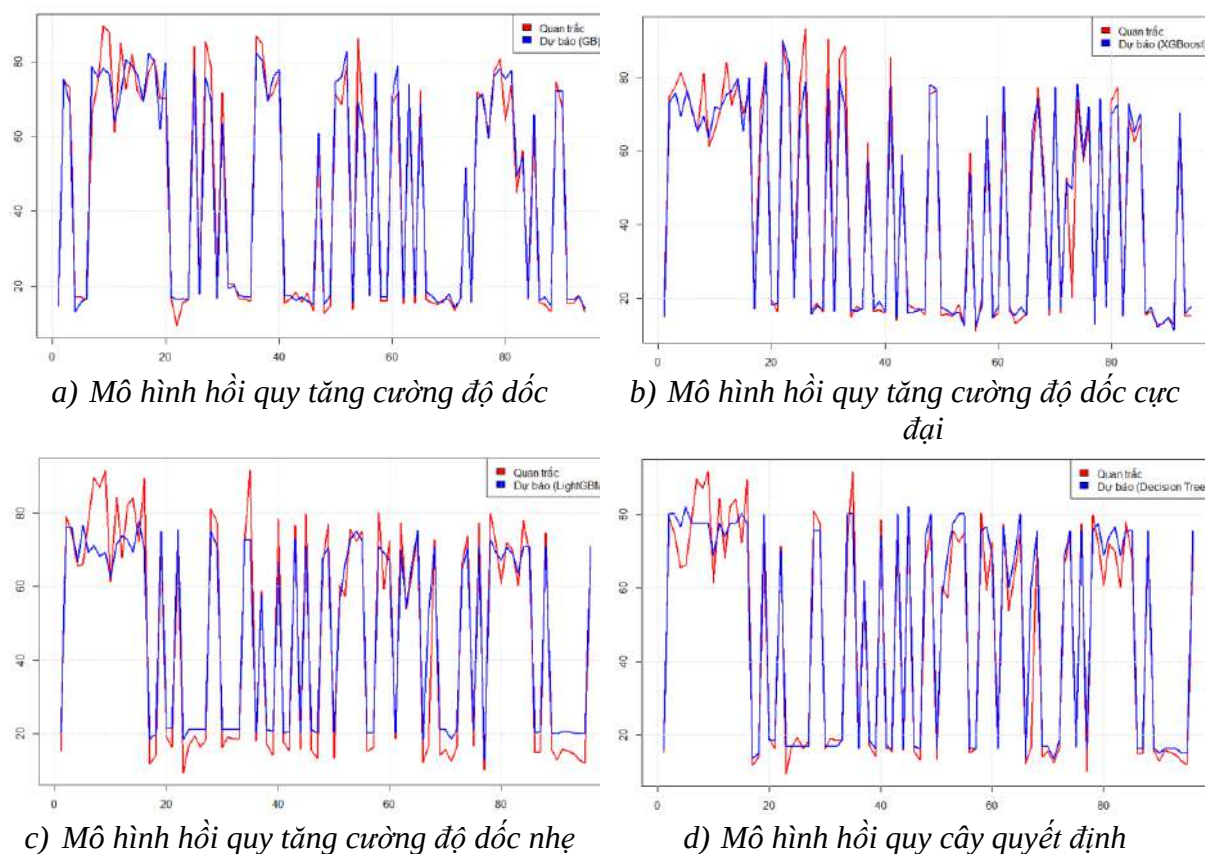
Hình 3.18: Biểu đồ lựa chọn thông số chất lượng nước (đặc trưng) theo BMA

Căn cứ vào kết quả lựa chọn các thông số phục vụ xây dựng mô hình học máy bằng phương pháp Bayes (BMA), nghiên cứu đã lựa chọn Mô hình 1 với 4 thông số pH, BOD<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub> và Coliform để làm số liệu đầu vào dự báo WQI theo 4 thuật toán (mô hình) học máy là Tăng cường độ dốc, Tăng cường độ dốc cực đại, Tăng cường độ dốc nhẹ và Cây quyết định. Kết quả dự báo WQI và các biểu đồ so sánh giữa giá trị WQI dự báo và thực đo đối với tập số liệu thử nghiệm theo 4 mô hình học máy khác nhau được trình bày trong Hình 3.19.

Kết quả đánh giá (dựa vào 4 tiêu chí) các mô hình học máy dự báo chỉ số chất lượng nước mặt vùng BĐCM được trình bày trong Bảng 3.10. Theo đó mô hình Tăng cường độ dốc có kết quả dự báo chính xác nhất vì có hệ số xác định  $R^2$  cao nhất (0,973), giá trị các sai số MAE, MSE và RMSE thấp nhất (3,24; 22,54; 4,75). Tiếp đến là mô hình Tăng cường độ dốc cực đại có  $R^2$  là 0,966 và giá trị các sai số tương ứng (3,15; 28,95; 5,38). Mô hình Cây quyết định có  $R^2$  là 0,944; giá trị các sai số là 4,46; 49,67; 7,04; Mô hình Tăng cường độ dốc nhẹ có  $R^2$  là 0,928; giá trị các sai số là 5,95; 63,30; 7,95).

Có thể thấy, các mô hình học máy được áp dụng trong nghiên cứu này đều có thể dự đoán tốt WQI cho khu vực nghiên cứu (hệ số xác định rất cao, lớn hơn 0,9). Đây là

cơ sở khoa học vững chắc và cũng là kết quả quan trọng để có thể ứng dụng các mô hình học máy trong tính toán WQI cho các vùng khác có điều kiện tương tự như vùng BĐCM, nhất là trong điều kiện khó khăn trong công tác quan trắc đầy đủ các thông số chất lượng nước để phục vụ tính toán WQI theo phương pháp truyền thống.



Hình 3.19: Biểu đồ so sánh giữa giá trị WQI dự báo và thực đo đối với tập số liệu thử nghiệm theo 4 mô hình học máy khác nhau

Bảng 3.10: Bảng thống kê kết quả đánh giá các mô hình học máy dự báo chỉ số chất lượng nước mặt vùng BĐCM

| Mô hình           | Các thông số đầu vào                              | Thông số đầu ra | Tiêu chí đánh giá |       |      |       |
|-------------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------|------|-------|
|                   |                                                   |                 | MAE               | MSE   | RMSE | $R^2$ |
| Gradient Boosting | pH, BOD <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> , Coliform | WQI             | 3,24              | 22,54 | 4,75 | 0,973 |
| XGBoost           | pH, BOD <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> , Coliform | WQI             | 3,15              | 28,95 | 5,38 | 0,966 |
| LightGBM          | pH, BOD <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> , Coliform | WQI             | 5,95              | 63,30 | 7,95 | 0,928 |
| Decision Tree     | pH, BOD <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> , Coliform | WQI             | 4,46              | 49,67 | 7,04 | 0,944 |



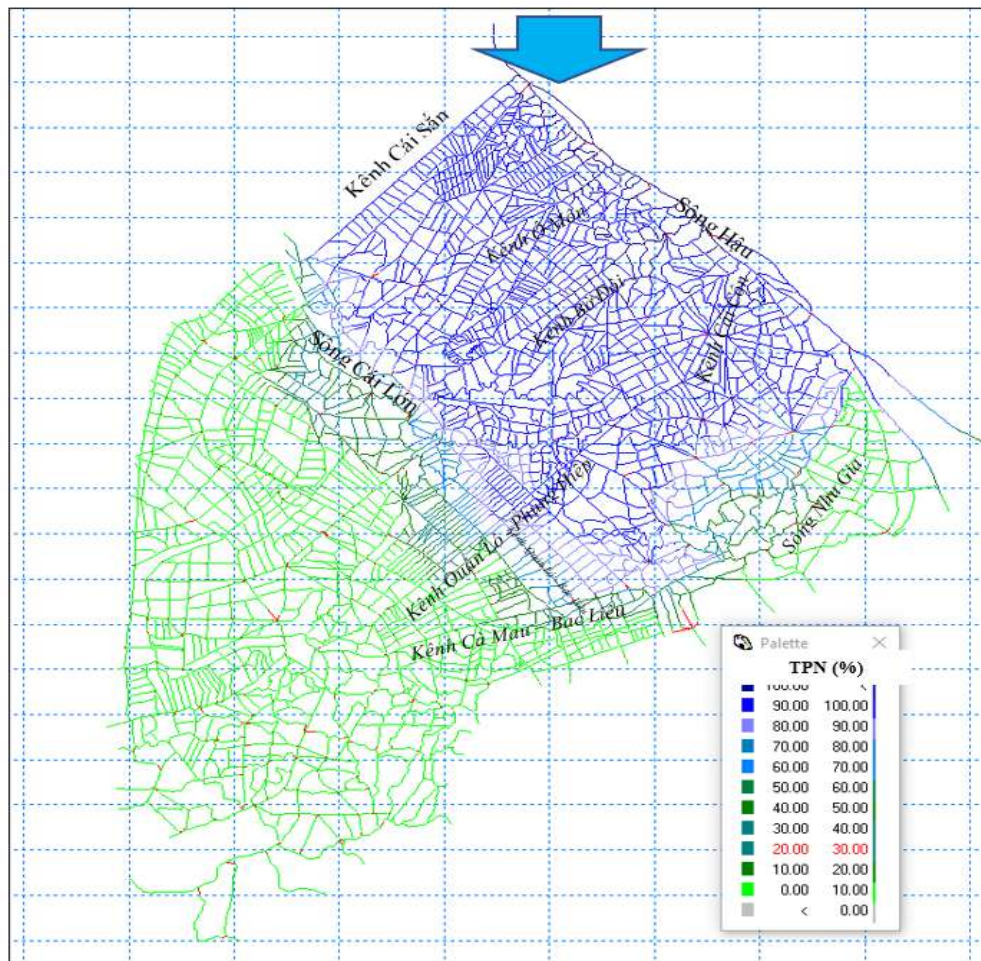
### 3.3 NGHIÊN CỨU LAN TRUYỀN CÁC NGUỒN NƯỚC VÙNG BÁN ĐẢO CÀ MAU

Chất lượng nước vùng nghiên cứu là hệ quả của sự tương tác của tất cả các nguồn nước từ biên và nội bán đảo (nước mặt và nước thải). Do vậy, trong phần này sẽ ứng dụng lý thuyết lan truyền các nguồn nước trong hệ thống sông, kênh, để mô phỏng lan truyền các nguồn nước từ biên lan truyền vào bán đảo và các nguồn nước thải gây ô nhiễm từ các nguồn thải chính nội vùng bán đảo (nguồn nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản).

#### 3.3.1 Nghiên cứu lan truyền các nguồn biên vùng BDCM

##### 3.3.1.1 Nghiên cứu lan truyền các nguồn nước từ biên sông Hậu

Kết quả tính toán mô phỏng lan truyền các nguồn nước từ biên sông Hậu được trình bày trong Hình 3.20.



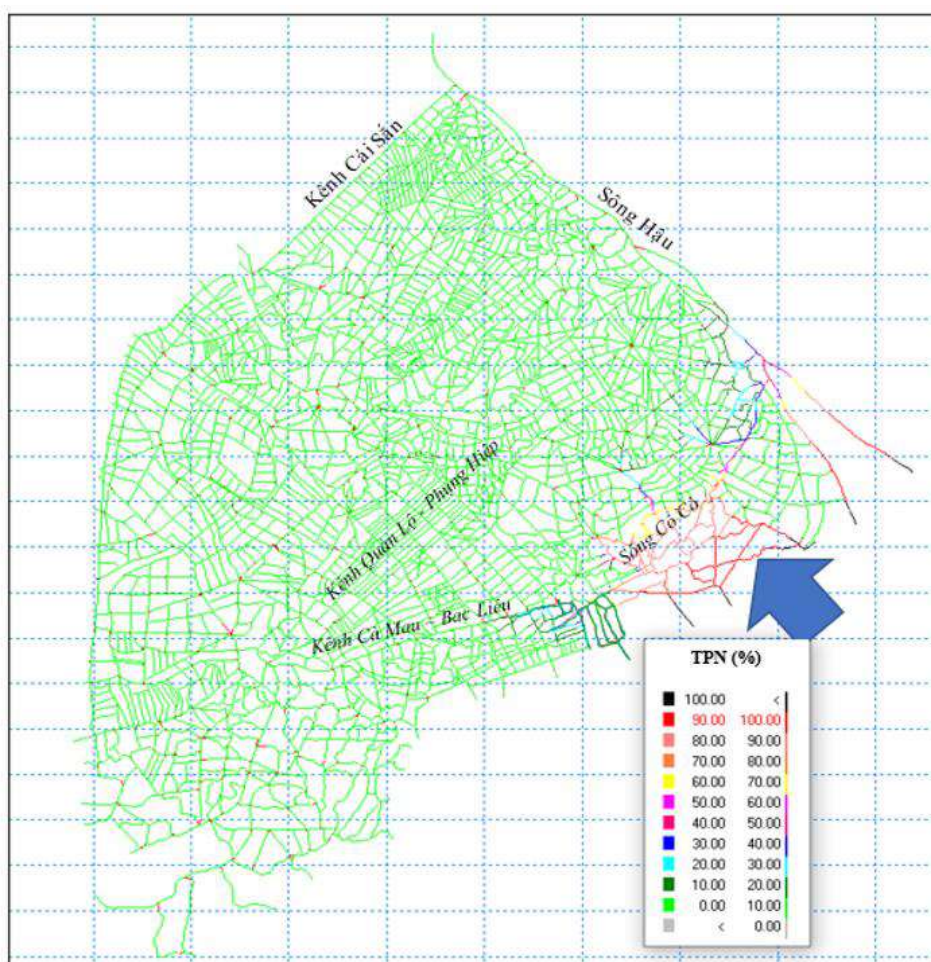
Hình 3.20: Phân bố tỷ lệ thành phần nước ngọt lớn nhất sông Hậu khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016)

Theo kết quả tính toán nguồn nước từ sông Hậu xâm nhập vào Bán đảo, vào tháng 1/2016, nguồn nước mặt (ngọt) từ sông Hậu (với tỷ lệ thành phần nước ngọt lớn hơn 75%) đi sâu vào Bán đảo chiếm khoảng 40-45% diện tích BDCM theo các tuyến kênh Cái Sắn, Thốt Nốt, Ô Môn, Cái Côn đến Sông Cái Lớn, kênh Quản Lộ - Bạc Liêu, sông Nhu Gia (Sóc Trăng), xem Hình 3.20. Điều đó cho thấy khi các nguồn ô nhiễm xả vào các sông/kênh vùng này, nó sẽ được hòa trộn vào TPN sông Hậu và lan truyền theo các hướng khác nhau.

### 3.3.1.2 Nghiên cứu lan truyền các nguồn nước từ biên biển

#### a) Nguồn nước biển đoạn từ sông Hậu đến kênh Hòa Phú (Bạc Liêu)

Kết quả tính toán mô phỏng lan truyền các nguồn nước biển đoạn từ sông Hậu đến kênh Hòa Phú (Bạc Liêu) được trình bày trong Hình 3.21.



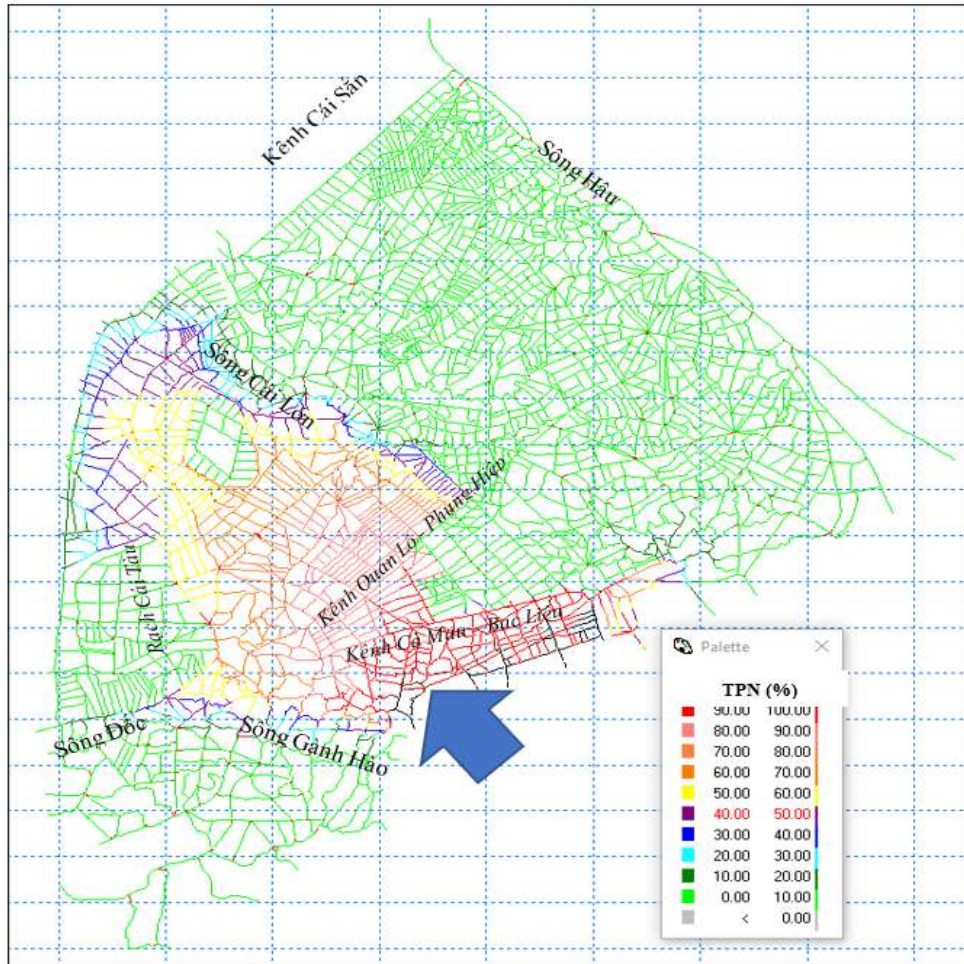
Hình 3.21: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) từ cửa sông Hậu - kênh Hòa Phú khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016)



Nguồn nước này xâm nhập vào Bán đảo chủ yếu ở khu vực các huyện Long Phú, Mỹ Xuyên, Vĩnh Châu (Sóc Trăng); Vĩnh Lợi, TP. Bạc Liêu (Bạc Liêu). Tỷ lệ nguồn mặn sông Hậu trên kênh Đại Ngãi tiếp giáp với sông Hậu cũng là khá lớn, đến 25-30%, và giảm nhỏ ở Mỹ Xuyên (Hình 3.21). Đây là vùng ảnh hưởng triều và đã có hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước nên sự lan truyền nguồn nước từ biển vào vùng Bán đảo không lớn, chiều dài xâm nhập lớn nhất vào bán đảo từ 10 - 30km.

b) Nguồn nước biển đoạn từ kênh 30/4 (TP. Bạc Liêu) đến sông Gành Hào (bao gồm sông Gành Hào)

Kết quả mô phỏng lan truyền các nguồn nước biển đoạn từ kênh 30/4 (TP. Bạc Liêu) đến sông Gành Hào (bao gồm sông Gành Hào) được trình bày trong Hình 3.22.

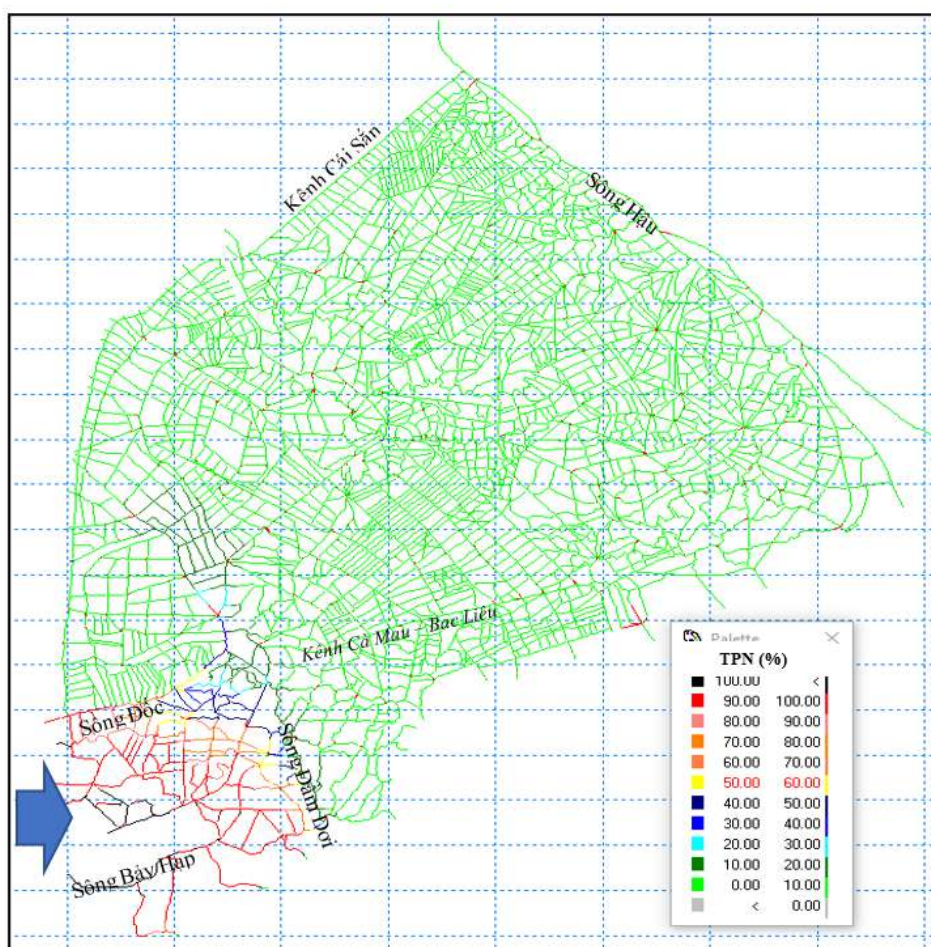


Hình 3.22: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Bạc Liêu – Gành Hào khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/ 2016)

Nguồn nước này xâm nhập rất sâu (đến tận sông Cái Lớn) và rất rộng trong Bán đảo, chiếm thể chủ đạo về tác động gây mặn vùng giữa Bán đảo. Tỷ lệ thành phần nước biển vào vùng bán đảo rất cao, từ 30- 100%, trong đó vùng có thành phần nước biển cao từ 70-100% (tương ứng với độ mặn từ 20-30g/l) chiếm chủ yếu (chiếm 2/3 vùng bị mặn xâm nhập). Trong đó, sông Gành Hào, các kênh nối từ Quần Lộ - Phụng Hiệp ra biển (như Hộ Phòng, Tắc Vân,...) đóng vai trò rất quan trọng trong việc chuyển nước biển (Hình 3.22). Đây cũng là một đặc điểm quan trọng để đề xuất giải pháp trao đổi nước nhằm pha loãng nguồn nước thải từ các kênh tiếp nhận nước thải của vùng này.

c) *Nguồn nước biển đoạn từ phía Nam sông Gành Hào đến Sông Đốc (bao gồm sông Sông Đốc)*

Kết quả mô phỏng lan truyền các nguồn nước biển đoạn từ phía Nam sông Gành Hào đến Sông Đốc (bao gồm sông Sông Đốc) được trình bày trong Hình 3.23.



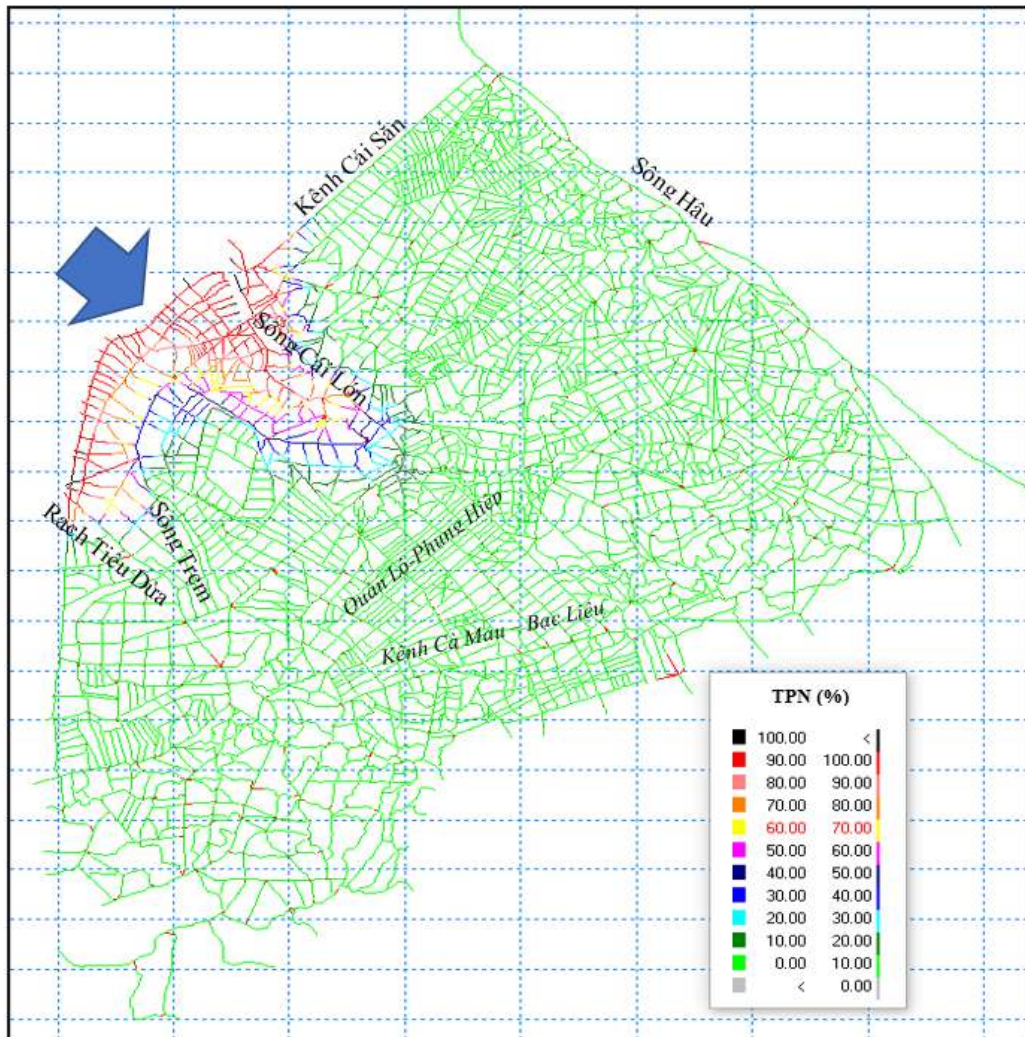
Hình 3.23: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Gành Hào – Sông Đốc khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/ 2016)



Nguồn nước biển phía Nam sông Gành Hào đến phía Nam Sông Đốc có tác động trong vùng từ phía nam tỉnh Cà Mau (Ngọc Hiển, Năm Căn, Phú Tân, Cái Nước và Đầm Dơi) đến phía bắc của tỉnh Cà Mau. Đây cũng là vùng ảnh hưởng của triều biển Đông và Biển Tây nên hướng xâm nhập của nguồn nước có sự tương tác giữa 2 chế độ triều. Thành phần nước biển trong khu vực bị ảnh hưởng rất cao từ 70 -100% chiếm chủ yếu (80% diện tích vùng ảnh hưởng) Vì thế, các công trình ngăn/kiểm soát mặn trong đoạn từ Gành Hào đến Sông Đốc chỉ có tác dụng chủ yếu cho các dải ven biển (Hình 3.23).

*d) Nguồn nước biển đoạn từ phía đông rạch Tiểu Dừa đến Rạch Giá*

Kết quả mô phỏng lan truyền các nguồn nước biển đoạn từ phía đông rạch Tiểu Dừa đến Rạch Giá được trình bày trong Hình 3.24.

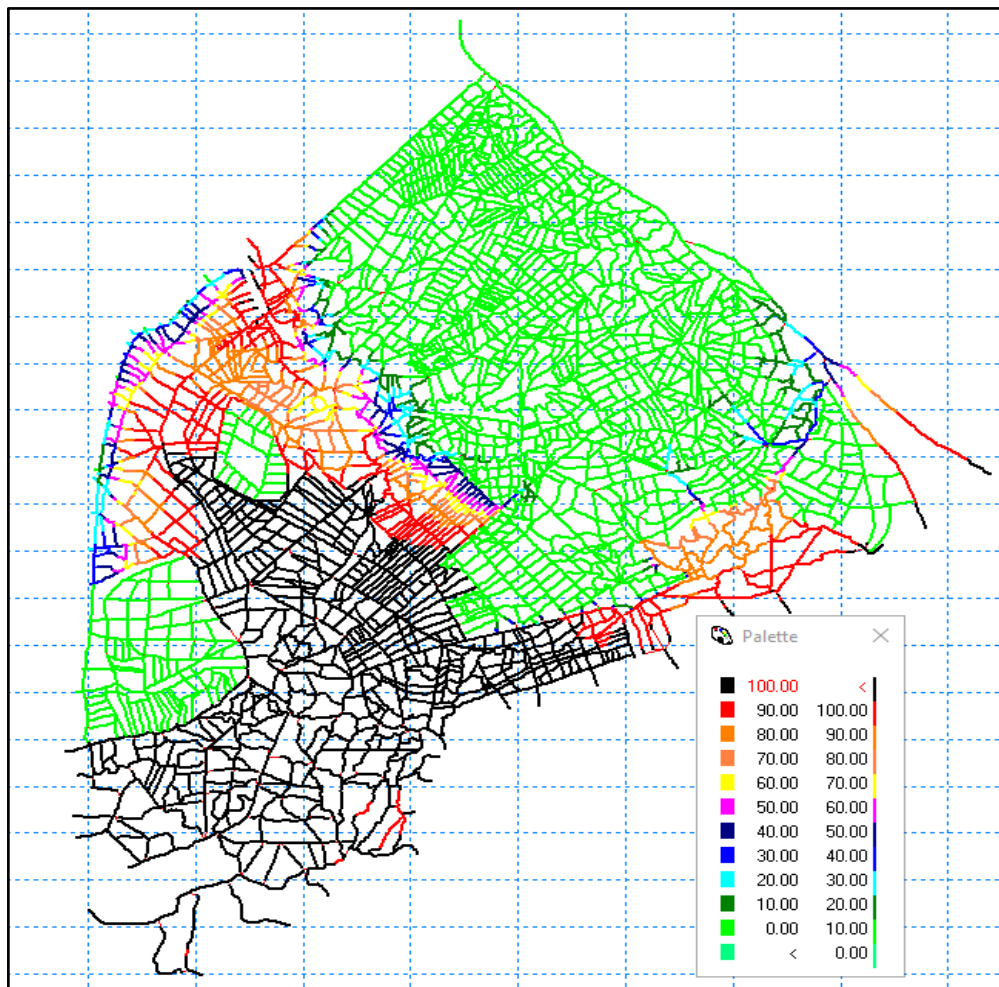


Hình 3.24: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Tiểu Dừa - Rạch Giá khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016)

Nguồn nước biển khu vực này xâm nhập vào Bán đảo không sâu, chủ yếu chỉ đến ven sông Cái Lớn, Cái Bé; ven biển An Minh, An Biên. Khi có công trình kiểm soát mặn phía biển Đông, dòng mặn trong đoạn này đã xâm nhập sâu hơn vào phía Đông – Nam Bán đảo so với tự nhiên, tỷ lệ nguồn nước biển này với mức 20-30% nằm ở đầu rạch Ngã Ba Đình - Xẻo Chít, sâu hơn gần 10 km so với tự nhiên. Nguyên nhân của hiện tượng này là do tác động triều của phía biển Đông vào giữa Bán đảo bị yếu đi, làm cho triều biển Tây gia tăng tác động ảnh hưởng. Điều đó chứng tỏ các nguồn thải ở phía biển Tây không thể lan truyền sâu vào bán đảo.

*e) Tổng hợp các nguồn nước từ biên phía Biển Đông*

Để làm rõ hơn vai trò của các nguồn nước từ biên phía biển Đông, nghiên cứu đã tổng hợp các thành phần từ các phân đoạn, kết quả được trình bày trong Hình 3.25.



Hình 3.25: Phân bố thành phần nguồn nước biển (lớn nhất) Sông Hậu - Rạch Giá khi có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước (trung bình tháng 1/2016)

Như vậy, khi chưa có các hệ thống công trình kiểm soát nguồn nước, dòng nước biển Biển Đông có thể xâm nhập rất sâu vào Bán đảo, điều này sẽ làm cho các nguồn thải từ phía Biển đông bị cuốn theo và có thể lan truyền sâu vào Bán đảo. Dòng nước biển Biển Tây không có khả năng xâm nhập sâu vào Bán đảo, yếu hơn nhiều so với dòng từ Biển Đông (do triều Biển Đông mạnh hơn Biển Tây). Các công trình kiểm soát nguồn nước đã làm lan truyền của các nguồn nước biển vào Bán đảo đã thay đổi rất lớn, đặc biệt là nguồn nước Biển Đông đã giảm đáng kể. Ngược lại, dòng nước biển Tây lại xâm nhập vào Bán đảo sâu hơn. Về mặt thủy động lực, hệ thống ngọt hóa Quản Lộ - Phụng Hiệp đã làm giảm năng lượng truyền triều biển Đông, nhờ đó tác động của triều biển Tây mạnh lên và do đó đã xâm nhập sâu hơn vào Bán đảo. Điều này thể hiện rất rõ trong kết quả tính toán lan truyền các nguồn nước từ biên biển khi coi tất cả các thành phần nước biển là 1 thành phần.

### **3.3.2 Nghiên cứu lan truyền các nguồn nước thải chính thường xuyên nội vùng BĐCM**

Để nghiên cứu lan truyền các nguồn nước thải chính thường xuyên nội vùng BĐCM, luận án sử dụng sơ đồ tính cho toàn vùng ĐBSCL (việc thiết lập mô hình Mike11-Ecolab cho vùng nghiên cứu được trình bày trong Mục 2.2.5.2).

#### **3.3.2.1 Nghiên cứu lan truyền nguồn nước thải sinh hoạt**

Kết quả mô phỏng lan truyền các nguồn nước thải sinh hoạt được trình bày trong Hình 3.26.

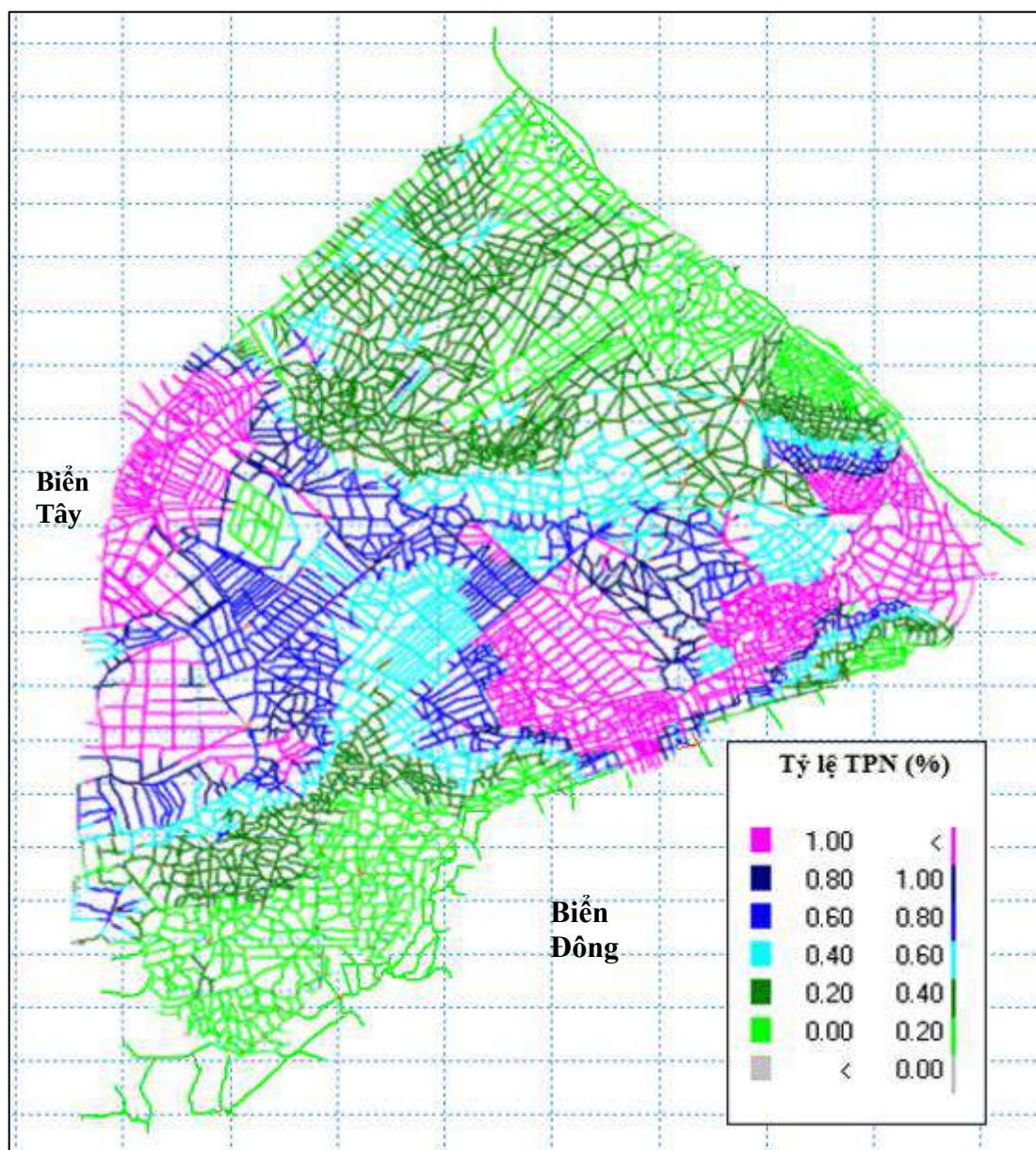
Đối với vùng BĐCM, lượng nước xả thải sinh hoạt (nhất là tại các đô thị) khá lớn và thường xả tập trung vào một số sông/kênh rồi sau đó lan truyền rộng ra những vùng lân cận, thậm chí lan rất xa nguồn xả. Từ kết quả tính toán có thể đưa ra một số nhận xét sau:

- Nước thải sinh hoạt ở các thành phố, thị xã đã lan khá rộng vào Bán đảo theo các hướng chảy chính: Nguồn nước thải sinh hoạt của thành phố Cần Thơ lan truyền ra sông Hậu và dọc theo kênh Xà No; nguồn TP Cà Mau lan rất rộng về phía Bắc qua cả huyện Thới Bình đến tận Vĩnh Thuận (Kiên Giang); nguồn TP Sóc Trăng cũng đã lan rất rộng đến tận Mỹ Xuyên; nguồn TP Bạc Liêu



cũng lan rộng về phía Đông-Nam (do phía Bắc bị chặn bởi các cống trong hệ thống Quản Lộ - Phụng Hiệp).

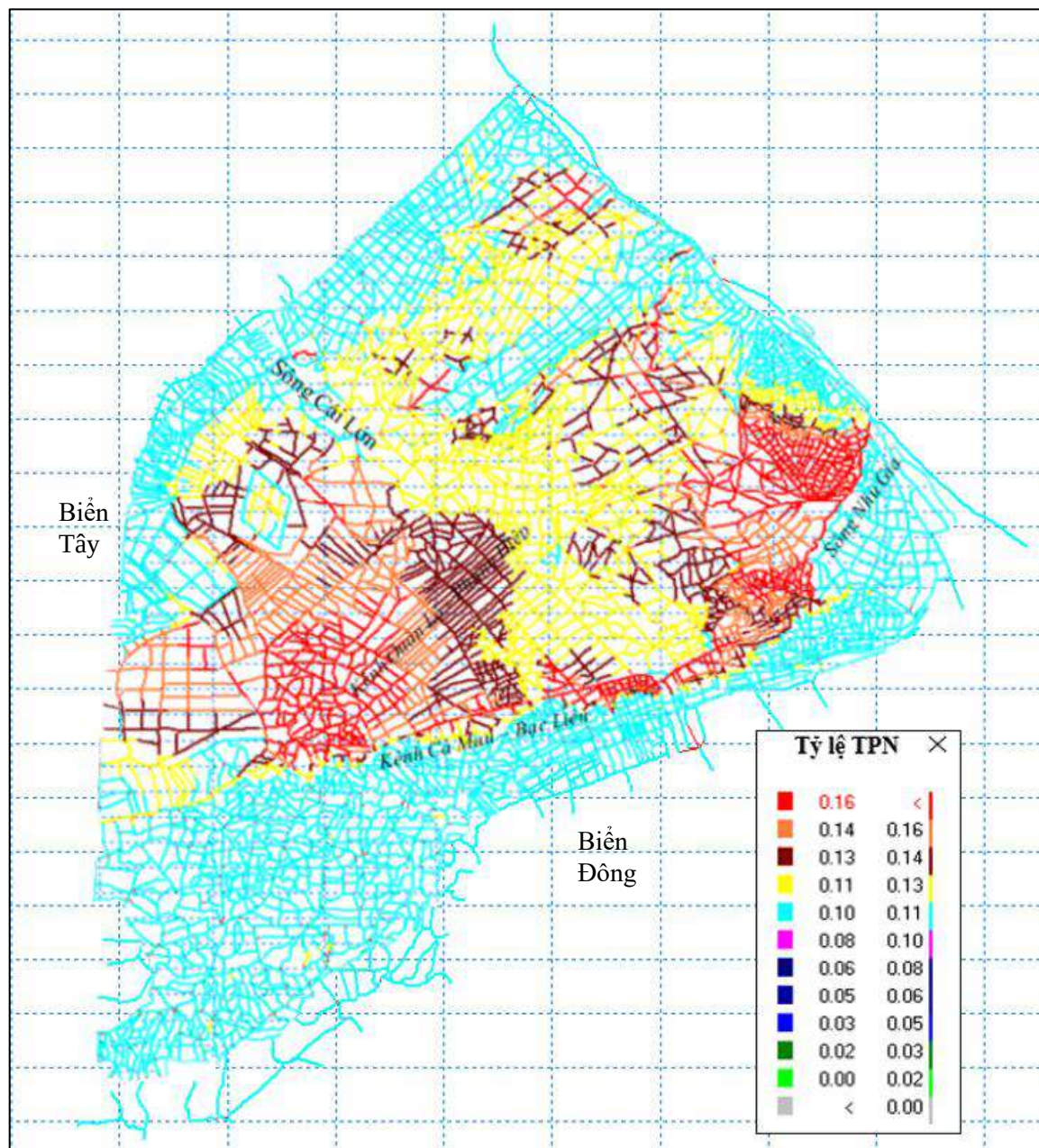
- Nước thải sinh hoạt đã xâm nhập vào nhiều vùng nuôi tôm của Cà Mau, Sóc Trăng, Bạc Liêu, dễ gây rủi ro phát bệnh ở những vùng này. Đây là những điểm cần đặc biệt lưu ý khi thiết kế, vận hành các hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản trong Bán đảo nói chung và lân cận các đô thị nói riêng.



Hình 3.26: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải sinh hoạt vùng BDCM (trung bình tháng 1/2016)

### 3.3.2.2 Nghiên cứu lan truyền nguồn nước thải công nghiệp

Kết quả mô phỏng lan truyền các nguồn nước thải công nghiệp được trình bày trong Hình 3.27.



Hình 3.27: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải công nghiệp vùng BDCM (trung bình tháng 1/2016)

Đối với các nguồn thải công nghiệp: có 49 nguồn, trong đó có 34 nguồn từ KCN và 15 nguồn từ cụm công nghiệp, nằm dọc theo các tuyến sông lớn của vùng... Từ kết quả mô phỏng nguồn nước thải công nghiệp có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

- Nước thải công nghiệp phân bố với nồng độ thể tích nguồn thải khá cao gần các nguồn xả, sau đó lan rộng ra nhiều hướng khác nhau và gây ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt của nhiều vùng trong Bán đảo;
- Các vùng chịu ảnh hưởng lớn (thường do các khu nhà máy, công nghiệp đóng trên vùng đó gây ra) bao gồm:
  - Xung quanh khu Trà Nóc: dọc theo hướng Tây Nam Trà Nóc và lân cận về phía Nam các vùng này (do nguồn Trà Nóc gây ra) với phạm vi ảnh hưởng (ứng với nồng độ thể tích nguồn thải  $> 0,1\%$ ) hơn 20km; phạm vi ảnh hưởng về thượng lưu khoảng 4km;
  - Đối với tỉnh Sóc Trăng: Chiều dài ảnh hưởng theo hướng Sông Hậu (Kênh 30/4) lớn nhất khoảng 5km; hướng Sông Hậu (Đại Ngãi) khoảng 10km;
  - Đối với tỉnh Bạc Liêu, chiều dài ảnh hưởng về phía Đông và Nam lớn nhất khoảng 4km; hướng Cà Mau (15km) và hướng Sóc Trăng khoảng 14km;
  - Đối với tỉnh Cà Mau nước thải lan truyền theo 3 hướng chính (Biển Đông, Biển Tây, Bạc Liêu): Chiều dài ảnh hưởng trên theo hướng Bạc Liêu trên Kênh Bạc Liêu - Cà Mau lớn nhất khoảng 5km; Kênh Bạc Liêu - Cà Mau theo hướng Biển Đông (Sông Gành Hào) là 6km; hướng Biển Tây (Kênh Gành Hào - Cà Mau) khoảng 9km;
  - Đối với tỉnh Hậu Giang, chiều dài ảnh hưởng nước thải lan truyền theo 2 hướng chính (Cần Thơ, Kiên Giang): theo hướng Cần Thơ (kênh Xà No) lớn nhất khoảng 4km; theo hướng Kiên Giang (kênh Xà No) khoảng 4km.

### **3.3.2.3 Nghiên cứu lan truyền nguồn nước thải trồng trọt**

Việc tính toán lan truyền thành phần nước thải trồng trọt vẫn áp dụng lý thuyết lan truyền các nguồn nước, sử dụng sơ đồ tính toán thủy động lực vùng nghiên cứu (Hình 3.28).

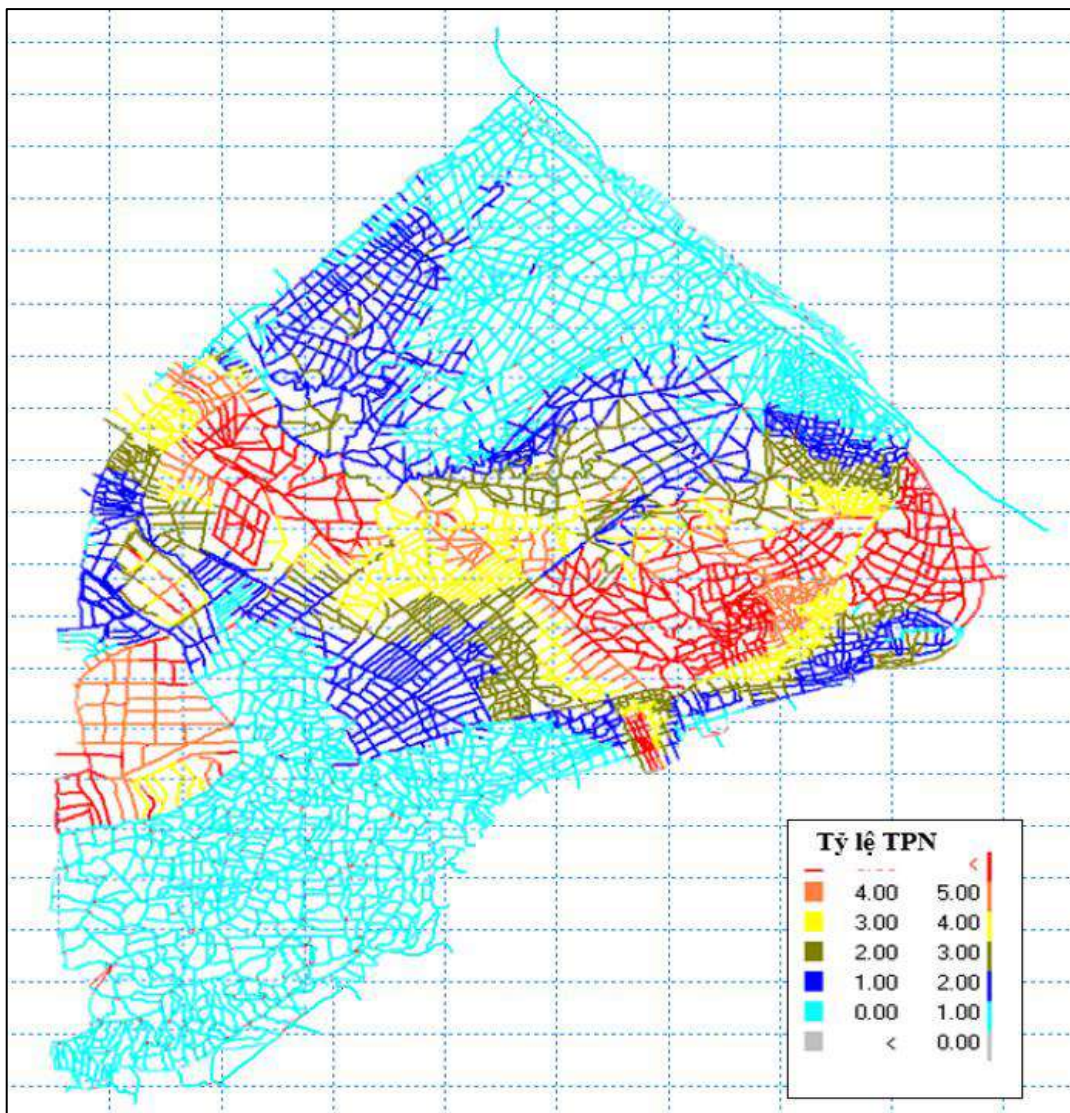
Từ kết quả tính toán trên, có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

- Chỉ các vùng ven các sông kênh lớn (khoảng 2-7 km ven sông Hậu, 0,5÷1,0 km ven sông Ông Đốc, ven biển Cà Mau, một phần ven biển Bạc Liêu - Sóc Trăng), tỷ lệ thành phần nước thải sản xuất trồng trọt khá bé, nhờ sự trao đổi nước tốt với dòng chảy rất lớn trong các sông này (khi tỷ lệ nước thải trong



các sông kênh này còn bé), hoặc với dòng chảy trong kênh ven biển (được cho là còn sạch).

- Càng vào sâu trong Bán đảo, tỷ lệ nước thải này cao dần và đạt trị số lớn, đến 10%, kể cả trên các sông kênh lớn.



Hình 3.28: Sơ đồ lan truyền nguồn nước thải trồng trọt vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016)

#### 3.3.2.4 Tổng hợp sự phân bố các nguồn nước chính vùng Bán đảo

Theo kết quả tính toán, một số vị trí không thỏa mãn điều kiện bảo tồn, do vậy phải bình sai để hiệu chỉnh, để chúng đảm bảo điều kiện bảo tồn. Nồng độ thể tích chất sẽ được tính theo thành phần nước sau khi đã hiệu chỉnh [62]. Phương pháp bình sai để hiệu chỉnh lại nghiệm theo điều kiện bảo tồn có thể sử dụng công thức:

$$P_{A|hc} = \frac{1}{P_A + P_{\backslash A}} P_A$$

Trong đó:

- $P_{A|hc}$  là tỷ lệ thành phần nguồn nước hiệu chỉnh;
- $P_A$  là tỷ lệ tổng cộng của  $N_A$  thành phần nguồn nước mang chất tan A;
- $P_{\backslash A}$  là tỷ lệ tổng cộng của  $N_{\backslash A}$  thành phần nguồn nước không mang chất tan A

Tỷ lệ thành phần (%) các nguồn nước vùng BĐCM mô phỏng bằng mô hình và sau khi hiệu chỉnh được trình bày trong Bảng 3.11 và Bảng 3.12.

*Bảng 3.11: Tỷ lệ thành phần (%) các nguồn nước mô phỏng bằng mô hình vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016)*

| TT | Sông/kênh             | Mặt cắt | Sông Hậu | Biển  | Sinh hoạt | Công nghiệp | Nông nghiệp | Tổng Pi |
|----|-----------------------|---------|----------|-------|-----------|-------------|-------------|---------|
| 1  | Kênh Ô Môn            | 1580    | 85,16    | 14,51 | 0,06      | 0,16        | 0,10        | 100,0   |
| 2  | Kênh Xà No            | 1311    | 82,11    | 17,67 | 0,05      | 0,11        | 0,10        | 100,0   |
| 3  | Kênh KH6              | 19996   | 81,67    | 15,99 | 0,15      | 0,12        | 1,80        | 99,7    |
| 4  | Kênh Thốt Nốt         | 2000    | 80,73    | 15,38 | 0,22      | 0,13        | 3,20        | 99,7    |
| 5  | Kênh Cái Sắn          | 930     | 28,02    | 69,83 | 0,02      | 0,10        | 2,00        | 100,0   |
| 6  | Sông Cái Lớn          | 35968   | 29,74    | 68,15 | 0,14      | 0,12        | 1,60        | 99,7    |
| 7  | Gành Hào              | 0       | 7,60     | 90,99 | 0,51      | 0,14        | 0,10        | 99,3    |
| 8  | Bảy Háp               | 44569   | 4,35     | 95,36 | 0,09      | 0,10        | 0,08        | 100,0   |
| 9  | Quảng Lộ - Phụng Hiệp | 14410   | 67,37    | 26,96 | 0,72      | 0,12        | 4,00        | 99,2    |
| 10 | Cổ Cò - Bạc Liêu      | 30100   | 28,32    | 65,66 | 1,36      | 0,15        | 3,00        | 98,5    |
| 11 | Đại Ngãi              | 16709   | 23,58    | 69,41 | 2,11      | 0,15        | 3,50        | 98,7    |
| 12 | Quảng Lộ - Phụng Hiệp | 62900   | 46,53    | 50,94 | 0,18      | 0,13        | 2,20        | 100,0   |

*Bảng 3.12: Tỷ lệ thành phần (%) các nguồn nước (hiệu chỉnh) vùng BĐCM (trung bình tháng 1/2016)*

| TT | Sông/kênh             | Mặt cắt | Sông Hậu | Biển  | Sinh hoạt | Công nghiệp | Nông nghiệp |
|----|-----------------------|---------|----------|-------|-----------|-------------|-------------|
| 1  | Kênh Ô Môn            | 1580    | 85,17    | 14,51 | 0,06      | 0,16        | 0,10        |
| 2  | Kênh Xà No            | 1311    | 82,08    | 17,66 | 0,05      | 0,11        | 0,10        |
| 3  | Kênh KH6              | 19996   | 81,89    | 16,03 | 0,15      | 0,12        | 1,80        |
| 4  | Kênh Thốt Nốt         | 2000    | 81,01    | 15,43 | 0,22      | 0,13        | 3,21        |
| 5  | Kênh Cái Sắn          | 930     | 28,03    | 69,85 | 0,02      | 0,10        | 2,00        |
| 6  | Sông Cái Lớn          | 35968   | 29,81    | 68,33 | 0,14      | 0,12        | 1,60        |
| 7  | Gành Hào              | 0       | 7,65     | 91,59 | 0,52      | 0,14        | 0,10        |
| 8  | Bảy Háp               | 44569   | 4,35     | 95,38 | 0,09      | 0,10        | 0,08        |
| 9  | Quảng Lộ - Phụng Hiệp | 14410   | 67,94    | 27,18 | 0,72      | 0,12        | 4,03        |
| 10 | Cổ Cò - Bạc Liêu      | 30100   | 28,76    | 66,66 | 1,38      | 0,15        | 3,05        |
| 11 | Đại Ngãi              | 16709   | 23,88    | 70,29 | 2,13      | 0,15        | 3,54        |
| 12 | Quảng Lộ - Phụng Hiệp | 62900   | 46,54    | 50,95 | 0,18      | 0,13        | 2,20        |



Về tỷ lệ thành phần các nguồn nước vùng BĐCM cho thấy nguồn nước Biển chiếm ưu thế so với các nguồn khác, tiếp đến là nguồn sông Hậu. Cụ thể như sau:

- Tỷ lệ thành phần nước sông Hậu dao động từ 4,27% đến 85,32%. Trong đó, tỷ lệ nguồn nước tại các Kênh Ô Môn, Kênh Xà No, Kênh KH6 và Kênh Thốt Nốt lớn hơn 80% do đây là những kênh gần sông Hậu và tiếp nhận nguồn nước sông Hậu thuận lợi hơn các kênh khác phía hạ lưu; các Sông Gành Hào, Bảy Háp nằm xa nguồn Sông Hậu nên tỷ lệ thành phần nguồn nước nhỏ hơn 10%;

- Tỷ lệ thành phần nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp dao động không lớn, chỉ từ 0,02% đến 4%. Trong đó, tỷ lệ nguồn nước thải tại các sông, kênh ở giữa Bán đảo và thượng lưu lớn hơn ven biển do đây là những sông, kênh tiếp nhận nguồn nước thải trực tiếp và không thuận lợi cho việc tiêu thoát, trao đổi nước so với các sông, kênh ven biển.

Qua phân tích ở trên thấy rằng, nguồn nước biển đoạn từ Bạc Liêu – phía Nam Sông Đốc có tỷ lệ thành phần nước lớn hơn 90%, những sông thuộc các nguồn biên này có vai trò rất quan trọng trong việc trao đổi nước và tăng khả năng tự làm sạch nguồn nước của các khu vực ven biển. Tỷ lệ thành phần nước từ sông Hậu cũng rất lớn (chiếm hơn 80% tại các kênh đầu nguồn), điều này rất có ý nghĩa trong việc cấp nước từ sông Hậu vào nội vùng Bán đảo.

### **3.3.3 Nghiên cứu lan truyền nguồn nước thải không thường xuyên**

Nguồn nước đặc thù (không thường xuyên) trong vùng bán đảo là nguồn nước thải không thường xuyên. Một trong những nguồn đặc trưng là nguồn nước từ các khu NTTS, sự cố môi trường... Nghiên cứu đã tính toán khả năng lan truyền nước thải NTTS cho một số tiểu vùng đại diện cho các vùng đặc thù ven biển Đông, ven biển Tây và giữa Bán đảo. Bốn vùng cụ thể được lựa chọn là: Tiểu vùng Mỹ Xuyên (tỉnh Sóc Trăng); Tiểu vùng Bắc Quốc lộ 1A (tỉnh Bạc Liêu); Tiểu vùng Nam Cà Mau và Tiểu vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang). Các vùng điển hình được lựa chọn dựa trên đặc điểm về vùng nuôi tôm trên Bán đảo vì đây là vùng nuôi tôm quan trọng; đồng thời cũng là vùng thường có vấn đề về môi trường nước, dịch bệnh.

Kịch bản tính toán bao gồm:

- Chọn một vùng (giả thiết) bị ô nhiễm, thời gian bắt đầu bị ảnh hưởng do nước thải từ khu NTTS xả ra ngoài;
- Tính toán lan truyền nguồn nước thải NTTS (theo thời gian, không gian);

Kết quả này có một số mục tiêu là (1) để các địa phương biết khả năng lan truyền nước thải NTTS trong vùng; (2) tăng cường nhận thức để quản lý tốt hơn xả thải nhằm phòng tránh dịch bệnh; (3) Có thể áp dụng khi thực tế diễn ra đúng vùng và thời gian như đã tính toán.

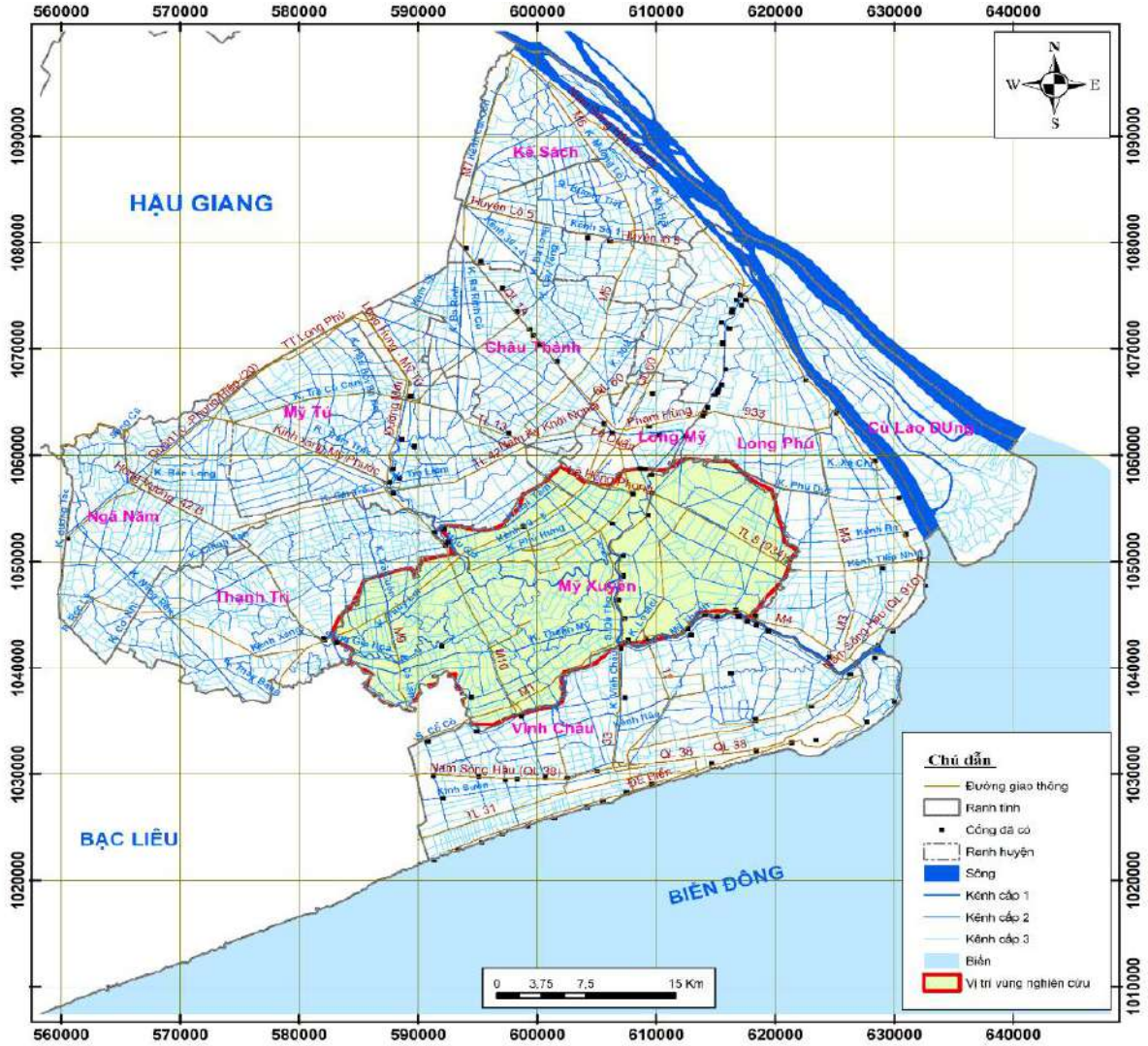
Trong tính toán lan truyền nguồn nước thải NTTS (khối nước xả từ khu NTTS), bài toán thường xảy ra theo các khả năng như Bảng 3.13.

*Bảng 3.13: Các trường hợp tính toán thường gặp lan truyền nước thải NTTS trong hệ thống sông kênh*

| TT | Trường hợp                                                                                                                               | Điều kiện biên                                                                     | Điều kiện ban đầu             | Ghi chú                                                                                     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Chỉ có khối nước thải NTTS đã nằm sẵn trong kênh (không bơm từ ruộng NTTS vào kênh)                                                      | - $\pi$ (biên) = 1,0 (=100%);<br>- $Q_i$ (biên)= 0                                 | $\pi$ (ban đầu) = 1,0 (=100%) | - Coi nồng độ thể tích nguồn nước thải NTTS ở trong kênh và nguồn bơm ra bằng nhau.         |
| 2  | Trong kênh chưa có khối nước thải NTTS, chỉ có nguồn nước thải NTTS trong ruộng mới bắt đầu bơm vào kênh (ở thời điểm bắt đầu tính toán) | - $\pi$ (biên) = 1,0 (100%);<br>- $Q_i$ (biên) = lưu lượng bơm xả từ ruộng ra kênh | $\pi$ (ban đầu) = 0,0 (=0%)   | - Nếu nồng độ thể tích nước thải NTTS khác nhau thì cần chuyển đổi theo một chuẩn quy định. |
| 3  | Đã có khối nước thải NTTS trong kênh và nguồn nước thải NTTS trong khu nuôi vẫn tiếp tục được bơm vào kênh                               | - $\pi$ (biên) = 1,0 (100%)<br>- $Q_i$ (biên)= lưu lượng bơm xả từ ruộng ra kênh   | $\pi$ (ban đầu) = 1,0 (=100%) |                                                                                             |

### **3.3.3.1 Nghiên cứu sự lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho tiểu vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng**

Mỹ Xuyên là huyện có diện tích nuôi tôm lớn của Sóc Trăng (tương ứng với tiểu vùng thủy lợi 30), với hai hình thức nuôi chính là chuyên tôm và tôm-lúa luân canh (Hình 3.29).

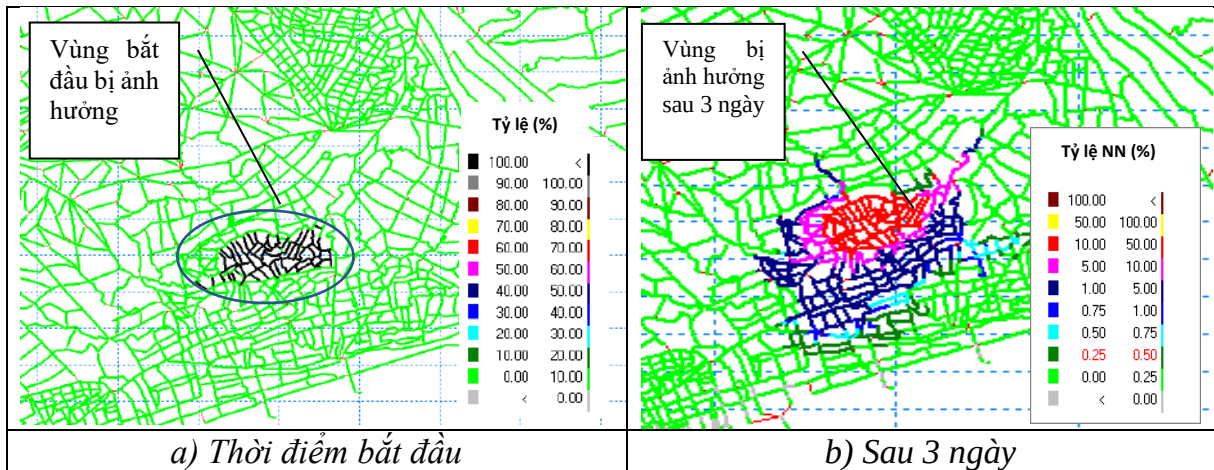


Hình 3.29: Vị trí địa lý tiểu vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng

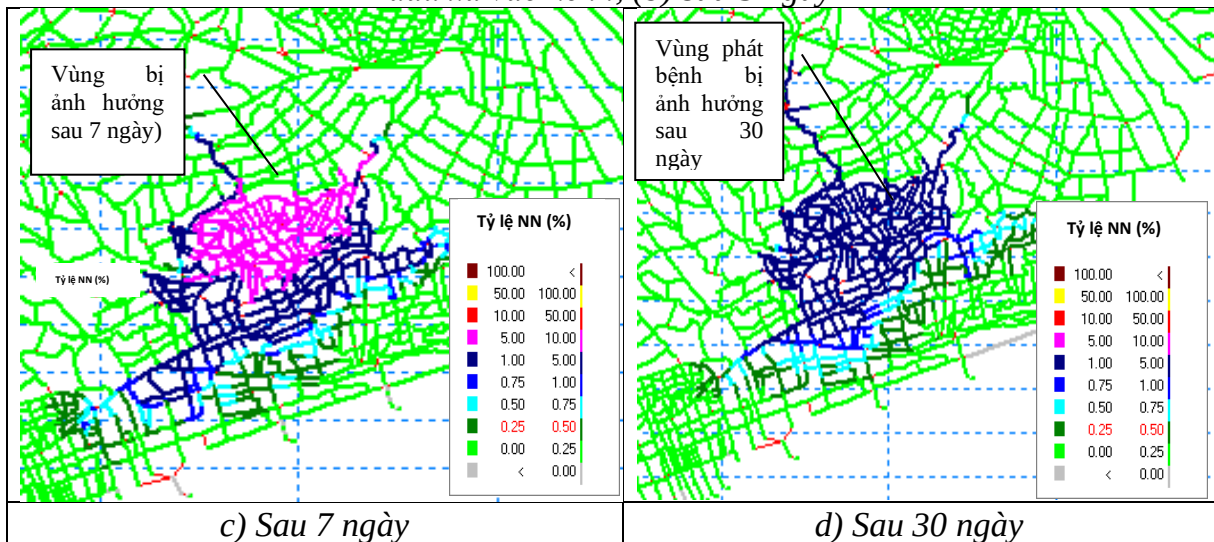
Mặc dù đây là vùng tôm tiềm năng lớn nhất của tỉnh, nhưng đây cũng là vùng tiềm ẩn rủi ro cao về bệnh tôm, có những năm bệnh tôm chiếm đến 80% (năm 2011, 2012) diện tích nuôi trồng. Kịch bản tính toán lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho tiểu vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng:

- Trong kênh chưa có khối nước thải NTTS, chỉ có nguồn nước thải NTTS trong ruộng mới bắt đầu bơm vào kênh;
- Điều kiện biên:  $p_i$  (biên) = 1,0 (=100%);  $Q_i$ (biên) = lưu lượng bơm xả từ ruộng ra kênh;
- Điều kiện ban đầu:  $p_i$  (ban đầu) = 0 (=0%).

Kết quả tính toán cho kịch bản xem xét cho thấy (Hình 3.30 đến Hình 3.31).



Hình 3.30: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng: (a) lúc bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày



Hình 3.31: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng: (e) sau 7 ngày, (f) sau 30 ngày

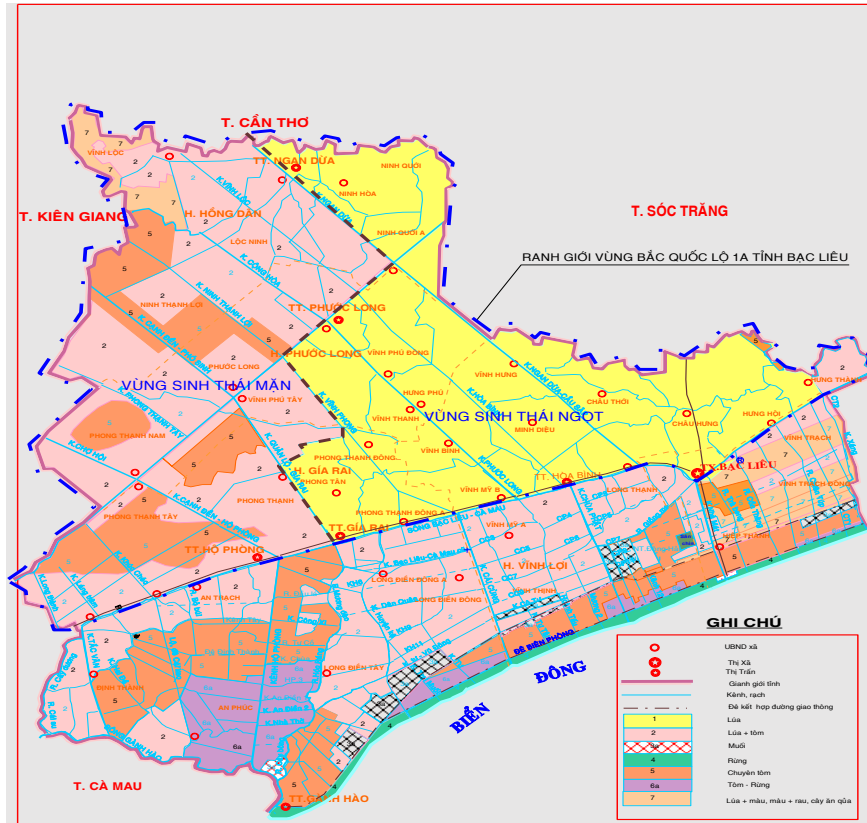
Kết quả cho thấy nguồn nước thải NTTS đã lan truyền theo thời gian và không gian như sau:

- Sau 3 ngày khối nước thải NTTS đã lan tới vùng nuôi tôm Vĩnh Châu; đến ngày thứ 3 diện tích đã mở rộng để khoảng 4-5 lần diện tích vùng bị ảnh hưởng ban đầu;
- Sau 7 ngày, khối nước thải NTTS chuyển dần ra phía biển, tác động đến một phần lớn diện tích nuôi tôm của Vĩnh Châu. Khối nước thải NTTS đã lây lan sang Bạc Liêu (dọc theo kênh Cổ Cò – Bạc Liêu) với nồng độ thể tích 0,75 - 1% (nghĩa là vẫn còn rất lớn) có khả năng gây nguy hiểm cho các vùng nuôi;

- Cho đến 30 ngày sau, cả vùng bị ảnh hưởng và vùng lân cận là Vĩnh Châu, khối khối nước thải NTTS với nồng độ thể tích từ 0,25 – 5% vẫn còn lưu cữu trên diện rộng.

### 3.3.3.2 Nghiên cứu sự lan truyền các nguồn nước thải NTTS vùng Bắc QL1A

Tiểu vùng này nằm giữa kênh Chủ Chí và kênh Tắc Vân, thuộc huyện Giá Rai, tỉnh Bạc Liêu (tương ứng với tiểu vùng thủy lợi 40).



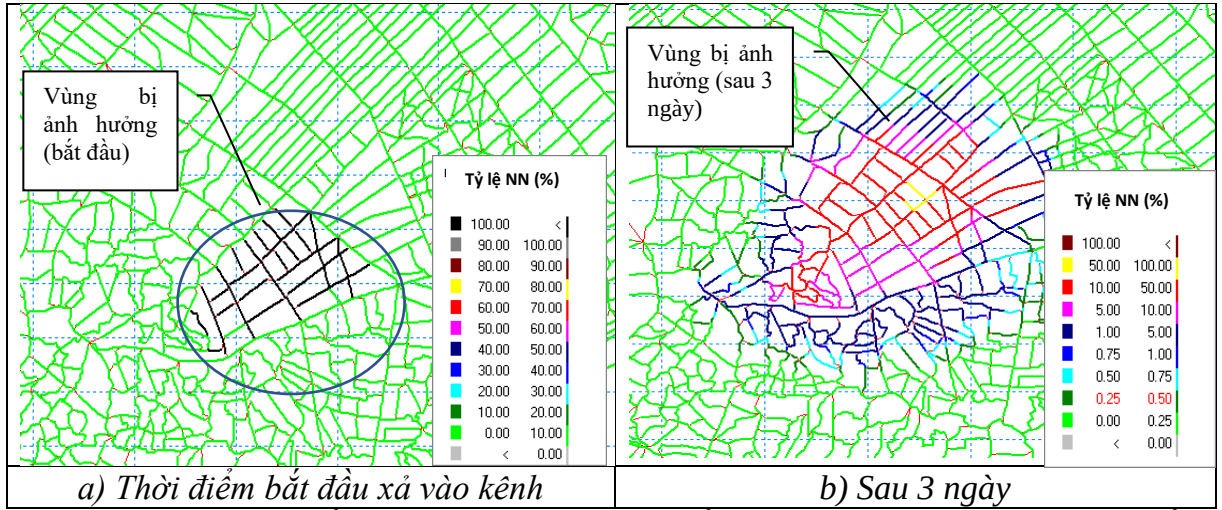
Hình 3.32: Vị trí địa lý tiểu vùng Bắc QL1A (Bạc Liêu)

Kịch bản tính toán lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho tiểu vùng Bắc QL1A như sau:

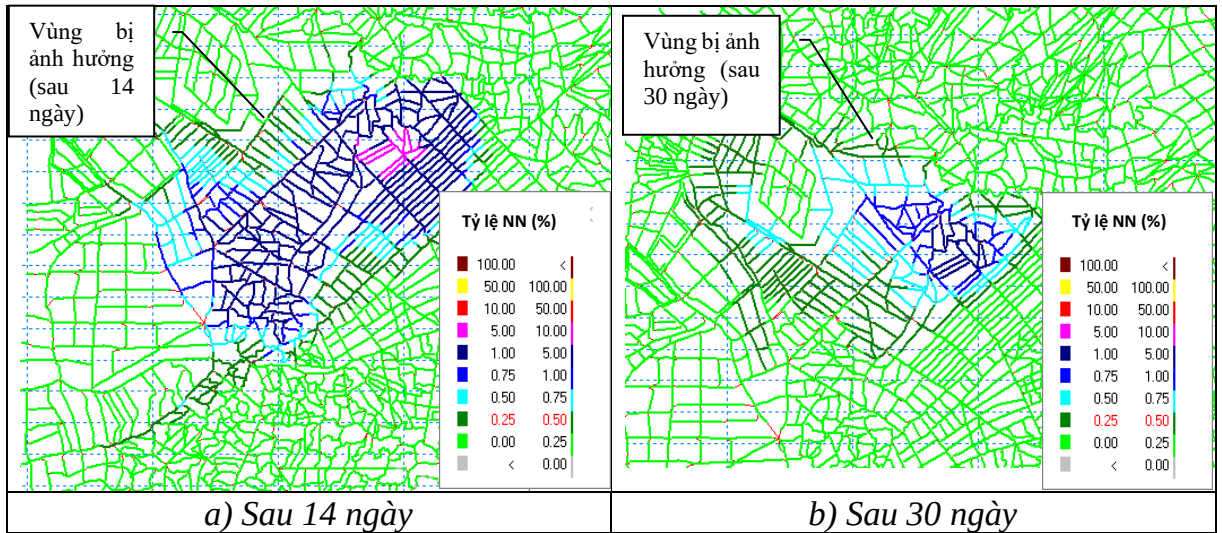
- Trong kênh chưa có khối nước thải NTTS, chỉ có nguồn nước thải NTTS trong ruộng mới bắt đầu bơm vào kênh;
- Điều kiện biên:  $p_i(\text{biên}) = 1,0 (=100\%)$ ;  $Q_i(\text{biên}) =$  lưu lượng bơm xả từ ruộng ra kênh;
- Điều kiện ban đầu:  $p_i(\text{ban đầu}) = 0 (=0\%)$ .

Kết quả tính toán được trình bày trong các Hình 3.33 đến Hình 3.34.





Hình 3.33: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Bắc QL1A, tỉnh Bạc Liêu: (a) lúc bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày



Hình 3.34: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Bắc QL1A, tỉnh Bạc Liêu: (a) sau 14 ngày, (b) sau 30 ngày

Kết quả cho thấy nguồn nước thải NTTS ban đầu tuy chỉ xuất hiện ở một vùng nhỏ thuộc tỉnh Bạc Liêu nhưng có khả năng lan rất rộng sang đến Cà Mau và Kiên Giang; Sau 14 ngày là lớn nhất với diện tích ảnh hưởng toàn bộ huyện Phước Long, Giá Gia và Hồng Dân, thậm chí còn ảnh hưởng đến một phần huyện Thới Bình (Cà Mau) và Vĩnh Thuận (Kiên Giang) với nồng độ thể tích phổ biến từ 0,75 -1% (diện tích bị ảnh hưởng khoảng 900 km<sup>2</sup>); Sau 30 ngày phạm vi ảnh hưởng (0,75 -1%) thu nhỏ lại, chủ yếu tập trung tại huyện Phước Long (tỉnh Bạc Liêu) với diện tích ước khoảng 150 km<sup>2</sup>.

### 3.3.3.3 Nghiên cứu sự lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho vùng Nam Cà Mau

Vùng Nam Cà Mau bao gồm 05 huyện, thị là TP. Cà Mau, toàn huyện Cái Nước, huyện Đầm Dơi và một phần huyện Ngọc Hiển, Trần Văn Thời (tương ứng với các tiểu vùng thủy lợi 60) với diện tích tự nhiên 195.589ha (chiếm 37,65% diện tích toàn tỉnh).

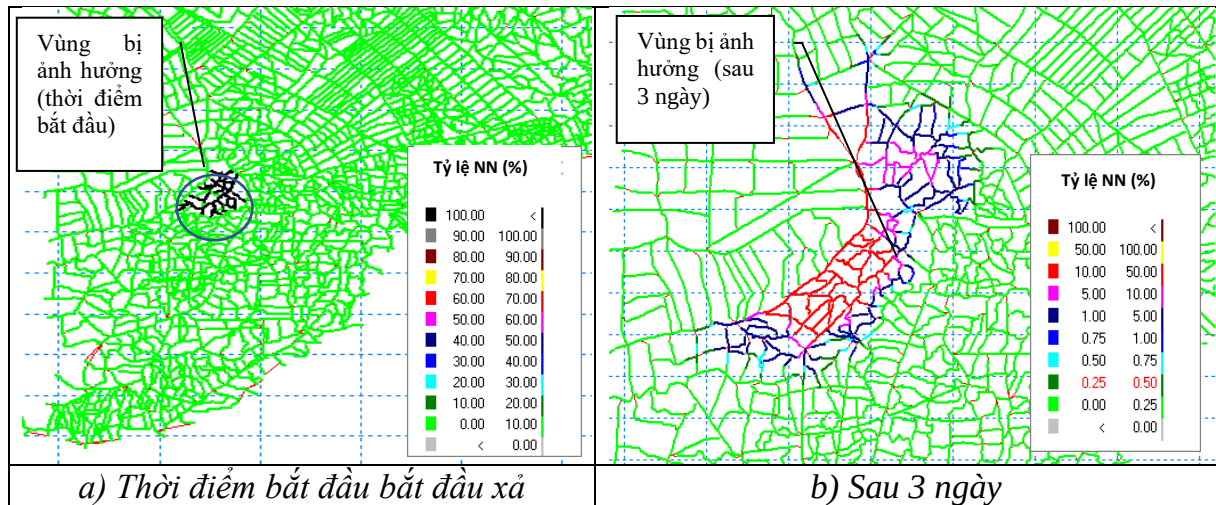


Hình 3.35: Vị trí địa lý vùng Nam Cà Mau

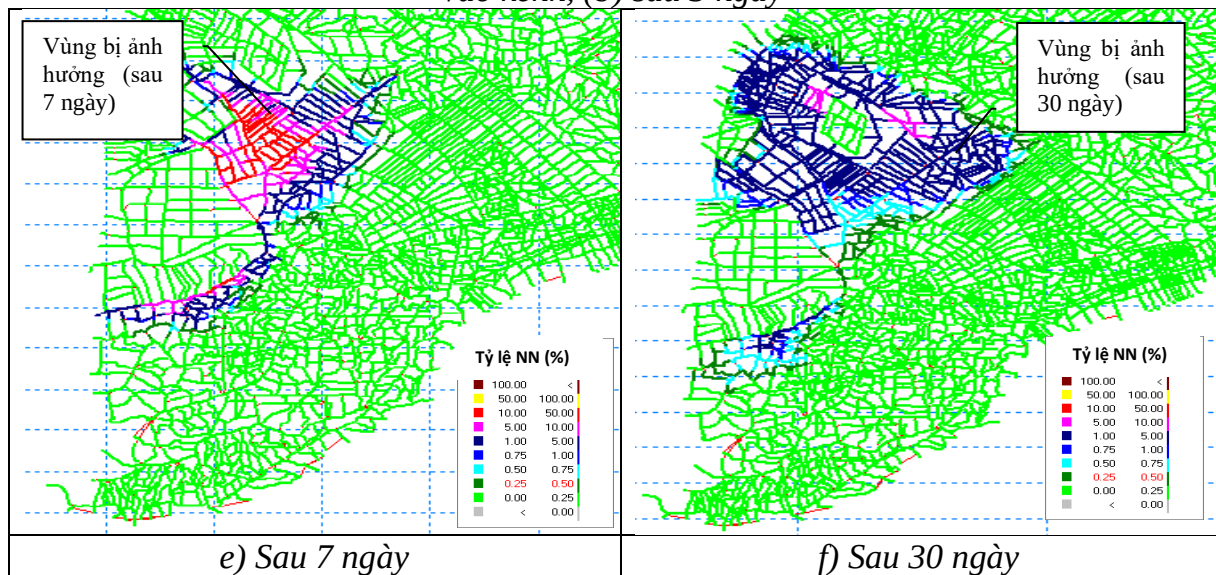
Kịch bản tính toán lan truyền các nguồn nước thải NTTS của vùng mô phỏng thuộc tiểu vùng Nam Cà Mau:

- Trong kênh chưa có khối nước thải NTTS, chỉ có nguồn nước thải NTTS trong ruộng mới bắt đầu bơm vào kênh;
- Điều kiện biên:  $p_i(\text{biên}) = 1,0 (=100\%)$ ;  $Q_i(\text{biên}) =$  lưu lượng bơm xả từ ruộng ra kênh;
- Điều kiện ban đầu:  $p_i(\text{ban đầu}) = 0 (=0\%)$ .

Kết quả tính toán lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho vùng Nam Cà Mau được thể hiện trong các Hình 3.36 đến Hình 3.37.



Hình 3.36: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Nam Cà Mau: (a) bắt đầu bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày



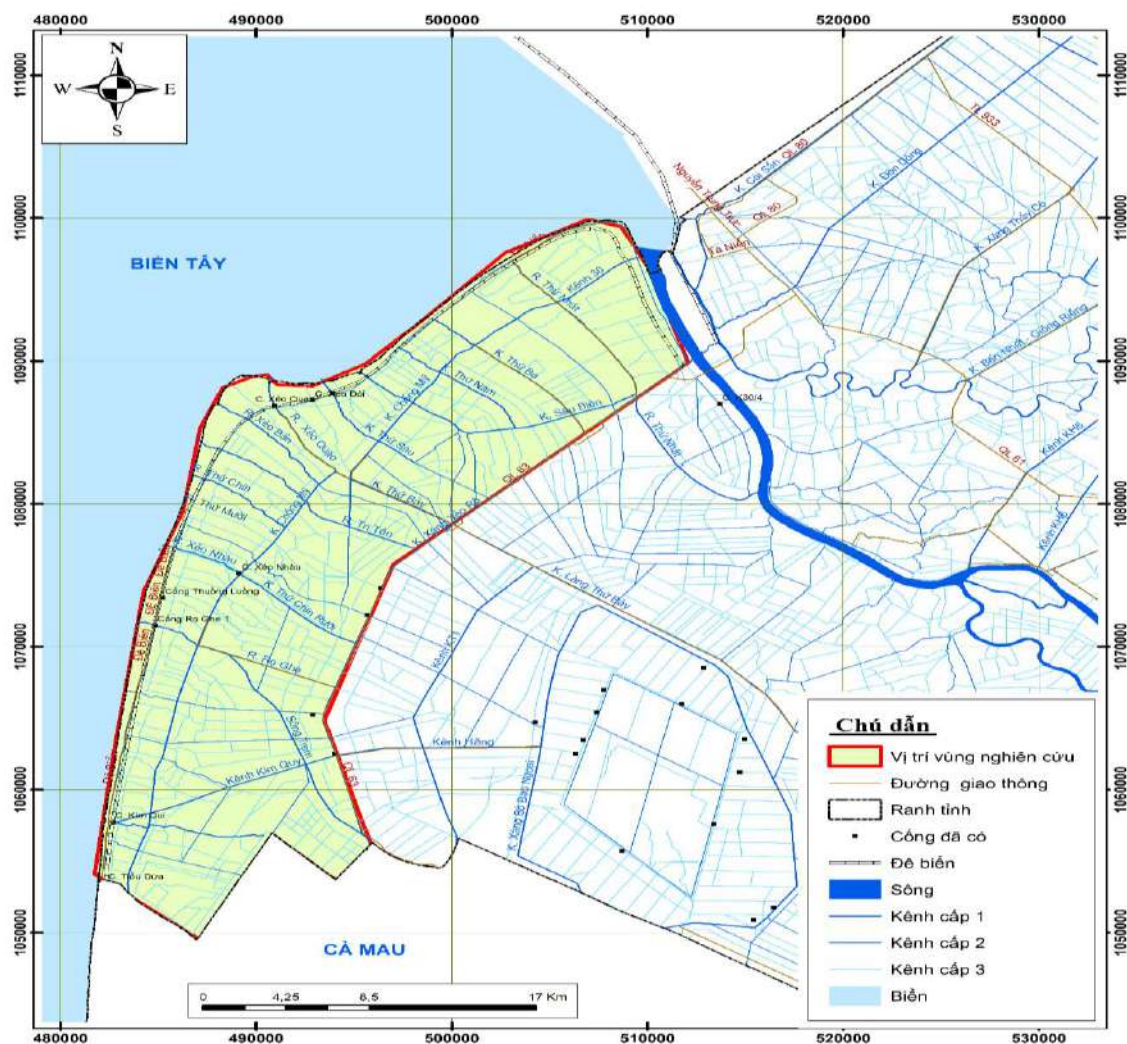
Hình 3.37: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng Nam Cà Mau: (e) sau 7 ngày, (f) sau 30 ngày

Vùng này có rất nhiều vấn đề xảy ra với tính bền vững của việc canh tác, trong đó vấn đề ô nhiễm nguồn nước được coi là lớn nhất. Kết quả tính toán cho thấy, sau 7 ngày vùng bị ảnh hưởng do nước thải NTTS là lớn nhất với nồng độ thể tích phổ biến từ 5 -10%. Sau 30 ngày, ảnh hưởng đến huyện U Minh với nồng độ thể tích giảm còn 0,75 -1%.



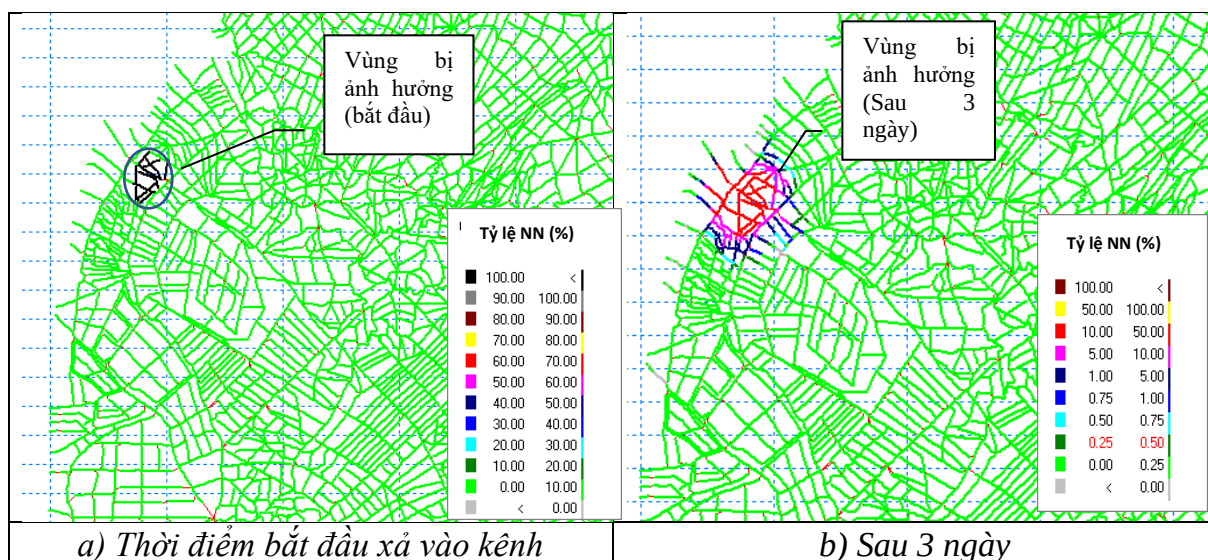
#### 3.3.3.4 Nghiên cứu sự lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang)

Vùng An Minh, An Biên có diện tích 117.670ha (chiếm 18,77% diện tích toàn tỉnh Kiên Giang), được giới hạn bởi: phía Bắc giáp Biển Tây và huyện Châu Thành; phía Đông và Đông Nam giáp huyện Gò Quao và Vĩnh Thuận, phía Nam giáp tỉnh Cà Mau và phía Tây giáp biển Tây (tương ứng với tiểu vùng thủy lợi 54).

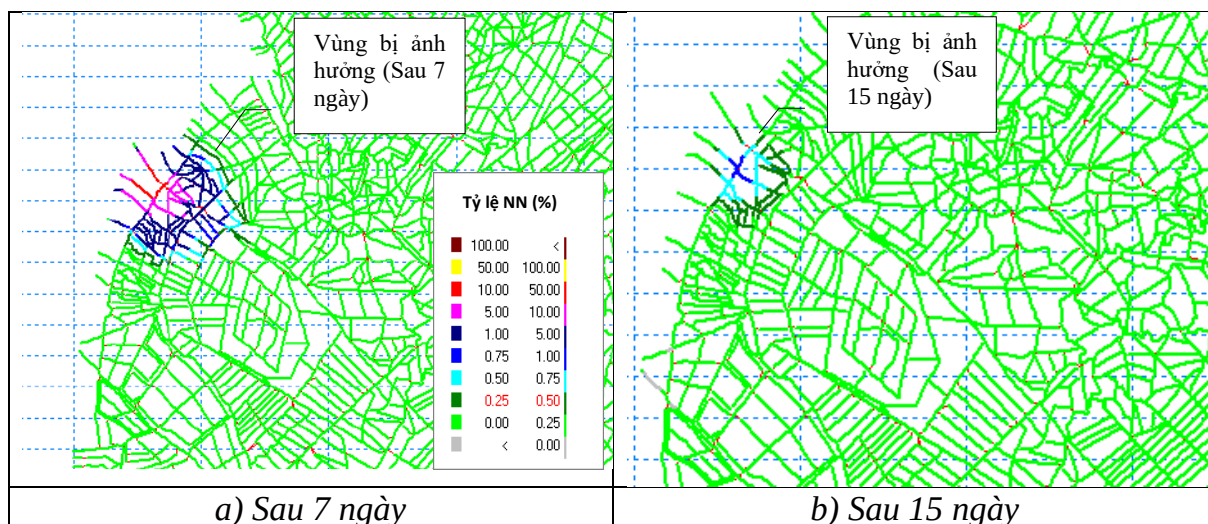


Hình 3.38: Vị trí địa lý vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang)

Kết quả tính toán lan truyền các nguồn nước thải NTTS cho vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang) được thể hiện trong các Hình 3.39 đến Hình 3.40.



Hình 3.39: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng An Minh - An Biên tỉnh Kiên Giang: (a) bắt đầu bắt đầu xả vào kênh, (b) sau 3 ngày



Hình 3.40: Tỷ lệ nguồn nước thải NTTS vùng An Minh - An Biên tỉnh Kiên Giang: (a) sau 7 ngày, (b) sau 15 ngày

Kết quả tính toán cho thấy sau 7 ngày vùng bị ảnh hưởng là lớn nhất với diện tích ảnh hưởng bao gồm một phần các huyện An Minh, An Biên, U Minh thượng tỉnh Kiên Giang (690km<sup>2</sup>), với nồng độ thể tích phổ biến từ 1 -5%. Sau 15 ngày, diện tích bị ảnh hưởng giảm rất nhiều với nồng độ thể tích giảm còn 0,75 -1%.

### 3.4 MÔ PHỎNG CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÙNG BDCM

Trong phần này sẽ mô phỏng và dự báo diễn biến chất lượng nước mặt trên hệ thống sông/kênh vùng BDCM theo không gian và thời gian đối với 3 thông số DO, BOD<sub>5</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (đây cũng là các thông số ô nhiễm đặc trưng của vùng BDCM) nhằm giá

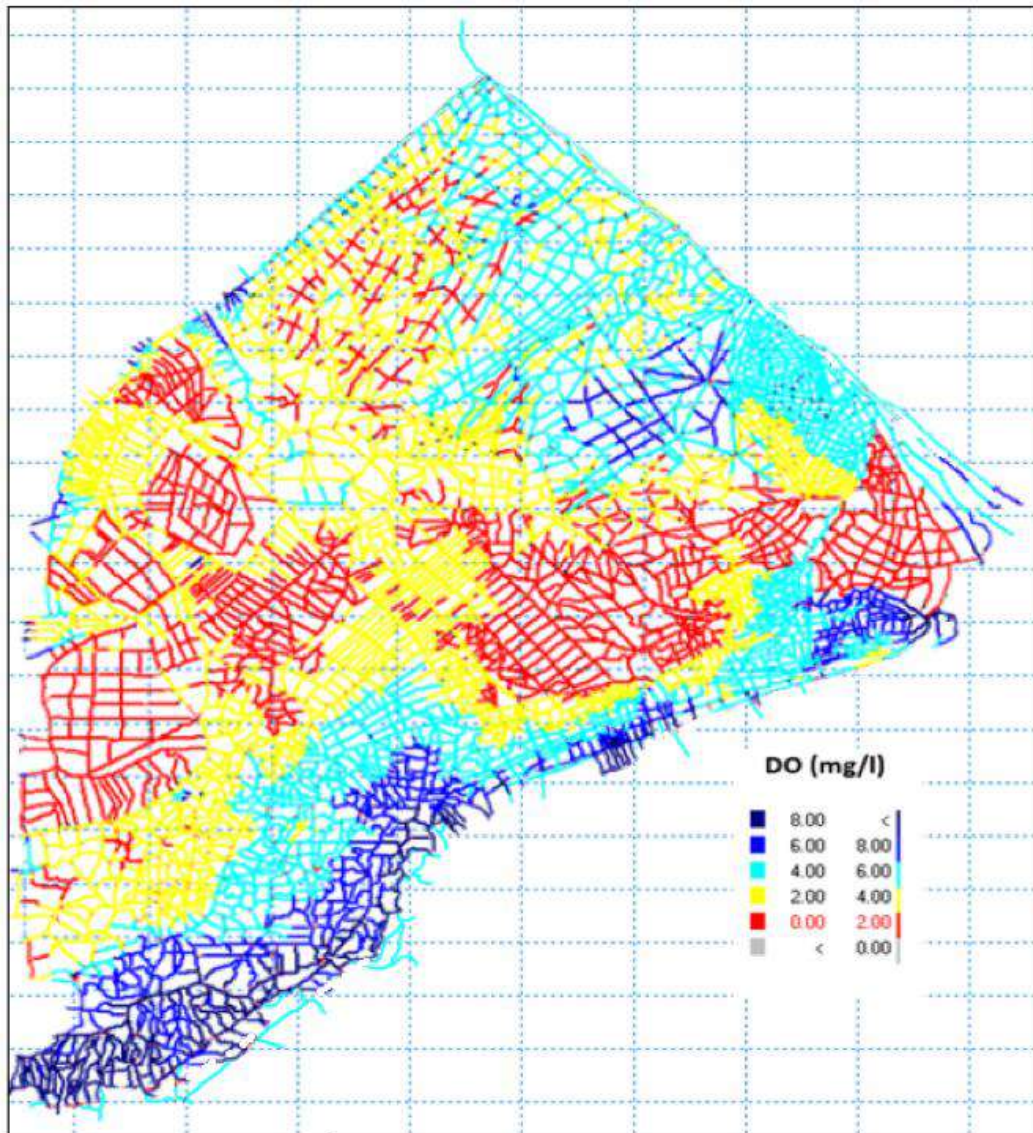


tác động của các nguồn ô nhiễm đến chất lượng nước mặt của vùng BĐCM năm hiện trạng (2016).

Việc mô phỏng và dự báo diễn biến chất lượng nước mặt được tính toán qua mô đun sinh hóa Mike11(Ecolab) vùng nghiên cứu.

### 3.4.1 Kết quả mô phỏng thông số DO

Kết quả mô phỏng thông số DO được trình bày trong Hình 3.41.



Hình 3.41: Kết quả mô phỏng DO vùng BĐCM (1/2016)

Qua kết quả mô phỏng DO (năm hiện trạng 2016) trên hệ thống sông/kênh cho vùng BĐCM, thấy rằng, diễn biến hàm lượng DO so với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2015/BTNMT) như sau:

- Vùng có hàm lượng  $DO \leq 4$  mg/l: tập trung chủ yếu ở vùng giữa Bán đảo, bao gồm các huyện phía Bắc QL1A của tỉnh Bạc Liêu (Phước Long, Giá Rai, Hồng Dân, Vĩnh Lợi); các huyện Ngã Năm, Mỹ Tú, Thạnh Trị của tỉnh Sóc Trăng. Diện tích bị ảnh hưởng chiếm khoảng 30% - 35% tổng diện tích vùng BĐCM;
- Vùng có hàm lượng  $DO \geq 4$  mg/l: tập trung chủ yếu ở phía Đông – Nam (ven biển Đông: bao gồm phía Nam của tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau; phía ven sông Hậu (từ Cần Thơ đến Sóc Trăng)).

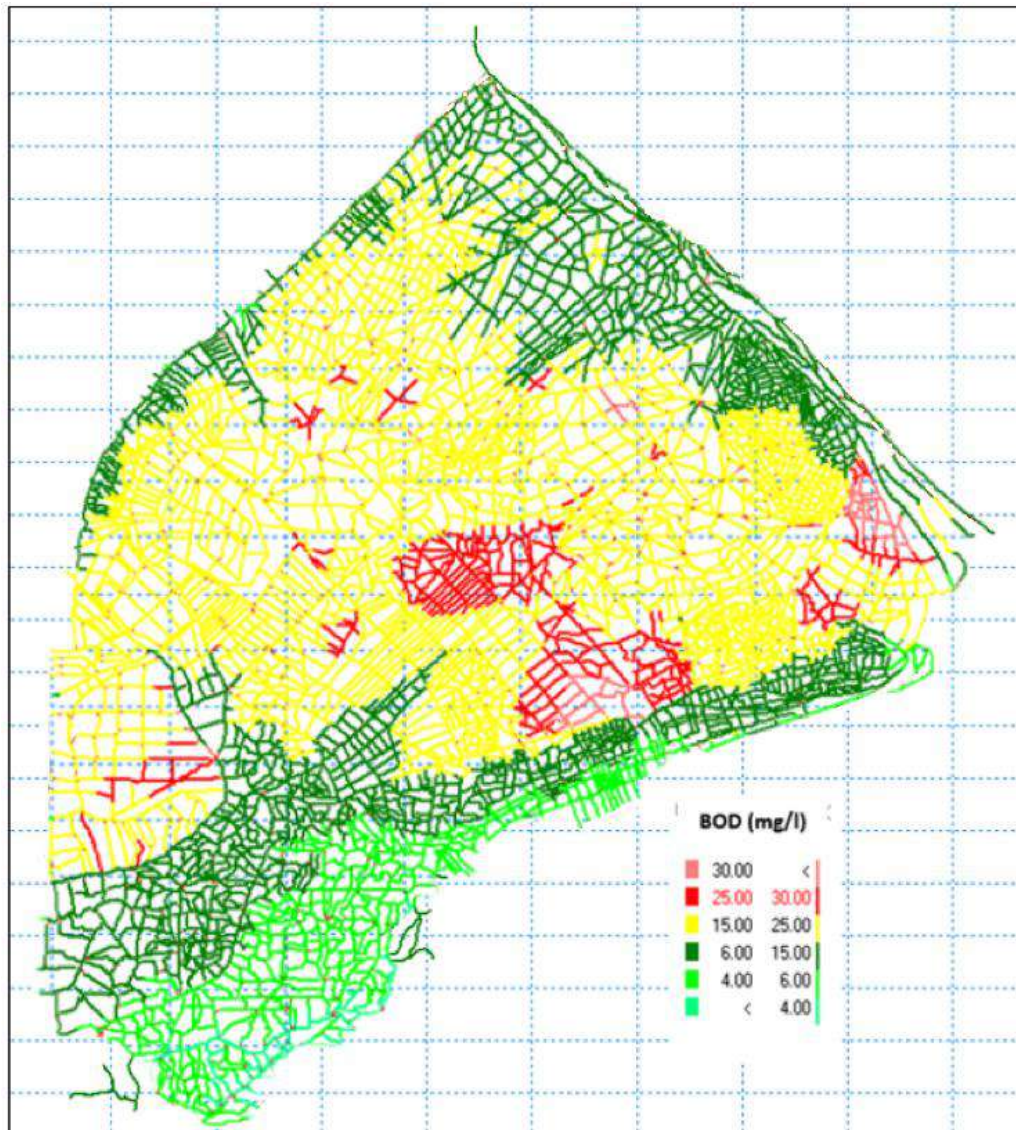
Cũng theo kết quả mô phỏng thông số DO tại 6 vị trí qua các khu đô thị lớn, chỉ có Sông Hậu (tại vị trí đầu Kênh Cái Sắn, là một trong các điểm lấy nước vào vùng BĐCM) thông số DO nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08-MT:2015/BTNMT (B1). Còn lại tại các vị trí còn lại thông số DO (lớn nhất – nhỏ nhất khi triều lên và xuống) dao động từ 1,31mg/l đến 8,14 mg/l (biến đổi trong ngày theo triều lên và xuống).

### 3.4.2 Kết quả mô phỏng thông số BOD<sub>5</sub>

Kết quả mô phỏng BOD<sub>5</sub> trên hệ thống sông/kênh cho vùng BĐCM được thể hiện trong Hình 3.42.

Diễn biến hàm lượng BOD<sub>5</sub> so với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2015/BTNMT) như sau:

- Vùng có hàm lượng BOD<sub>5</sub> > 15 mg/l: tập trung chủ yếu ở các con sông/kênh của huyện Long Phú (tỉnh Sóc Trăng), huyện Giá Rai, thành phố Bạc Liêu (tỉnh Bạc Liêu);
- Vùng có hàm lượng BOD<sub>5</sub> đạt cột B1 ( $6 < BOD_5 \leq 15$  mg/l): tập trung ở vùng giữa bán đảo, phân bố trên các con sông/kênh của các tỉnh Sóc Trăng (thành phố Sóc Trăng); tỉnh Bạc Liêu (thành phố Bạc Liêu, các huyện phía Bắc QL1A); các huyện phía tây của tỉnh Cà Mau.



Hình 3.42: Kết quả mô phỏng  $BOD_5$  vùng BDCM (1/2016)

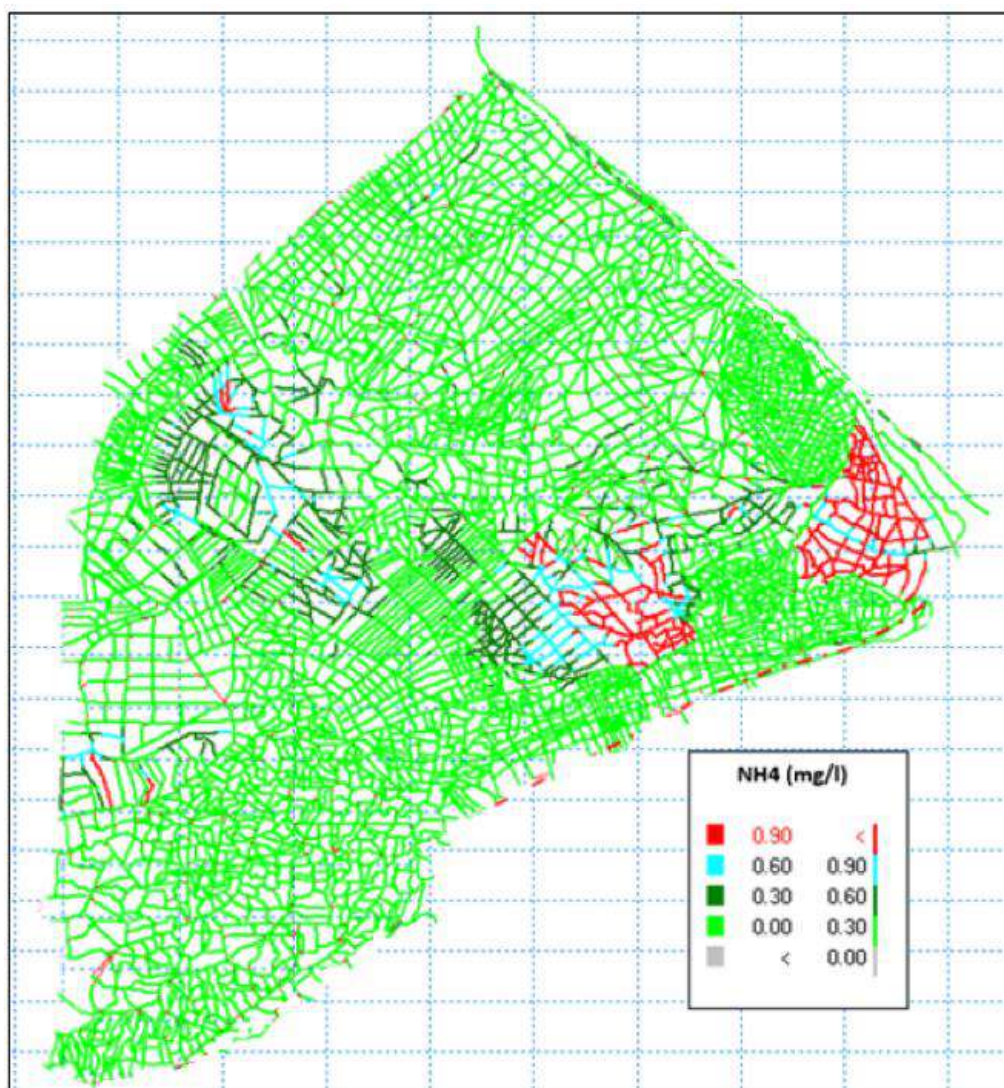
Theo kết quả mô phỏng thông số  $BOD_5$ , ở các vùng gần biên biển và sông Hậu có giá trị nhỏ do sự trao đổi nước tốt của biên, làm giảm nồng độ thể tích các nguồn thải. Ngược lại, ở vùng xa biên (vùng giữa bán đảo), sự xâm nhập của các nguồn biên ít hơn do đó tác động pha loãng của các nguồn nước biên bị giảm đi, do đó nồng độ thể tích các nguồn thải tăng lên. Mặt khác, ở một số tiểu vùng nhỏ của các hệ thống ngọt hóa (U Minh Hạ, Bắc QL1A tỉnh Bạc Liêu,...)  $BOD$  khá lớn do các công trình thủy lợi đóng vào mùa khô, làm cho nguồn nước từ các biên ngoài không lan truyền và pha loãng các nguồn thải ở những vùng này. Còn lại tại các vị trí còn lại thông số  $BOD_5$  (lớn nhất – nhỏ nhất khi triều xuống) dao động từ 3,15 mg/l (Kênh Cái Sắn) đến 21,65 mg/l (Kênh



30.4 TP Bạc Liêu). Trong đó tại vị trí Kênh Cái Sắn nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08-MT:2015/BTNMT (B1). Tại Kênh 30.4 (TP. Bạc Liêu) ô nhiễm vì thông số BOD5 vượt TCCP từ 1,07 đến 1,16 lần.

### 3.4.3 Kết quả mô phỏng thông số $NH_4^+$

Kết quả mô phỏng  $NH_4^+$  trên hệ thống sông/kênh cho vùng BĐCM được thể hiện trong Hình 3.43.



Hình 3.43: Kết quả mô phỏng  $NH_4^+$  trên hệ thống sông/kênh vùng BĐCM (1/2016)

Qua kết quả tính toán thấy rằng, diễn biến hàm lượng  $NH_4^+$  so với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2015/BTNMT) như sau:

- Vùng ô nhiễm (hàm lượng  $\text{NH}_4^+ > 0,9 \text{ mg/l}$ ): tập trung chủ yếu ở các con sông/kênh của tỉnh Sóc Trăng, huyện Giá Rai, thành phố Bạc Liêu (tỉnh Bạc Liêu);
- Vùng có hàm lượng  $\text{NH}_4^+ \leq 0,9 \text{ mg/l}$ : phân bố trên các con sông/kênh của còn lại của tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cần Thơ, Hậu Giang, Kiên Giang và Cà Mau.

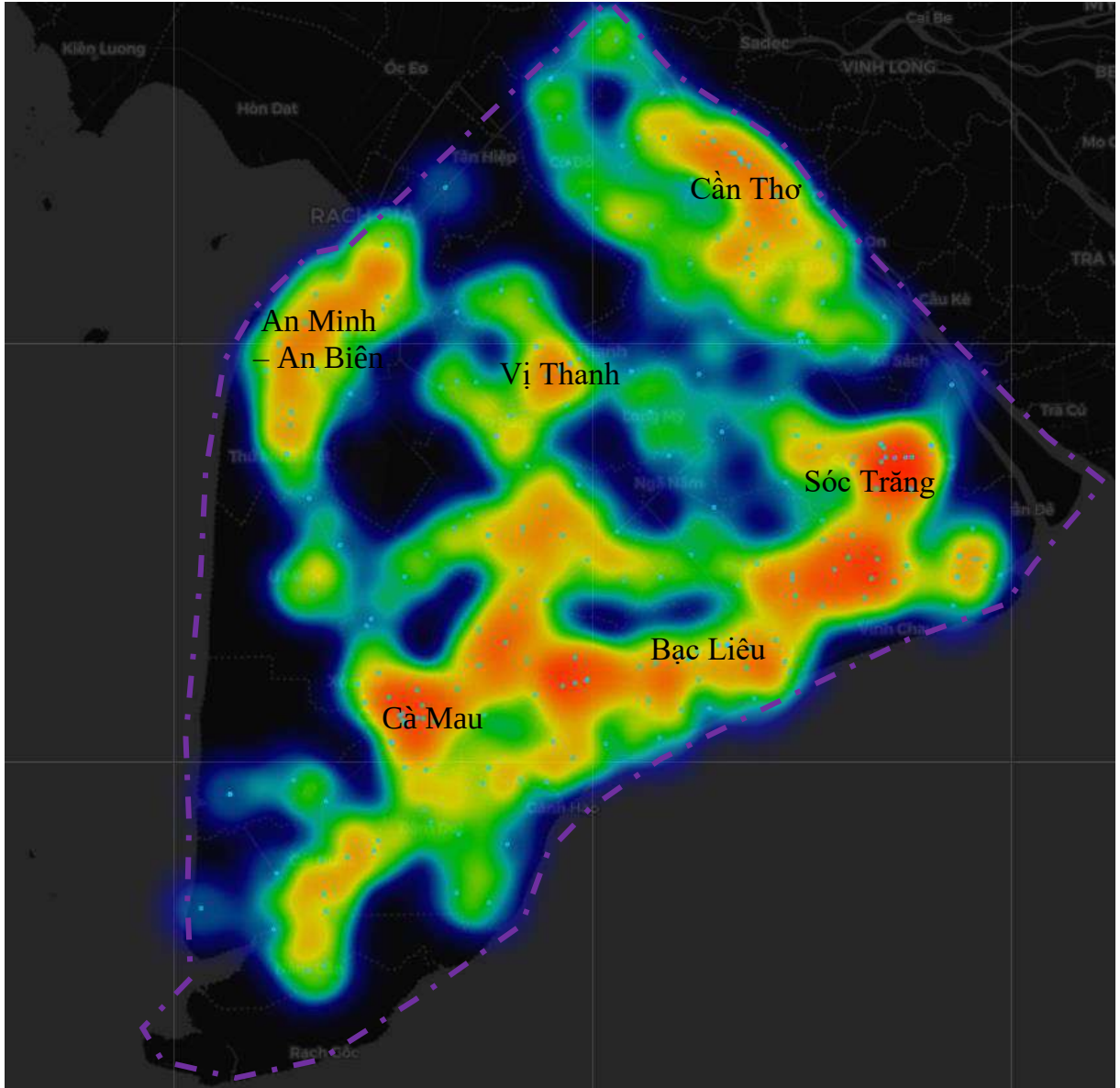
Theo kết quả mô phỏng thông số  $\text{NH}_4^+$  tại các vị trí thông số  $\text{NH}_4^+$  (lớn nhất – nhỏ nhất khi triều xuống) dao động từ 0,1 mg/l (Kênh Cái Sắn) đến 0,36 mg/l (Kênh 30.4 TP Bạc Liêu). Như vậy, tại tất cả các vị trí đều nằm trong giới hạn cho phép.

Qua kết quả mô phỏng chất lượng nước của năm hiện trạng 2016 (tỷ lệ xử lý nước thải 17,5%) thấy rằng phạm vi và mức độ ô nhiễm tại các sông kênh trong vùng BĐCM vẫn chưa được cải thiện một cách đáng kể. Phạm vi ô nhiễm nặng giảm khoảng 20% nhưng mức độ ô nhiễm không giảm, các thông số DO,  $\text{BOD}_5$  và  $\text{NH}_4^+$  không đạt TCCP vẫn duy trì ở mức cao. Chất lượng nước vùng nghiên cứu diễn biến phức tạp, thay đổi theo thời gian (hàng ngày, hàng giờ). Yếu tố động lực của sự thay đổi đó là tác động của thủy triều Biển Đông và Biển Tây, nhất là trong thời kỳ mùa khô.

Qua kết quả mô phỏng thành phần nguồn nước và chất lượng nước có thể phân được vùng bị ảnh hưởng ô nhiễm với mức độ khác nhau (Xem Hình 3.44):

- Vùng bị ô nhiễm nặng: là vùng có khả năng tiêu thoát ô nhiễm hạn chế, dễ sinh ra vấn đề môi trường, đó là các khu vực giữa bán đảo và các khu vực với các thành phố lớn (Cần Thơ, Sóc Trăng, Bạc Liêu...) trong vùng nghiên cứu. Các kênh tiếp nhận nhiều nguồn nước thải như sông Gành Hào, kênh Cà Mau - Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp... và các kênh nội thị của các thành phố, thị xã;
- Vùng bị ô nhiễm nhẹ: là những khu vực ven sông lớn (Sông Hậu) và những khu vực ven biển (Biển Đông và Tây) vì đây là những khu vực có sự trao đổi nước tốt, lưu thông và thoát nước dễ dàng;
- Vùng ô nhiễm trung bình là các khu vực xen giữa 2 vùng trên.





Hình 3.44: Vùng bị ảnh hưởng do ô nhiễm nước mặt

### 3.5 ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NGUỒN XẢ THẢI ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Môi trường nước mặt bị ô nhiễm, suy thoái do nhiều nguyên nhân khác nhau, tùy theo đặc điểm phát triển kinh tế - xã hội và đặc trưng của từng khu vực (chế độ dòng chảy, vùng ảnh hưởng triều...), nguồn nước có thể tiếp nhận các loại nguồn thải khác nhau. Đối với vùng nghiên cứu, tác động đến chất lượng nước mặt chủ yếu là do nguồn thải gây ô nhiễm từ các hoạt động như sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản dưới tác động của chế độ thủy văn (thủy triều), thủy lực phức tạp. Dưới

đây là những phân tích, đánh giá tác động của từng nguồn thải tới chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau.

### **3.5.1 Đánh giá tác động của nguồn nước thải sinh hoạt đến chất lượng nước**

#### **3.5.1.1 Phạm vi và hướng tác động của nguồn nước thải sinh hoạt**

Trong các nguồn thải điểm, lượng nước thải sinh hoạt của toàn vùng BĐCM là lớn nhất (chiếm 57%); tải lượng của các Khu dân cư là lớn nhất (chiếm 91,7%). Trong khi đó, tỷ lệ nước thải sinh hoạt được xử lý mới đạt khoảng hơn 10%. Như vậy 90% lượng nước thải sinh hoạt còn lại đều không được xử lý mà xả trực tiếp vào nguồn tiếp nhận. Đây là một trong những nguyên nhân dẫn đến phạm vi và hướng tác động của nguồn nước thải sinh hoạt rất phức tạp.

Qua kết quả tính toán nguồn nước thải sinh hoạt cho thấy, phạm vi lan truyền rất rộng và lan truyền theo nhiều hướng khác nhau, rất khó kiểm soát (Hình 3.26). Trong đó, nguồn nước thải sinh hoạt của thành phố Cà Mau và Cần Thơ ảnh hưởng lớn nhất (65,69 km<sup>2</sup> và 46,40 km<sup>2</sup>). Thời gian ảnh hưởng do nguồn thải sinh hoạt rất khác nhau, từ 3 ngày (Rạch Giá) đến 31 ngày (Sóc Trăng). Điều đó cho thấy, chế độ dòng chảy cũng như thủy triều đã có ảnh hưởng đến sự lan truyền nguồn nước này.

Đối với các nguồn thải sinh hoạt ở ven Sông Hậu (gần nguồn cấp nước cho bán đảo): đây là vùng gần với nguồn cấp nước (ngọt) từ thượng nguồn đổ về nên nguồn nước thải có xu thế lan truyền về phía hạ lưu, theo sông Hậu ra phía Biển và theo dòng chảy vào các kênh cấp nước cho vùng như Kênh Thốt Nốt, Ô Môn – Xà No,... Diễn hình là nguồn nước thải sinh hoạt của TP. Cần Thơ (gần sông Hậu), dòng chảy từ thượng nguồn theo Sông Hậu đã đẩy nguồn thải này xuống hạ lưu ra biển và theo dòng chảy vào các kênh nội đồng với phạm vi ảnh hưởng là 46,40 km<sup>2</sup>.

Đối với các nguồn thải sinh hoạt gần biển (Kiên Giang): phạm vi ảnh hưởng nhỏ (500m – 1000m) với thời gian ảnh hưởng ngắn (3 ngày) và chủ yếu phạm vi ảnh hưởng dọc theo kênh do ảnh hưởng của thủy triều, khi triều lên dòng chảy làm khối chất thải có xu thế lan truyền vào trong nội đồng và khi triều xuống khối nước thải theo triều rút ra biển.

Đối với các nguồn thải sinh hoạt ở giữa bán đảo: phạm vi ảnh hưởng rộng hơn theo nhiều hướng khác nhau. Do sự ảnh hưởng của thủy triều đến vùng giữa bán đảo

không lớn dẫn đến việc trao đổi nước hạn chế làm cho khối nước thải lan truyền rất phức tạp, không theo quy luật và khó kiểm soát, nhất là ở TP Cà Mau, Sóc Trăng. Đây cũng là những nguồn nước thải ảnh hưởng lớn đến nguồn nước mặt của vùng với phạm vi rộng (65km<sup>2</sup>) và thời gian ảnh hưởng lớn đến hơn 30 ngày.

#### **3.5.1.2 Mức độ tác động của nguồn nước thải sinh hoạt**

Nghiên cứu dựa vào nồng độ thể tích để đánh giá mức độ tác động của nguồn thải sinh hoạt đối với từng nguồn ven sông Hậu, ven biển và giữa bán đảo. Mức độ tác động đối với từng nguồn như sau:

Mức độ tác động của các nguồn thải sinh hoạt ở ven Sông Hậu (gần nguồn cấp nước cho bán đảo): nồng độ thể tích nguồn nước thải từ ngày đầu tiên xả thải (100%) giảm rất nhanh xuống 30% trong 1 ngày và sau 2 ngày tiếp theo chỉ còn 5%, sau 10 ngày sẽ không còn ảnh hưởng do ô nhiễm. Theo kết quả mô phỏng chất lượng nước bằng Mike11 (Ecolab), diễn biến các thông số chất lượng nước DO, BOD<sub>5</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nằm trong giới hạn cho phép của so với QCVN 08-MT:2015/BTNMT (cột B1).

Đối với các nguồn thải sinh hoạt gần biển (Kiên Giang): nồng độ thể tích nguồn nước thải từ ngày đầu tiên xả thải (100%) giảm rất nhanh xuống 10% sau 12 giờ và tiếp tục giảm còn 3% sau 12 giờ tiếp theo, sau 3 ngày sẽ không còn ảnh hưởng do ô nhiễm. Nguyên nhân là do vùng gần biển thì TPN biển lớn, làm cho sự pha loãng rất lớn các TPN khác... Theo kết quả mô phỏng chất lượng nước bằng Mike11 (Ecolab), diễn biến các thông số chất lượng nước DO, BOD<sub>5</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nằm trong giới hạn cho phép của so với QCVN 08-MT:2015/BTNMT (cột B1).

Đối với các nguồn thải sinh hoạt ở giữa bán đảo: nồng độ thể tích nguồn nước thải giảm chậm (ô nhiễm lâu hơn), từ ngày đầu tiên xả thải (100%) giảm xuống 10% sau từ 10 – 16 ngày, và phải sau hơn 30 ngày mới không còn ảnh hưởng do nguồn nước thải. Theo kết quả mô phỏng chất lượng nước bằng Mike11 (Ecolab), diễn biến các thông số chất lượng nước DO, BOD<sub>5</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong thời gian mô phỏng hầu hết không nằm trong giới hạn cho phép của so với QCVN 08-MT:2015/BTNMT (cột B1); BOD<sub>5</sub> vượt TCCP từ 1,07 đến 1,16 lần (vượt nhẹ so với TCCP).

Như vậy, tác động của nguồn nước thải sinh hoạt đến chất lượng nước mặt vùng BĐCM là rất rõ nét, nhất là trên các đoạn sông, kênh rạch chảy qua các khu đô thị, dân

cư tập trung... chất lượng môi trường nước mặt có sự suy giảm đáng kể. Các sông kênh bị ô nhiễm do nước thải sinh hoạt diễn hình như tại Thành phố Cần Thơ là rạch Bún Xáng, Tham Tướng (Ninh Kiều); Rạch Cây Me (Ô Môn); Sông Thốt Nốt (Cờ Đỏ); Tại Sóc Trăng là Kênh 8 mét, 16 mét, 30/4, sông Cỏ Cò, kênh chợ TX Vĩnh Châu, kênh TT Huỳnh Hữu Nghĩa, kênh TT Châu Thành, kênh TT Phú Lộc. Một số Kênh liên tỉnh như Quản Lộ - Phụng Hiệp qua các tỉnh (Cà Mau, Bạc Liêu và Sóc Trăng) và Kênh Cà Mau – Bạc Liêu cũng bị ô nhiễm do nước thải sinh hoạt do tập quán sống ven sông của người dân trong vùng BĐCM.

### **3.5.2 Đánh giá tác động của nguồn nước thải công nghiệp đến chất lượng nước**

#### **3.5.2.1 Phạm vi và hướng tác động của nguồn nước thải công nghiệp**

Vùng nghiên cứu có cơ cấu ngành công nghiệp phổ biến là chế biến nông nghiệp và thủy sản. Các KCN, cụm công nghiệp tập trung chủ yếu dọc theo các con sông chính như Sông Hậu, Gành Hào, Sông Đốc... Lượng nước thải công nghiệp của toàn vùng BĐCM lớn thứ 2 sau nguồn nước thải sinh hoạt (chiếm 23%); tải lượng ô nhiễm của nguồn thải công nghiệp chiếm 6,9%. Trong khi đó, tỷ lệ nước thải công nghiệp được xử lý mới đạt khoảng hơn 60%. Như vậy 40% lượng nước thải công nghiệp còn lại đều không được xử lý mà xả trực tiếp vào nguồn tiếp nhận. Theo ước tính, trong tổng số nguồn thải được thống kê, số lượng nguồn thải có lưu lượng nước thải lớn hơn 1000 m<sup>3</sup>/ngày.đêm chỉ chiếm khoảng 26,4%, nhưng tổng lượng nước thải của các nguồn này lại chiếm trên 80% tổng lượng nước thải công nghiệp. Đối với các nguồn thải có lưu lượng thải lớn hơn 200 m<sup>3</sup>/ngày.đêm tương ứng khoảng 60% số cơ sở.

Qua kết quả tính toán nguồn nước thải công nghiệp cho thấy, nước thải công nghiệp phân bố với nồng độ thể tích khá cao gần các nguồn xả, sau đó lan rất rộng gây ảnh hưởng đến nhiều vùng trong Bán đảo (chiếm khoảng 60% diện tích toàn vùng BĐCM) và lan truyền theo nhiều hướng khác nhau, rất khó kiểm soát (Hình 3.27). Phạm vi ảnh hưởng cũng khá lớn từ 4 – 22km. Phạm vi ảnh hưởng và hướng tác động của nguồn nước thải công nghiệp như sau:

- Phạm vi ảnh hưởng lớn nhất trên Sông Hậu là lớn nhất, Phạm vi ảnh hưởng do nguồn thải (KCN Trà Nóc) là khoảng 23km (7km về phía thượng lưu sông

Hậu, khoảng 10km từ sông Hậu vào Kênh Ô Môn và 16km về phía hạ lưu Sông Hậu);

- Phạm vi ảnh hưởng trên các kênh nội vùng của Sóc Trăng (Kênh 30/4) và Bạc Liêu (Kênh Bạc Liêu - Cà Mau) từ 13,5 – 16,5km.

Như vậy, phạm vi tác động của nguồn thải này đến chất lượng nước nguồn tiếp nhận là rất rộng, đây cũng là một trong những nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường nước mặt trên hệ thống sông, kênh.

### ***3.5.2.2 Mức độ tác động của nguồn nước thải công nghiệp***

Có thể thấy, chế độ dòng chảy cũng như thủy triều đã có ảnh hưởng đến sự lan truyền các chất ô nhiễm, vùng giữa Bán đảo tuy nồng độ không lớn, nhưng ảnh hưởng mức tỷ lệ nước thải cỡ 0,1% đã thể hiện rõ, nhất là Hậu Giang, Bắc Quốc lộ 1A. Các vùng ven biển và sông lớn rìa Bán đảo tỷ lệ nước thải công nghiệp nhỏ, chưa đáng kể, là do có dòng chảy từ sông pha loãng rất mạnh.

Như vậy, ở mức độ như hiện nay, tỷ lệ ô nhiễm nước thải nhà máy, công nghiệp đã ở mức báo động nếu không được xử lý tốt. Việc xây các khu công nghiệp, các nhà máy lớn vùng giữa Bán đảo phải xem xét cực kỳ cẩn thận vì khả năng ảnh hưởng của chúng là rất lớn (lan truyền rộng, lưu cữu lâu dài và mức độ nguy hại lớn).

### **3.5.3 Đánh giá tác động của nguồn nước thải nông nghiệp đến chất lượng nước**

#### ***3.5.3.1 Đánh giá tác động của nguồn nước thải trồng trọt đến chất lượng nước***

Sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản thường xả ra một lượng rất lớn và chảy trở lại vào sông rạch (thường được gọi là nước hồi quy). Nguồn nước này thường rất ô nhiễm: Nước thải do các ruộng nuôi tôm, ao cá thường ô nhiễm chất hữu cơ, chất thú y thủy sản, tôm chết, nước xả từ ruộng lúa, màu chứa nhiều chất bảo vệ thực vật, phân bón dư thừa...

Nước mặt trong phần lớn diện tích Bán đảo có tỷ lệ nguồn xả thải từ sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản rất cao từ 7-10% (Hình 3.28). Đó cũng là lý do hiện nay nguồn nước mặt trên toàn Bán đảo không còn sạch để có thể sử dụng cho sinh hoạt, chăn nuôi.

Với tỷ lệ nước thải trồng trọt như trên, có thể thấy rằng việc nuôi trồng thủy sản ở vùng xa sông lớn, xa biển là rất rủi ro vì chất lượng nước kém. Các vùng ven sông, ven biển tuy ô nhiễm xả thải do sản xuất ít hơn, nhưng cũng vẫn phải rất cẩn trọng. Muốn gia tăng vùng nuôi trồng thủy sản phải có biện pháp hạn chế lượng xả thải này, hơn nữa phải giảm chất ô nhiễm trong nguồn xả (giảm thuốc bảo vệ thực vật, phân bón,...).

### **3.5.3.2 *Đánh giá tác động của nguồn nước thải NTTS đến chất lượng nước***

Tại vùng nghiên cứu, nuôi trồng thủy sản đã gây ô nhiễm cho nguồn nước mặt trong vùng nuôi, nhất là nguồn nước thải NTTS trong môi trường nước. Hiện nay, nước thải từ hoạt động nuôi trồng thủy sản không được kiểm soát và xử lý triệt để thải ra môi trường gây tác động đáng kể đến chất lượng nước mặt của khu vực xung quanh. Hơn nữa, hầu hết hệ thống kênh mương chưa được tách riêng phục vụ cho canh tác lúa và NTTS đã làm cho ô nhiễm càng phức tạp và khó kiểm soát. Qua kết quả tính toán nguồn nước thải NTTS cho thấy, tại 4 vùng điển hình Tiểu vùng Mỹ Xuyên (tỉnh Sóc Trăng); Tiểu vùng Bắc Quốc lộ 1A (tỉnh Bạc Liêu); Tiểu vùng Nam Cà Mau và Tiểu vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang) diễn biến lan truyền nguồn nước thải NTTS diễn ra khác nhau.

Tiểu vùng Mỹ Xuyên (tỉnh Sóc Trăng): Sau 30 ngày xả nguồn nước thải nuôi trồng thủy sản (nồng độ thể tích < 5%) vẫn đang lan sang cả huyện Vĩnh Châu và hiện tượng này còn kéo dài rất lâu sau đó. Do không có các công trình phân ranh tiểu vùng nên nước ô nhiễm lan rất nhanh và lưu cữu khá lâu chính trong các vùng nuôi này. Nhất là nguồn nước tù đọng xả từ ngọn sông Nhu Gia xuống vùng nuôi tôm có khả năng lưu cữu rất lâu, kéo dài hàng tháng. Thời gian có thể lấy nước trở lại để không bị ảnh hưởng của nguồn nước bẩn này (với mức tỷ lệ nước bẩn 5%) là khoảng 60 ngày. Nếu như xả đều đặn hàng tháng thì trong vùng nuôi bao giờ cũng có thành phần nước bẩn ngọn Nhu Gia (Hình 3.30 đến Hình 3.31).

Tiểu vùng Bắc Quốc lộ 1A (tỉnh Bạc Liêu): nguồn nước thải từ các ruộng nuôi tuy chỉ xuất hiện ở một vùng nhỏ thuộc tỉnh Bạc Liêu nhưng có khả năng lan rất rộng sang đến Cà Mau và Kiên Giang. Do vùng nuôi thủy sản nằm sâu vào nội địa và chịu sự chi phối lớn của các cống Quản Lộ - Phụng Hiệp ở vùng này (từ Bạc Liêu đến

Cà Mau) làm cho nước bẩn, hay nguồn nước mang mầm bệnh (khi xảy ra) có khả năng lưu cữu lâu dài, lan rộng trong vùng và các vùng lân cận (Hình 3.33 đến Hình 3.34).

Tiểu vùng Nam Cà Mau: khối nước xem xét đã lan truyền, biến đổi chậm, khoảng sau 45 ngày mới tiêu ra hết. Điều này cho thấy, bất kỳ một nguồn nước nào xuất hiện trong tiểu vùng xem xét đều tồn tại rất lâu, trong đó nguồn nước bẩn do xả thải là vấn đề lớn nhất thường gặp và tác động mạnh nhất đến nuôi trồng thủy sản. Ngoài ra, nguồn nước bẩn trong vùng này có thể lan truyền sang đến tận Kiên Giang, với tỷ lệ nguồn nước bẩn có thể đạt đến 1-5% sau 30 ngày (Hình 3.36 đến Hình 3.37).

Tiểu vùng An Minh – An Biên (tỉnh Kiên Giang) diễn biến lan truyền nguồn khối nước thải thủy sản diễn ra khác với một số tiểu vùng khác trong Bán đảo, lan truyền nguồn nước bệnh trong vùng này không rộng lắm, tác động chủ yếu dọc theo các trục kênh chính nơi phát ra nguồn thải. (Hình 3.39 đến Hình 3.40).

### **3.6 ĐỊNH HƯỚNG CÁC BIỆN PHÁP KỸ THUẬT KIỂM SOÁT NGUỒN NƯỚC THẢI**

#### **3.6.1 Cơ sở khoa học định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải**

Theo kết quả tính toán lượng nước thải, thấy rằng các nguồn nước thải chính trong vùng nghiên cứu là nguồn nước thải trồng trọt (chiếm 44,7%); NTTS (33,3%); sinh hoạt (16%); công nghiệp (5,2%). Tập trung chủ yếu ở các khu vực của tỉnh Cà Mau (29%); Bạc Liêu (17,2%); Kiên Giang (16,8%); Cần Thơ (10,5%) và Hậu Giang (8,5%).

Về chất lượng nước mặt vùng nghiên cứu: nước mặt vùng nghiên cứu chủ yếu bị ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng, vi sinh vật. Các thông số vượt nhiều lần TCCP là DO, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và tổng Coliform. Mức độ ô nhiễm hữu cơ, chất dinh dưỡng và vi sinh vật ngày càng tăng qua các năm vượt QCVN 08-MT:2015/BTNMT (B1) từ 1,1 – 3,7 lần. Hơn nữa, qua kết quả tính toán VN\_WQI cho thấy vùng nghiên cứu bị ảnh hưởng bởi ô nhiễm nước mặt rất rộng (chiếm khoảng ½ diện tích toàn vùng), các tuyến kênh bị ảnh hưởng bởi ô nhiễm là Kênh Cà Mau – Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp; Các kênh rạch trong đô thị của các đô thị lớn như Cái Sơn Hàng Bàng; rạch Cam; Ba Láng và Bò Ót (Cần Thơ); Kênh 8 mét, kênh 16 mét, kênh 30/4, sông Cổ Cò, kênh chợ Thị xã Vĩnh Châu, kênh TT Huỳnh Hữu Nghĩa, kênh thị trấn Châu Thành (Sóc Trăng); và các kênh rạch thuộc thành phố Cà Mau.



Theo kết quả nghiên cứu lan truyền các nguồn nước vùng BĐCM cho thấy nguồn nước từ Biển, thượng lưu sông Hậu chiếm ưu thế nhưng nguồn gây ô nhiễm lại là các nguồn nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp (chăn nuôi, trồng trọt và NTTS) nhất là tại các sông, kênh ở giữa Bán đảo và thượng lưu lớn hơn ven biển do đây là những sông, kênh tiếp nhận nguồn nước thải trực tiếp và không thuận lợi cho việc tiêu thoát, trao đổi nước so với các sông, kênh ven biển. Các tỉnh có phạm vi lan truyền nước thải lớn theo thứ tự từ cao xuống thấp là Sóc Trăng (80% diện tích bị ảnh hưởng); Kiên Giang (70%); Cần Thơ (60%). Từ đó, xác định được vùng bị ô nhiễm nặng, đây là vùng có khả năng tiêu thoát ô nhiễm hạn chế, dễ sinh ra vấn đề môi trường, đó là các khu vực giữa bán đảo và các khu vực với các thành phố lớn (Cần Thơ, Sóc Trăng, Bạc Liêu...); vùng ô nhiễm nhẹ (khu vực ven biển và sông Hậu); vùng ô nhiễm trung bình (là vùng xen giữa 2 vùng trên).

### **3.6.2 Đề xuất định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải**

Căn cứ theo cơ sở khoa học định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải ở trên. Có thể định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn thải, sẽ được đề xuất theo 2 hướng chính là định hướng theo vùng ô nhiễm (căn cứ theo phân vùng) và định hướng theo nguồn thải (từ kết quả mô phỏng các nguồn nước và chất lượng nước).

#### **3.6.2.1 Đề xuất định hướng các biện pháp giảm thiểu theo vùng**

Mặc dù số lượng nguồn thải được thống kê là rất lớn với khoảng 552 nguồn, tuy nhiên, chỉ có khoảng 30% là các nguồn thải trọng điểm có lưu lượng nước thải lớn hoặc mức độ ô nhiễm cao, tập trung ở các thành phố, KCN... Bên cạnh đó, vùng nghiên cứu có hệ thống sông, kênh rạch dày đặc nên nguồn thải gây ô nhiễm ra nhiều hướng khác nhau, nếu không có biện pháp thu gom nước thải hợp lý sẽ rất khó kiểm soát ô nhiễm.

- Đối với vùng bị ô nhiễm nặng: là vùng có khả năng tiêu thoát ô nhiễm hạn chế, dễ sinh ra vấn đề môi trường, đó là các khu vực giữa bán đảo và các khu vực với các thành phố lớn (Cần Thơ, Sóc Trăng, Bạc Liêu...) trong vùng nghiên cứu. Các kênh tiếp nhận nhiều nguồn nước thải như sông Gành Hào, kênh Cà Mau - Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp... và các kênh nội thị của các thành phố, thị xã. Cần cần tập trung thực hiện các biện pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường nước mặt (phòng ngừa ô nhiễm tại nguồn và xử lý ô nhiễm cuối đường ống) để tiếp tục mục tiêu đảm bảo phát triển kinh tế xã hội

một cách bền vững. Trong đó, tập trung quản lý và kiểm soát hiệu quả các nguồn thải chính (sinh hoạt, công nghiệp, NTTS và trồng trọt), tăng khả năng cấp nước từ thượng nguồn,... khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường ở các khu vực trọng điểm là nhiệm vụ quan trọng và cần thiết.

- Đối với vùng bị ô nhiễm nhẹ: là những khu vực ven sông lớn (Sông Hậu) và những khu vực ven biển (Biển Đông và Tây) vì đây là những khu vực có sự trao đổi nước tốt, lưu thông và thoát nước dễ dàng. Cần tăng cường khả năng tự làm sạch nguồn nước bị ô nhiễm, tăng khả năng tiêu thoát bằng cách lợi dụng thủy triều (vùng ven biển) và tận dụng tối đa lượng nước cấp từ thượng nguồn qua sông Hậu.

- Đối với vùng ô nhiễm trung bình là các khu vực xen giữa 2 vùng trên: đây là vùng giáp ranh giữa 2 vùng ô nhiễm nặng và nhẹ nên sẽ có sự dịch chuyển vùng ô nhiễm (không cố định) do dòng chảy. Cần thích ứng linh hoạt các biện pháp quản lý, trong đó chú trọng đến thực hiện các biện pháp phòng ngừa ô nhiễm tại nguồn và xử lý ô nhiễm cuối đường ống.

### **3.6.2.2 Đề xuất định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát theo các nguồn thải**

Đối với từng nguồn thải, cần có những giải pháp kiểm soát khác nhau như sau:

*Định hướng kiểm soát nguồn nước thải sinh hoạt:* cùng với sự phát triển nhanh chóng của dân số, của các đô thị, lượng nước thải ngày càng lớn trong khi hệ thống thoát nước, xử lý nước thải thiếu đồng bộ, chưa tách biệt được hệ thống thoát nước thải khỏi hệ thống thoát nước mưa dẫn đến sự kém hiệu quả của các dự án xử lý nước thải đô thị. Tỷ lệ nước thải sinh hoạt được xử lý còn rất thấp, việc ứng dụng các công nghệ trong xử lý nước thải sinh hoạt đô thị chưa đạt hiệu quả như mong đợi. Căn cứ vào kết quả mô phỏng nguồn nước thải sinh hoạt các sông, kênh tiếp nhận nguồn nước thải cần phải kiểm soát cần ưu tiên giải quyết chủ yếu thuộc các tỉnh thành phố Cần Thơ, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau. Như vậy, cần phải có những giải pháp đồng bộ trong đó ưu tiên triển khai xử lý nước thải tại nguồn tại các khu dân cư, đô thị. Tách biệt hệ thống tiêu thoát nước mưa và nước thải; thu gom, xử lý nước thải đô thị, nông thôn; nạo vét, cải tạo các kênh, rạch bị ô nhiễm nặng tại các đô thị và vùng nông thôn.

*Định hướng kiểm soát nguồn nước thải công nghiệp:* Có thể thấy rằng nguồn nước thải công nghiệp là nguồn thải tập trung có lượng nước thải rất lớn, nếu không

kiểm soát chặt chẽ sẽ dẫn đến ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Do vậy, cần tăng cường hiệu quả xử lý nước thải công nghiệp từ các khu công nghiệp, cụm công nghiệp và các cơ sở sản xuất công nghiệp lớn. Cần ưu tiên việc xác định các nguồn thải trọng điểm để kiểm soát chặt chẽ và có những biện pháp xử lý phù hợp, ứng dụng các công nghệ xử lý nước thải mới phù hợp với điều kiện của vùng BĐCM để tăng cường hiệu quả xử lý. Thực hiện tốt các yêu cầu về lắp đặt hệ thống quan trắc nước thải tự động liên tục tại các nguồn thải có lưu lượng từ 200m<sup>3</sup>/ngày đêm, truyền nhận kết quả quan trắc về cơ quan quản lý môi trường địa phương phục vụ việc theo dõi, giám sát nguồn thải. Các thông số môi trường thu thập được có thể hiển thị trên giao diện web hoặc qua các màn hình hiển thị chuyên dụng dùng cho hệ thống. Hệ thống cho phép hiển thị các thông số môi trường theo thời gian thực, trong một ngày bất kỳ, trong tuần hoặc trong tháng.

*Định hướng kiểm soát nguồn nước thải nông nghiệp:* Quản lý nước trong hệ thống kênh mương nội đồng cần phải được tính toán theo chế độ rửa, chế độ tưới cho các loại cây trồng nhằm giảm mức độ gây ô nhiễm môi trường hoặc gây lãng phí nguồn nước. Các kênh cần được quản lý tốt nguồn nước cấp là: Cái Sắn, Thốt Nốt, Ô Môn, Xà No, Quản lộ - Phụng Hiệp... vì đây là những kênh cấp nước ngọt từ sông Hậu cho vùng để phục vụ sản xuất nông nghiệp. Đối với vùng nghiên cứu, nhiều khu vực ở vùng giữa bán đảo và xa nguồn nước cấp (Kiên Giang, Cà Mau, Bạc Liêu) do thiếu nước sạch, nước thải là nguồn tưới duy nhất cho các loại cây trồng do không có lựa chọn thay thế. Do vậy, cần nghiên cứu các biện pháp giảm thiểu chất thải tại nguồn, tái sử dụng nước thải trong nông nghiệp dựa trên cơ sở khoa học vì nồng độ chất dinh dưỡng khá cao, có thể làm giảm bớt nhu cầu sử dụng phân bón.

*Định hướng kiểm soát nguồn nước thải do nuôi trồng thủy sản:* Căn cứ vào kết quả mô phỏng nguồn nước thải do NTTS các sông, kênh tiếp nhận nguồn nước thải cần phải kiểm soát là các khu vực nuôi tôm ven biển thuộc các tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu (Nam Quốc Lộ 1A), Cà Mau và Kiên Giang. Vùng nuôi cá tra/basa ở giữa bán đảo thuộc tỉnh Hậu Giang, Cần Thơ. Dưới đây trình bày một số giải pháp hạn chế lan truyền ô nhiễm cho một số tiểu vùng điển hình của vùng Bán đảo Cà Mau:

- Quản lý môi trường vùng nuôi: nước ô nhiễm có khả năng xuất hiện do sên vét ao nuôi, xả thải thay nước vệ sinh ao, nước thải sinh hoạt từ các hộ gia đình...

Do không có các công trình phân ranh tiểu vùng nên nước ô nhiễm lan rất nhanh và lưu cữu khá lâu chính trong các vùng nuôi này. Việc bảo vệ môi trường vùng nuôi đang được cải thiện khá nhiều, nhưng vẫn còn chưa triệt để. Do vậy, cần xử triệt để lý nguồn thải ô nhiễm ngay trong từng hộ nuôi tôm và xả thải từ các nguồn sinh hoạt;

- Quản lý xả thải từ kênh Bạc Liêu - Cà Mau và các khu dân cư khác và từ vùng sản xuất nông nghiệp phía Bắc QL1A. Một giải pháp chủ động hơn là ngăn ngừa nước thải lan truyền vào vùng này trong thời kỳ lấy nước vào các ao nuôi. Giải pháp được đề nghị là làm hệ thống cống phân ranh nằm phía Nam kênh Bạc Liêu - Cà Mau. Hệ thống này vận hành ngăn ngừa ô nhiễm vào vùng nuôi trong các thời điểm lấy nước mặn nuôi thủy sản;
- Cải tạo hạ tầng vùng nuôi: Hiện tại, kênh mương mặt ruộng (từ cấp 3 trở xuống) bị bồi lắng nhiều, trao đổi nước kém, cần phải được nạo vét. Mặt khác, bệnh thủy sản có khả năng lưu cữu và lan truyền rộng trong vùng nuôi, ảnh hưởng đến nội vùng và các vùng nuôi khác ở Kiên Giang, Cà Mau, do đó để hạn chế tác hại của hiện tượng này cần phải phân lập vùng nuôi thành một số tiểu vùng, có khả năng hoạt động tương đối độc lập, có khả năng hạn chế ô nhiễm ra ngoài (ảnh hưởng đến vùng khác) hoặc xâm nhập ô nhiễm từ ngoài (vùng khác) vào vùng nuôi. Hơn nữa, việc phân lập các vùng nuôi bằng các cống có thể giúp kiểm soát nước tốt hơn cho sản xuất, đặc biệt là kiểm soát mặn-giữ ngọt cho vụ lúa trong mô hình lúa – tôm trong vùng nuôi này;
- Đối với nguồn tác động từ Sông Hậu vào các sông nhánh, kênh nhánh của vùng BĐCM: cần xét đến đặc điểm của triều Biển Đông để có biện pháp kiểm soát hợp lý và khoa học. Nhất là lúc triều lên và ở thời điểm đỉnh triều, nếu không được kiểm soát các khối nước ô nhiễm có thể theo dòng nước xâm nhập sâu vào các sông, kênh nhánh vào nội vùng bán đảo. Các nguồn thải từ sông Hậu chủ yếu là từ công nghiệp, thủy sản (là những nguồn thải lớn) nên cần quan trắc liên tục chất lượng nước mặt trước khi lấy nước từ sông Hậu để cấp nước cho các ngành kinh tế trong vùng.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### KẾT LUẬN

Với mục tiêu của luận án là xây dựng được cơ sở khoa học nhằm đánh giá lan truyền các nguồn nước thải chính (sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và nuôi trồng thủy sản) gây ô nhiễm và làm rõ tác động của các nguồn nước thải chính đến chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau phục vụ thiết thực cho công tác bảo vệ tài nguyên nước mặt nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững về kinh tế xã hội của vùng nghiên cứu. Nghiên cứu đã đạt được những kết quả chính dưới đây:

- Về nghiên cứu nguồn xả thải và tải lượng nước thải ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt vùng BDCM: đã tính toán được lưu lượng nước thải và tải lượng chất thải của vùng BDCM 3.506.796 m<sup>3</sup>/ngày-đêm, tỉnh Cà Mau có lượng nước thải xả vào sông/kênh lớn nhất (chiếm 29,0%); nhỏ nhất ở Hậu Giang (8,5%). Từ đó, đã xác định được 4 nguồn thải chính ảnh hưởng đến chất lượng nước của vùng nghiên cứu là nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và NTTS, nguồn nước thải trồng trọt là lớn nhất (chiếm 44,7%); NTTS (33,3%); sinh hoạt (16%); công nghiệp (5,2%). Trong đó, nguồn nước thải sinh hoạt phân bố khắp bán đảo (tải lượng lớn nhất chiếm 64,4%), dọc theo các sông kênh của vùng (đây cũng là một đặc điểm điển hình của vùng nghiên cứu, nhà ven kênh) và tập trung ở các thành phố/thị xã của vùng; nguồn thải công nghiệp tập trung ở các sông lớn như sông Hậu, Gành Hào, Ông Đốc,...; nguồn thải NTTS tập trung ở các vùng ven biển Đông và Tây, vùng giữa bán đảo. Riêng nguồn thải trồng trọt tập trung ở các khu vực ngọt hóa ở phía Bắc và giữa bán đảo (là nguồn phân tán) nên rất khó kiểm soát và cũng đã ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt của vùng. Các nguồn thải trên đã làm nước mặt trong vùng BDCM bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh với các thông số vượt TCCP là DO, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và tổng Coliform (vượt TCCP từ 1,1 – 3,7 lần).

- Qua kết quả tính toán VN\_WQI có thể thấy vùng bị ảnh hưởng bởi ô nhiễm nước mặt chiếm khoảng ½ diện tích toàn vùng, chỉ số VN\_WQI có giá trị thấp (0-25) tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước là ô nhiễm nặng vào mùa mưa chiếm 52% (cao hơn mùa khô). Biên độ dao động của VN\_WQI cũng rất khác nhau, các tỉnh Hậu Giang, Sóc Trăng, Kiên Giang và Cần Thơ có giá trị WQI thấp và biên độ dao động lớn

(đồng nghĩa với ô nhiễm nghiêm trọng hơn); 2 tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau có giá trị VN\_WQI lớn hơn 50, nên chất lượng nước mặt không bị ô nhiễm nghiêm trọng. Như vậy, đây cũng là các nguồn thải, các thông số chất lượng nước mặt chính có quyết định đến chất lượng nước mặt Bán đảo Cà Mau.

- Kết quả nghiên cứu lan truyền các nguồn nước vùng BĐCM (Mike11-AD) cho thấy, các nguồn từ biên vùng BĐCM bao gồm các nguồn từ Sông Hậu từ thượng lưu (tỷ lệ thành phần nguồn nước chiếm lớn nhất trên 80%); từ biển Đông và biển Tây (trên 90%) là các nguồn chi phối chế độ thủy lực vùng bán đảo, do đó nó cũng chi phối động lực của các nguồn ô nhiễm. Các nguồn nội bán đảo bao gồm các nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản là các nguồn chính gây ô nhiễm. Nhất là các nguồn thải không thường xuyên (phát sinh trong thời gian nào đó) như nước thải thủy sản, sự cố môi trường... cũng đã gây ô nhiễm môi trường cho bán đảo. Kết quả mô phỏng lan truyền ô nhiễm (Mike-Ecolab) đã đánh giá được tổng quát, chi tiết chất lượng nước mặt trong vùng BĐCM. Trong đó đã xác định được các vùng ô nhiễm nghiêm trọng, cần có biện pháp xử lý ngay, chủ yếu tập trung tại các thành phố Cần Thơ, Sóc Trăng, Cà Mau... Các vùng giữa Bán đảo bị ô nhiễm nghiêm trọng hơn các vùng ven biển do bị ảnh hưởng của thủy triều Biển Đông và Biển Tây đã tạo những vùng giáp nước nên việc trao đổi nước bị hạn chế. Các kênh tiếp nhận nhiều nguồn nước thải như sông Gành Hào, kênh Cà Mau - Bạc Liêu, Quản Lộ - Phụng Hiệp... và các kênh nội thị của các thành phố, thị xã. Vùng bị ô nhiễm nhẹ là những khu vực ven sông lớn (Sông Hậu) và những khu vực ven biển (Biển Đông và Tây) vì đây là những khu vực có sự trao đổi nước tốt, lưu thông và thoát nước dễ dàng.

Nghiên cứu đã đánh giá được tác động của nguồn xả thải đến chất lượng nước và vai trò của các yếu tố khác (triều, dòng chảy). Trong đó nguồn nước thải sinh hoạt là nguồn ảnh hưởng chính đến chất lượng nước vùng Bán đảo Cà Mau với phạm vi và mức độ ảnh hưởng rất rộng, vì hầu hết các sông/kênh của vùng nghiên cứu đều có dân sinh sống dọc theo sông/kênh và lượng nước thải sinh hoạt không được xử lý liên tục xả hàng giờ vào nguồn nước. Tiếp đến là nguồn nước thải công nghiệp cũng đã gây ảnh hưởng đến vùng, mặc dù ít nguồn nhưng lưu lượng xả thải lớn đã gây ô nhiễm nghiêm trọng cho một số sông, kênh chính của vùng. Các nguồn thải còn lại (trồng trọt, NTTS...) là

nguồn thải phân tán, khó kiểm soát cũng đã ảnh hưởng đến chất lượng nước của vùng nghiên cứu.

Về định hướng các biện pháp kỹ thuật kiểm soát nguồn nước thải: với đặc điểm xả thải của các loại hình xả thải trong vùng BĐCM chủ yếu là nước thải sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và NTTS. Do vậy, bên cạnh các giải pháp quản lý chung để bảo vệ môi trường nước mặt, cần tập trung kiểm soát các nguồn thải trọng điểm là vấn đề ưu tiên đối với vùng nghiên cứu. Đồng thời, cần có giải pháp tái sử dụng nước thải vì đây là giải pháp tránh lãng phí nguồn nước và giảm thiểu ô nhiễm.

#### **Điểm mới về khoa học của luận án:**

- 1) Xây dựng được cơ sở khoa học nhằm nghiên cứu, đánh giá lan truyền các nguồn xả thải và thành phần gây ô nhiễm chính có trong nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp (trồng trọt) và nuôi trồng thủy sản
- 2) Làm rõ được cơ chế trao đổi nước trên cơ sở kết quả tính toán thành phần nguồn nước từ biên (Sông Hậu, biên Biển) và nội bán đảo (các nguồn nước thải) nhằm xác định xu thế, phạm vi lan truyền, gây ảnh hưởng ô nhiễm của các nguồn nước trong vùng Bán đảo Cà Mau. Một số khu vực bị ảnh hưởng do xả thải gây ô nhiễm nặng do đặc điểm phân bố nguồn thải tập trung, mật độ cao như sinh hoạt, công nghiệp. Các nguồn xả thải với mật độ cao, phạm vi rộng tập trung ở các đô thị lớn như Cần Thơ, Vị Thanh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau.
- 3) Xác định được các vùng ô nhiễm dựa vào đặc tính thủy lực (dòng chảy, hướng nhận nước, hướng tiêu thoát...) và chất lượng nước từ đó xác định được các vấn đề chính đối với môi trường nước mặt và định hướng giải pháp cải thiện chất lượng nước mặt. Các sông/kênh ở khu vực ven biển là những khu vực có chất lượng nước được cải thiện hơn so với các khu vực nội vùng bán đảo.



## KIẾN NGHỊ

Có thể thấy rằng, kết quả của luận án đã góp phần giải quyết các vấn đề đang tồn tại về ô nhiễm nguồn nước mặt do các hoạt động xả thải trong vùng nghiên cứu. Các kết quả đã cho thấy khả năng lớn của việc ứng dụng các công cụ tính toán (Mô hình toán, GIS...) trong việc giải quyết bài toán lan truyền ô nhiễm trong vùng BĐCM.

Để ứng dụng kết quả vào thực tế được tốt hơn, đáp ứng được yêu cầu thực tế thì cần tiếp tục nghiên cứu sâu hơn các nội dung sau:

- Nghiên cứu sâu hơn về khả năng tự làm sạch của nguồn nước trên các sông, kênh trong vùng nghiên cứu phục vụ công tác quản lý và kiểm soát ô nhiễm;
- Các nguồn thải phân tán (nông nghiệp, nước mưa chảy tràn...) rất khó kiểm soát, cần tiếp tục nghiên cứu sâu hơn.
- Cần nghiên cứu sâu hơn vấn đề ô nhiễm môi trường nước xuyên biên giới, ứng phó hiệu quả với diễn biến BĐKH để giảm thiểu tác động tới môi trường nước mặt trong vùng nghiên cứu.
- Một số vị trí xả thải điển hình cần nghiên cứu đánh giá chi tiết hơn (mô phỏng chất lượng nước bằng mô hình 3D) để xác định được chính xác quy luật, diễn biến ô nhiễm theo không gian (3 chiều) nhằm có những giải pháp giảm thiểu hiệu quả.

## **DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ**

1. Nguyễn Đức Phong, Hà Hải Dương (2023), Nghiên cứu ứng dụng các mô hình học máy để dự báo chỉ số chất lượng nước mặt vùng Bán đảo Cà Mau, Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi, ISSN: 1859 - 4255, số 76 (02/2023), Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
2. Nguyễn Đức Phong, Phạm Hồng Cường (2017), Đánh giá hiện trạng nguồn nước mặt và đề xuất các giải pháp quản lý nguồn nước mặt trong vùng Bán đảo Cà Mau, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, ISSN: 1859 - 3941, số 58 (9/2017), Trường Đại học Thủy lợi.
3. Nguyễn Đức Phong, Phạm Hồng Cường (2017), Hiện trạng xả thải và đề xuất giải pháp giảm thiểu tác động do hoạt động xả nước thải vào nguồn nước trong vùng Bán đảo Cà Mau, Tạp chí Tài nguyên nước, ISSN: 1859 - 3771, số 04 (10/2017), Hội Thủy lợi Việt Nam.
4. Tăng Đức Thắng, Nguyễn Đức Phong, Nguyễn Đình Vượng, Vũ Quang Trung, Phạm Văn Giáp, Nguyễn Thanh Hải (2018), Nghiên cứu sự lan truyền các nguồn nước mang mầm bệnh trong các hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, ISSN: 1859 - 4255, Số 49 (11/2018), Viện KHTL Việt Nam.
5. Nguyễn Vũ Việt, Nguyễn Đức Phong, Nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nước và đề xuất các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước mặt các sông chính vùng ven biển Đồng bằng Sông Hồng, Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và Môi trường. Số 65 (6/2019).
6. Nguyen Tung Phong, Ha Hai Duong, Nguyen Duc Phong, Water quality monitoring and management for domestic use and agriculture production in coastal irrigation systems in the Red river delta, Vietnam. Proceeding of the international conference on Science and Technology for water security disaster reduction and climate change adaptation. November 05, 2019. Science and Technics Publishing House, 2019. ISBN: 978-604-67-1627-3.

## DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

### TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

1. Lê Huy Bá (2004), *Môi trường*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh.
2. Lê Huy Bá (2006), *Điều tra, đánh giá các yếu tố tự nhiên, đặc điểm môi trường theo các vùng sinh thái mặn, lợ, ngọt các tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và Kiên Giang có mối quan hệ mật thiết với nghề nuôi trồng thủy sản*, Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2, Hồ Chí Minh.
3. Ban quản lý các KCN (2015), *Báo cáo quản lý môi trường tại các khu công nghiệp tỉnh Sóc Trăng năm 2014*, Ban quản lý các KCN, Sóc Trăng.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo môi trường Quốc gia 2015*, Hà Nội.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2017), Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT quy định về đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông, hồ, chủ biên, Hà Nội.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019), *Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia 2018: Chuyên đề Môi trường các Lưu vực sông*, Hà Nội.
7. Huỳnh Chức (2012), *Luận án Tiến sĩ: "Nghiên cứu cơ sở khoa học đánh giá và quản lý chất lượng nước các điểm nguồn cấp nước sinh hoạt trên sông Sài Gòn thuộc hệ thống sông Đồng Nai"*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
8. Huỳnh Chức; Tăng Đức Thắng (2004), *Một số kết quả bước đầu nghiên cứu sự lan truyền nước thải TP. Hồ Chí Minh đến các nhà máy nước trên sông Đồng Nai*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
9. Cục Thống kê Hậu Giang (2016), *Niên giám thống kê Hậu Giang*, chủ biên, Hậu Giang.
10. Cục Thống kê Kiên Giang (2016), *Niên giám thống kê Kiên Giang*, chủ biên, Kiên Giang.

11. Cục Thống kê Bạc Liêu (2016), Niên giám thống kê Bạc Liêu, chủ biên, Bạc Liêu.
12. Cục thống kê Cà Mau (2016), Niên giám thống kê Cà Mau, chủ biên, Cà Mau.
13. Cục Quản lý Tài nguyên nước (2018), *Điều tra tình hình khai thác, sử dụng tài nguyên nước, xả nước thải vào nguồn nước vùng vùng Bán đảo Cà Mau*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
14. Cục Quản lý Tài nguyên nước; (2013), *Cạn kiệt tài nguyên nước đe dọa nguồn sống toàn cầu*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
15. Cục Thống kê Cần Thơ (2016), Niên giám thống kê Cần Thơ, chủ biên, Cần Thơ.
16. Cục Thống kê Sóc Trăng (2016), Niên giám thống kê Sóc Trăng, chủ biên, Sóc Trăng.
17. Phạm Đình Đôn (2014), "Ô nhiễm môi trường trong nuôi trồng và chế biến thủy sản ở đồng bằng sông Cửu Long", *Tạp chí Môi trường*. 6.
18. Đại học Khoa học Tự nhiên TP.HCM (2011), *Nghiên cứu quá trình tương tác biển - Lục địa và ảnh hưởng của chúng đến các hệ sinh thái ven bờ Đông và bờ Tây Nam Bộ*, Hồ Chí Minh.
19. Nguyễn Thanh Giao; Nguyễn Hồng Thảo Ly; Phùng Thị Hằng (2022), "Ảnh hưởng theo mùa và thủy triều lên chất lượng nước mặt sông Hậu thuộc tỉnh Hậu Giang", *Tạp chí Khoa học Đại học Hạ Long*. 03(2022).
20. Trần Đức Hạ (2016), *Bảo vệ và Quản lý Tài nguyên nước*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
21. Đào Xuân Học (2005), *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng, dự báo diễn biến tài nguyên và môi trường nước phục vụ phát triển bền vững lưu vực sông Vàm Cỏ*, Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
22. Hội Quy hoạch phát triển Đô thị Việt Nam (2011), *10 dòng sông cạn kiệt nước và ô nhiễm nhất trên thế giới*, Hà Nội.
23. Nguyễn Văn Hồng (2017), *Nghiên cứu ảnh hưởng của nước mưa chảy tràn đến chất lượng nước mặt sông Sài Gòn.*, Môi trường, Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia).

24. Doãn Văn Huế (2022), *Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ nhằm hoàn thiện hạ tầng kỹ thuật góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất tôm lúa vùng ven biển Tây đồng bằng sông Cửu Long* (ĐTĐL.CN-20/18), Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, TP. Hồ Chí Minh.
25. Nguyễn Đình Hùng (2013), *Đánh giá sức tải môi trường sông Tiền và sông Hậu phục vụ quy hoạch nuôi cá tra bền vững trên sông Tiền, sông Hậu*, Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản 2, Hồ Chí Minh.
26. Nguyễn Quang Kim (2010), *Nghiên cứu giải pháp khai thác và sử dụng hợp lý nguồn nước tương thích các kịch bản phát triển công trình ở thượng lưu để phòng chống hạn và xâm nhập mặn ở Đồng bằng Sông Cửu Long*, Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
27. Nguyễn Quang Kim; Tăng Đức Thắng; Phạm Đức Nghĩa (2005), *Báo cáo đề tài nhánh: “Động thái các nguồn nước sông Vàm Cỏ và các vùng lân cận”, Đề tài cấp NN “Nghiên cứu diễn biến tài nguyên nước và môi trường phục vụ phát triển bền vững lưu vực sông Vàm Cỏ*, Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
28. Nguyễn Văn Lâm (2010), *Đánh giá suy thoái môi trường trong quá trình chuyển đổi đất nông lâm sang NTTS ở các huyện ven biển ĐBSCL và đề xuất các giải pháp sử dụng bền vững tài nguyên đất*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
29. Nguyễn Văn Lâm; Phạm Đức Nghĩa (2008), *Bài toán xuất xứ khối nước ứng dụng trong tính toán lan truyền ô nhiễm vùng NTTS và đề xuất quy trình vận hành hợp lý hệ thống công trình thủy lợi nhằm giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước trong hệ thống*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
30. Trịnh Thị Long (2005), *Nghiên cứu giải pháp tổng thể bảo đảm phát triển bền vững các trang trại nuôi tôm nước lợ ở ĐBSCL*, Viện Khoa học Thủy Lợi miền Nam, TP. Hồ Chí Minh.
31. Nguyễn Ân Niên (1997), *Về một bài toán định xuất xứ của khối nước (ứng dụng cho đồng bằng sông Cửu Long*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hồ Chí Minh.

32. Nguyễn Ân Niên; Tăng Đức Thắng; Nguyễn Đình Vượng; Nguyễn Đức Phong (2008), *Một số vấn đề kỹ thuật khi thiết kế các hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản ven biển*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
33. Nguyễn Ân Niên; Tăng Đức Thắng (2002), *Thủy lợi phục vụ cho công cuộc phát triển nuôi trồng thủy sản trên vùng chuyển đổi ở các tỉnh phía nam- Các cách tiếp cận phát triển bền vững*, Tuyển tập Báo cáo khoa học Hội thảo Quốc gia, Hồ Chí Minh.
34. Nguyễn Ân Niên; Tăng Đức Thắng (2003), *Thành phần nguồn nước, tuổi của nó và cách tính các chất có nồng độ biến đổi từ thành phần nguồn nước*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
35. Nguyễn Ân Niên; Tăng Đức Thắng (2003), *Tính toán các thành phần nguồn nước – một công cụ mới đa năng phục vụ quản lý tổng hợp nguồn nước và môi trường*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
36. Nguyễn Ân Niên; Tăng Đức Thắng (2004), *Các phát triển mới về lý thuyết lan truyền các thành phần nguồn nước và mở rộng ứng dụng*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
37. Nguyễn Xuân Nguyên; Trần Đức Hạ (2004), *Chất lượng nước sông hồ và Bảo vệ môi trường nước*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
38. Ủy ban nhân dân tỉnh Bạc Liêu (2015), Quyết định số 1562/QĐ-UBND phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Bạc Liêu đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030, chủ biên, Bạc Liêu.
39. Thủ tướng Chính phủ (2012), Quyết định 423/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Sóc Trăng đến năm 2020, chủ biên, Hà Nội.
40. Thủ tướng Chính phủ (2013), Quyết định 1533/QĐ-TTg Phê duyệt "Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Cần Thơ đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030", chủ biên, Hà Nội.
41. Thủ tướng Chính phủ (2016), Quyết định số 105/2016/QĐ-TTg Phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Hậu Giang đến năm 2020, chủ biên, Hà Nội.

42. Thủ tướng Chính phủ (2016), Quyết định số 537/QĐ-TTg Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế – xã hội tỉnh Cà Mau đến năm 2020 và định hướng đến năm 2030, chủ biên, Hà Nội.
43. Nguyễn Phú Quỳnh (2015), *Nghiên cứu giải pháp hạ tầng kỹ thuật thủy lợi nội đồng (cấp thoát và xử lý nước) phục vụ nuôi tôm ven biển ĐBSCL*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
44. Lê Sâm (2004), *Nghiên cứu xâm nhập mặn phát triển kinh tế xã hội Đồng Bằng Sông Cửu Long*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
45. Lê Thị Siêng (2003), *Nghiên cứu diễn biến môi trường nước do hoạt động nuôi tôm ở các tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau ảnh hưởng tới môi trường và đề xuất các biện pháp khắc phục*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
46. Lê Thị Siêng (2006), *Nghiên cứu xây dựng loại hình nuôi tôm sú công nghiệp sử dụng các đối tượng sinh học để xử lý nguồn nước trong các ao nuôi và sau khi nuôi góp phần bảo vệ môi trường*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
47. Sở TN&MT Hậu Giang; (2016), *Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hậu Giang năm 2011 - 2015*, Hậu Giang.
48. Sở TN&MT Bạc Liêu (2012), *Điều tra, khảo sát đánh giá tình hình ô nhiễm môi trường do hoạt động NTTS và xây dựng các giải pháp xử lý, giảm thiểu ô nhiễm trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu*, Bạc Liêu.
49. Sở TN&MT Bạc Liêu (2013), *Xây dựng chiến lược quản lý và bảo vệ môi trường vùng biển, ven biển tỉnh Bạc Liêu đến năm 2020 và định hướng đến năm 2030*, Bạc Liêu.
50. Sở TN&MT Bạc Liêu (2016), *Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Bạc Liêu năm 2011 - 2015*, Bạc Liêu.
51. Sở TNMT Bạc Liêu (2012), *Điều tra, đánh giá hiện trạng và phân vùng xả nước thải vào các nguồn tiếp nhận trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu*, Bạc Liêu.
52. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Cà Mau (2010), *Điều tra thống kê các nguồn thải và đánh giá sức chịu tải của môi trường tỉnh Cà Mau*, Cà Mau.



53. Sở TN&MT Cà Mau (2016), *Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Cà Mau năm 2011 - 2015*.
54. Sở TN&MT Cà Mau (2016), *Điều tra, khảo sát đánh giá hiện trạng ô nhiễm môi trường nuôi trồng thủy sản và đề xuất biện pháp xử lý*, Cà Mau.
55. Sở TNMT Cà Mau (2016), *Điều tra, đánh giá và đề xuất quản lý tác nhân gây ô nhiễm môi trường nước vùng ven biển trên địa bàn tỉnh Cà Mau*, Cà Mau.
56. Sở TNMT Cà Mau (2016), *Điều tra, khảo sát đánh giá hiện trạng ô nhiễm môi trường nuôi trồng thủy sản và đề xuất biện pháp xử lý*, Cà Mau.
57. Sở TNMT Cần Thơ (2014), *Báo cáo tổng hợp kết quả dự án xây dựng kế hoạch đa dạng sinh học thành phố Cần Thơ giai đoạn 2011-2015 và định hướng đến 2020*, Cần Thơ.
58. Sở TN&MT Cần Thơ; (2016), *Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Cần Thơ năm 2011 - 2015*.
59. Sở TN&MT Sóc Trăng (2016), *Chương trình quản lý ô nhiễm công nghiệp tỉnh Sóc Trăng giai đoạn 2012- 2015, định hướng đến năm 2020*, Sóc Trăng.
60. Sở Tài nguyên và Môi trường Sóc Trăng; (2016), *Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Sóc Trăng năm 2011 - 2015*, Sóc Trăng.
61. Phạm Văn Song (2009), *Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc tách rời kênh cấp nước, thoát nước trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
62. Phạm Văn Song (2014), "Nghiên cứu lan truyền bệnh thủy sản trong hệ thống nuôi có kênh cấp nước và kênh thoát nước kết hợp – Đề xuất một số mô hình thích ứng", *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*. 46, tr. 49-55.
63. Tăng Đức Thắng (2002), *Luận án Tiến sĩ: "Nghiên cứu hệ thống thủy lợi chịu nhiều nguồn nước tác động – Ví dụ ứng dụng cho Đồng bằng Sông Cửu Long và Đông Nam Bộ"*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
64. Tăng Đức Thắng (2005), *Một phương pháp nghiên cứu nước lưu cữu trong các hệ thống sông kênh*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.

65. Tăng Đức Thắng (2005), *Ứng dụng bài toán lan truyền khối nước lưu cữu nâng cao chất lượng thiết kế và vận hành hiệu quả các hệ thống sông kênh và hệ thống thủy lợi*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
66. Tăng Đức Thắng (2012), *Nghiên cứu các giải pháp thủy lợi nhằm khai thác bền vững vùng BDCM*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam.
67. Tăng Đức Thắng (2015), *Nghiên cứu các biện pháp khoa học công nghệ đánh giá và quản lý nguồn nước, giảm thiểu ô nhiễm trong các hệ thống thủy lợi ĐBSCL*, Viện khoa học Thủy lợi Miền Nam.
68. Tăng Đức Thắng (2018), *Nghiên cứu bổ sung Hệ thống Thủy lợi Cái Lớn Cái Bé*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
69. Tăng Đức Thắng (2018), *Nghiên cứu dự báo và giải pháp giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng Bán đảo Cà Mau*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
70. Tăng Đức Thắng (2020), *Nghiên cứu diễn biến nguồn nước, chất lượng nước và đề xuất các giải pháp khai thác thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả và hạn chế rủi ro thiên tai (hạn mặn) vùng nuôi thủy sản, trồng trọt ven biển Đồng bằng sông Cửu Long*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
71. Tăng Đức Thắng (2021), *Nghiên cứu diễn biến nguồn nước, chất lượng nước và đề xuất các giải pháp khai thác thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả và hạn chế rủi ro thiên tai (hạn mặn) vùng nuôi thủy sản, trồng trọt ven biển Đồng bằng sông Cửu Long*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Tp. Hồ Chí Minh.
72. Lê Hữu Thuận (2015), *Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định nguyên nhân, đề xuất giải pháp ứng phó với xâm nhập mặn trong điều kiện Biến đổi khí hậu ở vùng đồng bằng sông Cửu Long*, Cục quản lý Tài nguyên nước (Bộ Tài nguyên và Môi trường), Hà Nội.
73. Tô Quang Toàn; Tăng Đức Thắng (2016), "Phân tích ảnh hưởng của các hồ đập thượng lưu đến thay đổi thủy văn dòng chảy mùa khô về châu thổ Mê Công", *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*. 52, tr. 37-43.

74. Trung tâm đánh giá điều tra Tài nguyên Đất (2012), *Báo cáo Đánh giá tài nguyên đất nông nghiệp sau chuyển đổi sang NTTS vùng Bán đảo Cà Mau*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
75. Đoàn Doãn Tuấn; Trần Việt Dũng (2020), "Giải pháp thúc đẩy liên kết sản xuất, tiêu thụ sản phẩm vùng chuyển đổi sản xuất lúa-tôm ven biển Tây, Đồng bằng sông Cửu Long", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*. 59.
76. Đoàn Doãn Tuấn; Trần Việt Dũng; Võ Thị Kim Dung (2022), "Xây dựng tổ chức liên kết sản xuất, tiêu thụ sản phẩm tôm sinh thái-lúa theo hướng hữu cơ tại tỉnh Kiên Giang, đồng bằng sông Cửu Long", *Tạp chí Tài nguyên nước*. 4/2022.
77. Đoàn Doãn Tuấn (2021), *Nghiên cứu xây dựng mô hình tổ chức sản xuất và tiêu thụ sản phẩm tôm - lúa vùng ven biển Tây đồng bằng sông Cửu Long*, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam,, Hà Nội.
78. Lê Anh Tuấn (2007), *Nước cho nuôi trồng thủy sản trong chiến lược quy hoạch thủy lợi đa mục tiêu ở Đồng bằng sông Cửu long*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội.
79. UBND tỉnh Bạc Liêu (2012), *Điều tra, đánh giá hiện trạng và đề xuất các giải pháp kiểm soát ô nhiễm môi trường do sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, thuốc thú y và hóa chất trong nuôi trồng thủy sản trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu*, Bạc Liêu.
80. Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Dương (2014), Quyết định số 88/QĐ-UBND ban hành hướng dẫn thu thập, tính toán chỉ thị môi trường trên địa bàn tỉnh Bình Dương giai đoạn 2013 – 2020, chủ biên, Bình Dương.
81. Viện Kỹ thuật Biển (2015), *Quy hoạch Tài nguyên nước tỉnh Sóc Trăng*, Tp. Hồ Chí Minh.
82. Viện Kỹ Thuật Biển (2016), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường của Dự án Hệ thống thủy lợi Cái Lớn - Cái Bé (giai đoạn I)*, Thành phố Hồ Chí Minh.
83. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2016), *Lập quy trình vận hành hệ thống thuộc dự án đầu tư xây dựng hệ thống thủy lợi tiểu vùng II, III, V Cà Mau*, Hồ Chí Minh.
84. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2021), *Lập quy trình vận hành và bảo dưỡng hệ thống thủy lợi An Biên – An Minh, tỉnh Kiên Giang*, Hồ Chí Minh.

85. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2021), *Quy trình vận hành hệ thống thủy lợi An Minh - An Biên*, Tp. Hồ Chí Minh.
86. Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam (2007), *Quy hoạch tài nguyên nước Bán đảo Cà Mau*, Hồ Chí Minh.
87. Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2016), *Quy hoạch hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản và phát triển bền vững vùng ven biển ĐBSCL*, Hồ Chí Minh.
88. Viện Tài nguyên và Môi trường (2005), *Điều tra thống kê và lập danh sách các nguồn thải gây ô nhiễm đối với lưu vực hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai*, Hồ Chí Minh.
89. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam và Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam (2021), *Quy trình vận hành hệ thống thủy lợi Cái Lớn - Cái Bé*, Tp. Hồ Chí Minh.
90. Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam (2018), *Báo cáo tính toán thủy lực, chất lượng nước hệ thống thủy lợi Cái Lớn- Cái Bé*, Hồ Chí Minh.
91. Phạm Thế Vinh (2020), *Nghiên cứu đề xuất các giải pháp tổng thể cải thiện và bảo vệ môi trường nước phục vụ phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Hồ Chí Minh.
92. Nguyễn Đình Vượng (2013), *Nghiên cứu các giải pháp nâng cấp và hiện đại hóa hệ thống thủy lợi phục vụ phát triển nông thôn mới cho vùng ĐBSCL*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, Hồ Chí Minh.
93. Nguyễn Đình Vượng (2017), *Luận án Tiến sĩ: "Nghiên cứu thủy động lực môi trường vùng triều ứng dụng cho các hệ thống nuôi trồng thủy sản"*, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

## **TÀI LIỆU TIẾNG ANH**

94. Anthony A. Adegoke và các cộng sự. (2018), "Epidemiological Evidence and Health Risks Associated With Agricultural Reuse of Partially Treated and Untreated Wastewater: A Review", *Frontiers in public health*. 6, tr. 337-337.

95. Naser Almanaseer, Muna Hindiyeh và Raha Al-Assaf (2020), "Hydrological and Environmental Impact of Wastewater Treatment and Reuse on Zarqa River Basin in Jordan", *Environments*. 7, tr. 14.
96. Christopher Angiro, Patrick P'Odyek Abila và Timothy Omara (2020), "Effects of industrial effluents on the quality of water in Namanve stream, Kampala Industrial and Business Park, Uganda", *BMC Research Notes*. 13(1), tr. 220.
97. SoniaPrillyIsmi Arum, Donny Harisuseno và Soemarno Soemarno (2019), Domestic Wastewater Contribution to Water Quality of Brantas River at Dinoyo Urban Village, Malang City.
98. Siamak Baharvand và Mohammad Reza Mansouri Daneshvar (2019), "Impact assessment of treating wastewater on the physiochemical variables of environment: a case of Kermanshah wastewater treatment plant in Iran", *Environmental Systems Research*. 8(1), tr. 18.
99. Zeinab Bedri và các cộng sự. (2014), "An integrated catchment-coastal modelling system for real-time water quality forecasts", *Environ. Model. Softw*. 61, tr. 458-476.
100. Dalel belhaj ayadi và các cộng sự. (2016), "Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity", *Environmental science and pollution research international*. 23.
101. F. Chiang, Sun, C., & Yu, J. (2004), "Technical efficiency analysis of milkfish production in Taiwan-an application of the stochastic frontier production function.", *Aquaculture*. 230.
102. HG. Choi, Han, KY (2014), "Development and applicability assessment of 1-D water quality model in nakdong river", *KSCE Journal of Civil Engineering volume*. 18, tr. 2234–2243.
103. B. S. Choudri và Yassine Charabi (2019), "Health Effects Associated with Wastewater Treatment, Reuse and Disposal", *Water environment research : a research publication of the Water Environment Federation*.

104. T.D. Dong (2000), *VRSAP model and its applications*. In: R.W. Al-soufi (Ed.). *Proceedings of the Workshop on Hydrologic and Environmental Modelling in the Mekong Basin.*, Phnom Penh.
105. Taiwo Durotoye và các cộng sự. (2018), "Impact assessment of wastewater discharge from a textile industry in Lagos, Nigeria", *Cogent Engineering*. 5.
106. Shivani Garg và các cộng sự. (2022), "Impact of Industrial Wastewater on Environment and Human Health", trong Swapnila Roy và các cộng sự., chủ biên, *Advanced Industrial Wastewater Treatment and Reclamation of Water: Comparative Study of Water Pollution Index during Pre-industrial, Industrial Period and Prospect of Wastewater Treatment for Water Resource Conservation*, Springer International Publishing, Cham, tr. 197-209.
107. J.W. Gowing, Tuong, T.P. and Hoanh, C.T. (2006), "Land and Water Management in Coastal Zones: Dealing with Agriculture– Aquaculture–Fishery Conflicts.", *Environmental Science*.
108. Kathryn Hassell và các cộng sự. (2016), "Assessment of impacts from a wastewater discharge in a wholeof- catchment context", *Water e-Journal*, tr. 1-8.
109. N.D. Phong C.T. Hoanh, J.W. Gowing, T.P. Tuong, N.X. Hien and N.D. Dat, (2005), *Predicting Impacts of Water Management in Coastal Zones by Hydraulic and Salinity Modeling*.
110. C.T Hoanh, Tuong, T.P, Kam, S.P., Phong, N.D., Ngoc, N.V., and Lehmann, E. (2001), "Using GIS-linked hydraulic model for managing water quality conflict for shrimp and rice production in the Mekong River Delta, Vietnam", *Proceedings of MODSIM 2001*, tr. 221-226.
111. Hoang Quang Huy (2011), *Salinity Intrusion and Water Environment in Coastal Irrigation Scheme in the Mekong Delta, Vietnam – Case Study of Ba Lai Project (PhD Thesis)*, Environment, Tokyo University of Agricultural and Engineering, Tokyo.

112. Eunice Iloms và các cộng sự. (2020), "Investigating Industrial Effluent Impact on Municipal Wastewater Treatment Plant in Vaal, South Africa", *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(3), tr. 1096.
113. International Commission for the Protection (2015), *The Danube Water Quality Model and Its Application in the Danube River Basin*. In: Liska I. (eds) *The Danube River Basin. The Handbook of Environmental Chemistry*, The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 39, Springer, Berlin, Heidelberg.
114. K. M. Jahan, R. Khatun và M. Z. Islam (2020), "Effects of wastewater irrigation on soil physico-chemical properties, growth and yield of tomato", *Progressive Agriculture*. 30, tr. 352-359.
115. Masscheleyn P. Jaworska J.S., Mcavoy D.C. (2001), "Application of the QUAL2E Water Quality Model for Untreated Discharge Risk Assessment in Central and Eastern Europe", *Springer*. 4.
116. Olowe Kayode và Muthukrishnavellaisamy Kumarasamy (2018), "Assessment of some existing water quality models", *Nature Environment and Pollution Technology*. 17, tr. 939-948.
117. Timothy C.G. Fisher. Nguyen T. Kiet (2014), "Efficiency Analysis and the Effect of Pollution on Shrimp Farms in the Mekong River Delta.", *Aquaculture Economics & Management*. 18(4), tr. 325–343.
118. Z. K. Rubin and J. T. Minear G. M. Kondolf (2014), "Dams on the Mekong: Mekong: Cumulative sediment starvation.", *Water Resources Research*. 50(6).
119. Tucker P Liu S, Mansell M, Hursthouse A. (2003), "Application of a water quality model in the White Cart water catchment, Glasgow, UK.", *Environ Geochem Health*. 25(1), tr. 57-62.
120. Mekong River Commission (2005), *Overview of the Hydrology of the Mekong Basin*.
121. Mekong River Commission (2008), *An assessment of water quality in the Lower Mekong Basin*.
122. Mekong River Commission (2011), *IWRM-based Basin Development Strategy for the Lower Mekong Basin*.



123. Mekong River Commission (2017), *Study on the sustainable management and development of the Mekong River, including impacts of hydropower projects*.
124. Muhammad Ilyas và các cộng sự. (2019), "Environmental and health impacts of industrial wastewater effluents in Pakistan: a review", *Reviews on Environmental Health*. 34(2), tr. 171-186.
125. Michał Preisner (2020), "Surface Water Pollution by Untreated Municipal Wastewater Discharge Due to a Sewer Failure", *Environmental Processes*. 7(3), tr. 767-780.
126. Environmental Hydrology Division National Institute of Hydrology; USA. Roorkee, Dept. of Biological and Agricultural Engineering & Dept. of Civil and Environmental Engineering Texas A & M University College Station (2008), *Analytical water quality model for biochemical oxygen demand simulation in River Gomti of Ganga Basin, India.*, Korean Society of Civil Engineers.
127. Dongguo Shao và các cộng sự. (2016), "A Water Quality Model with Three Dimensional Variational Data Assimilation for Contaminant Transport.", *Water Resources Management*. 30(13), tr. 4501-4512.
128. Steven Chapra (2008), *Surface water quality modelling*, Mac.GrawHill.
129. I. C. TERI University (2008), *DO-BOD modeling of River Yamuna for national capital territory, India using STREAM II, a 2D water quality model.*, Netherlands.
130. N. Tho, Vromant, N., & Hung, N.T., (2008), "Soil salinity and sodicity in a shrimp farming coastal area of the Mekong Delta, Vietnam.", *Environmental Earth Sciences*. 54(8), tr. 1739-1746.
131. Nguyen Thi Mai Linh Doan Quang Tri, Tran Hong Thai, Jaya Kandasamy, (2019), "Application of 1D–2D coupled modeling in water quality assessment: A case study in Ca Mau Peninsula, Vietnam". 113, tr. 83-99.
132. UN-Water (2020), *World Water Development Report 2019*.
133. Bauwens W Vandenberghe V., and Vanrolleghem P.A. (2007), "Evaluation of uncertainty propagation into river water quality predictions to guide future

- monitoring campaigns.", *Environmental Modelling & Software*. 22(5), tr. 725-732.
134. V. Vandenberghe, van Griensven, A., and Bauwens, W. (2001), "Sensitivity analysis and calibration of the parameters of ESWAT: Application to the river Dender.", *Water Science & Technology*. 43(7), tr. 295-300.
  135. Hector Vargas và các cộng sự. (2014), "Effects of Sewage Discharge on Trophic State and Water Quality in a Coastal Ecosystem of the Gulf of California", *TheScientificWorldJournal*. 2014, tr. 618054.
  136. Dhanya Viswanathan, Roopika Sivaraman và Siddhuraju Perumal (2019), "Effect of domestic sewage wastewater irrigation on nutritional and nutraceutical perspectives of Eleusine coracana and Zea mays (raw and processed) from selected semi-urban and rural areas of Coimbatore, Tamil Nadu", *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 26, tr. 1-22.
  137. Xu Wang và các cộng sự. (2019), "Impact hotspots of reduced nutrient discharge shift across the globe with population and dietary changes", *Nature Communications*. 10(1), tr. 2627.
  138. Hwang & Do Young, Kim & Woo, Noh & Hyun, Kwon. (2009), "A Study on Water Quality Modeling of Seonakdong River Using CE-QUAL-RIV1. Advances in Water Resources and Hydraulic Engineering", *Springer*, tr. 1–6.
  139. Hana Zouch và các cộng sự. (2018), "Effect of Acidic Industrial Effluent Release on Microbial Diversity and Trace Metal Dynamics During Resuspension of Coastal Sediment", *Frontiers in Microbiology*. 9.

## **PHỤ LỤC**

## PHỤ LỤC 1

### PHỤ LỤC 1.1: THỐNG KÊ CÁC NGUỒN THẢI THEO TỪNG TUYẾN KÊNH

*Bảng PL1. 1: Thống kê nguồn nước thải sinh hoạt theo tuyến kênh chính vùng BDCM*

| TT | Tên kênh chính            | Dân số (người) | Lưu lượng xả thải vào kênh (m <sup>3</sup> /s) |
|----|---------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| 1  | Sông Bảy Háp              | 14053          | 0,120                                          |
| 2  | Branch7460                | 7027           | 0,060                                          |
| 3  | Kênh Cái Cù               | 2911           | 0,025                                          |
| 4  | Kênh Cái Sắn              | 52241          | 0,445                                          |
| 5  | Kênh Cái Trầu – Đại Ngãi  | 10837          | 0,092                                          |
| 6  | Kênh Cà Mau – Bạc Liêu    | 34394          | 0,293                                          |
| 7  | Sông Gành Hào             | 8558           | 0,073                                          |
| 8  | Kênh Hòa Bình             | 5704           | 0,049                                          |
| 9  | Kênh Chùa Phật            | 4891           | 0,041                                          |
| 10 | Kênh 30-4                 | 9672           | 0,082                                          |
| 11 | Kênh Chắc Bàng            | 18869          | 0,161                                          |
| 12 | Kênh KH8                  | 17843          | 0,152                                          |
| 13 | Kênh Lộ Xe                | 7875           | 0,067                                          |
| 14 | Sông Mỹ Thanh             | 22134          | 0,189                                          |
| 15 | Kênh Nàng Mau             | 28613          | 0,244                                          |
| 16 | Kênh Ngàn Dừa – Bạc Liêu  | 14683          | 0,125                                          |
| 17 | Kênh Ô Môn                | 31225          | 0,266                                          |
| 18 | Kênh Phổ Sinh             | 3149           | 0,027                                          |
| 19 | Kênh Phước Long – Vĩnh Mỹ | 6100           | 0,052                                          |
| 20 | Kênh Quản Lộ - Nhu Gia    | 12840          | 0,110                                          |
| 21 | Kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp | 47734          | 0,407                                          |
| 22 | Sông Nhu Gia              | 21399          | 0,182                                          |
| 23 | Sông Ông Đốc              | 9927           | 0,084                                          |
| 24 | Sông Trẹm                 | 5956           | 0,051                                          |
| 25 | Kênh Xà No                | 44909          | 0,383                                          |
| 26 | Kênh_CM54                 | 7875           | 0,067                                          |
| 27 | Kênh Thanh Mỹ - ST2       | 11047          | 0,094                                          |
| 28 | Kênh Quản Lộ - Giá Rai    | 5709           | 0,049                                          |
| 29 | Kênh Cổ Cò – Bạc Liêu     | 9500           | 0,081                                          |
| 30 | Sông Cửa Lớn              | 4730           | 0,040                                          |
| 31 | Rạch Tiểu Dừa             | 3210           | 0,074                                          |
| 32 | Branch7446_TV16           | 932            | 0,008                                          |
| 33 | Sông Đầm Dơi              | 3544           | 0,030                                          |
| 34 | Sông Cái Bé               | 838            | 0,007                                          |
| 35 | Kênh Ông Cong             | 1367           | 0,011                                          |
| 36 | Kênh Thuận Tảo            | 585            | 0,005                                          |
| 37 | Kênh Sáu Dong             | 2075           | 0,017                                          |
| 38 | Kênh Tắc Vân              | 1071           | 0,009                                          |

| <b>TT</b> | <b>Tên kênh chính</b> | <b>Dân số (người)</b> | <b>Lưu lượng xả thải vào kênh (m<sup>3</sup>/s)</b> |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| 39        | Kênh Hoc Răng         | 2231                  | 0,019                                               |
| 40        | Kênh Khúc Tréo        | 946                   | 0,008                                               |
| 41        | Branch7830_DH_BL      | 1108                  | 0,009                                               |
| 42        | Kênh Trần Văn Thời    | 2976                  | 0,025                                               |
| 43        | Kênh Lâm Trường CM2   | 2159                  | 0,019                                               |
| 44        | Kênh CM10             | 1549                  | 0,013                                               |
| 45        | Kênh Biện Nhị         | 1128                  | 0,010                                               |
| 46        | Kênh Tám Thước 3      | 700                   | 0,006                                               |
| 47        | Kênh U Minh2          | 896                   | 0,008                                               |
| 48        | Kênh KT1_1            | 3695                  | 0,032                                               |
| 49        | Kênh U Minh           | 1651                  | 0,014                                               |
| 50        | Kênh Chống Mỹ         | 5422                  | 0,046                                               |
| 51        | Kênh KH1              | 8355                  | 0,071                                               |
| 52        | Kênh Xẻo Càn 1        | 1080                  | 0,009                                               |
| 53        | Kênh Xẻo Càn 2        | 1105                  | 0,009                                               |
| 54        | Kênh Thốt Nốt 1       | 2989                  | 0,026                                               |
| 55        | Kênh Thốt Nốt 1       | 10559                 | 0,090                                               |
| 56        | Kênh Sáu Thước KG     | 1391                  | 0,012                                               |
| 57        | Kênh KH5              | 851                   | 0,007                                               |
| 58        | Kênh KH5_CT6          | 1493                  | 0,013                                               |
| 59        | Kênh Thị Đội 2        | 975                   | 0,008                                               |
| 60        | Kênh CS_KS1           | 1158                  | 0,010                                               |
| 61        | Kênh So Hai           | 1028                  | 0,009                                               |
| 62        | Kênh Thơm Rơm         | 3338                  | 0,028                                               |
| 63        | Kênh Thị Đội 1        | 1175                  | 0,010                                               |
| 64        | Kênh CT4              | 3054                  | 0,026                                               |
| 65        | Kênh Xáng NM2         | 985                   | 0,008                                               |
| 66        | Kênh antenoy_1        | 1894                  | 0,016                                               |
| 67        | Kênh Santenoy_2       | 1041                  | 0,009                                               |
| 68        | Kênh Santenoy_3       | 1384                  | 0,012                                               |
| 69        | Kênh LHQL1            | 2559                  | 0,022                                               |
| 70        | Kênh Sa Keo           | 1518                  | 0,013                                               |
| 71        | Kênh Châu Hưng 1      | 1509                  | 0,013                                               |
| 72        | Kênh Br7098_NN_ST     | 300                   | 0,003                                               |
| 73        | Kênh Thời Chiến NR    | 575                   | 0,005                                               |
| 74        | Kênh Nàng Rền         | 1794                  | 0,015                                               |
| 75        | Kênh Xáng Cấp 2       | 1436                  | 0,012                                               |
| 76        | Kênh Dai Tri_ST       | 1114                  | 0,009                                               |
| 77        | Kênh Trà Niên         | 3582                  | 0,031                                               |
| 78        | Rạch Tổng Cánh 1      | 1122                  | 0,010                                               |
| 79        | Rạch Tổng Cánh 1      | 683                   | 0,006                                               |
| 80        | Kênh Tiếp Nhật 1      | 2824                  | 0,024                                               |
| 81        | Kênh Tiếp Nhật 2      | 2369                  | 0,020                                               |

| TT  | Tên kênh chính        | Dân số (người) | Lưu lượng xả thải vào kênh (m <sup>3</sup> /s) |
|-----|-----------------------|----------------|------------------------------------------------|
| 82  | Kênh Cái Xe           | 2238           | 0,019                                          |
| 83  | Kênh An Mỹ ST         | 1776           | 0,015                                          |
| 84  | Kênh Cây Vòng ST      | 3104           | 0,026                                          |
| 85  | Kênh MH BaRinh4       | 1734           | 0,015                                          |
| 86  | Kênh MH BaRinh2       | 795            | 0,007                                          |
| 87  | Kênh MH BaRinh8       | 983            | 0,008                                          |
| 88  | Kênh Cái Tràm         | 1989           | 0,017                                          |
| 89  | Kênh Giữa LH          | 2038           | 0,017                                          |
| 90  | Kênh Nối CLLH1        | 1106           | 0,009                                          |
| 91  | Sông Bình Thủy        | 4910           | 0,013                                          |
| 92  | Kênh KH9              | 3375           | 0,029                                          |
| 93  | Kênh Giữa KH7         | 2099           | 0,018                                          |
| 94  | Kênh Tho Mai          | 2778           | 0,023                                          |
| 95  | Kênh Cái Đôi Vàm      | 2050           | 0,017                                          |
| 96  | Branch7427_Lo9_TV15   | 1305           | 0,011                                          |
| 97  | Kênh Đồng Cùg         | 4076           | 0,035                                          |
| 98  | Kênh Hộ Phòng         | 3116           | 0,027                                          |
| 99  | Kênh Phong Thạnh Tây1 | 1328           | 0,011                                          |
| 100 | Kênh Phong Thạnh Tây2 | 610            | 0,005                                          |
| 101 | Kênh Phó Sinh 2       | 1848           | 0,016                                          |
| 102 | Rạch Kim Quy          | 569            | 0,005                                          |
| 103 | Rạch Xẻo Quao 1       | 1149           | 0,010                                          |
| 104 | Rạch Xẻo Quao 2       | 500            | 0,004                                          |
| 105 | Kênh Huyện Kê 3       | 1478           | 0,013                                          |
| 106 | Kênh Láng Trâm 1      | 2391           | 0,020                                          |
| 107 | Kênh Láng Trâm 3      | 500            | 0,004                                          |
| 108 | Kênh Huyện Sủ 1       | 954            | 0,008                                          |
| 109 | Kênh Huyện Sủ 2       | 425            | 0,004                                          |
| 110 | Kênh Huyện Sủ 3       | 3115           | 0,027                                          |
| 111 | Kênh No_1             | 3843           | 0,033                                          |
| 112 | Rạch Vộp              | 1404           | 0,012                                          |
| 113 | Kênh Ngọn Cỏ Lớn      | 2886           | 0,025                                          |
| 114 | Kênh Lái Hiếu         | 5845           | 0,050                                          |
| 115 | Kênh Vĩnh Lộc 1       | 2009           | 0,017                                          |
| 116 | Kênh Cộng Hòa         | 2477           | 0,021                                          |
| 117 | Kênh Phó Sinh 1       | 1119           | 0,009                                          |
| 118 | Kênh KH6              | 5556           | 0,047                                          |
| 119 | Rạch Xẻo Chít         | 10969          | 0,093                                          |
| 120 | Kênh Cái Côn          | 1817           | 0,015                                          |
| 121 | Kênh Thốt Nốt         | 8144           | 0,069                                          |
| 122 | Sông Cái Lớn          | 8287           | 0,070                                          |
| 123 | Sông Cái Trầu         | 2839           | 0,024                                          |
| 124 | Sông Hậu              | 17900          | 0,246                                          |

| <b>TT</b> | <b>Tên kênh chính</b> | <b>Dân số (người)</b> | <b>Lưu lượng xả thải vào kênh (m<sup>3</sup>/s)</b> |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| 125       | Sông Cần Thơ          | 642                   | 0,088                                               |
| 127       | Kênh Phụng Hiệp 2     | 5313                  | 0,045                                               |
| 128       | Kênh Giữa NMCT2       | 2823                  | 0,024                                               |
| 129       | Kênh Núi Nàng Mau 8   | 1002                  | 0,009                                               |
| 130       | Kênh Trà Cú Cần       | 1097                  | 0,009                                               |
| 131       | Kênh Cái Oanh         | 2612                  | 0,022                                               |
| 132       | Kênh Tổng Cần         | 4436                  | 0,038                                               |
| 133       | Kênh CH               | 3270                  | 0,028                                               |
| 134       | Kênh Minh Hạ          | 2345                  | 0,020                                               |
| 135       | Kênh Nhánh Lái Hiếu   | 2730                  | 0,023                                               |



Bảng PL1. 2: Thống kê các nguồn nước thải công nghiệp vùng BDCM

| TT | Nguồn xả nước thải công nghiệp     | Địa chỉ                               | Tọa độ   |            | Q thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày<br>đêm) | Phân loại            |
|----|------------------------------------|---------------------------------------|----------|------------|-----------------------------------------|----------------------|
|    |                                    |                                       | X        | Y          |                                         |                      |
| 1  | Công ty Duyên Hải - Bạc Liêu       | Hiệp Thành - TP. Bạc Liêu             | 588044,7 | 1022732,2  | -                                       | Nuôi trồng thủy sản  |
| 2  | Công ty CBTS Minh Hiếu             | ấp 3 - Tân Phong - Gia Rai - Bạc Liêu | 550530,1 | 1021331,0  | 396                                     | Chế biến thủy sản    |
| 3  | Khu chế biến thủy sản              | P.5 - TP. Bạc Liêu                    | 9.272321 | 105.723242 | -                                       | Chế biến thực phẩm   |
| 4  | Công ty chế biến thức ăn           | P.3 -TP. Bạc Liêu                     | 575482,5 | 1027645,8  | -                                       | Chế biến thực phẩm   |
| 5  | Công ty chế biến lương thực        | P.7- TP. Bạc Liêu                     | 576969,3 | 1027576,5  | -                                       | Chế biến thủy sản    |
| 6  | Công ty chế biến TS Vĩnh Lợi       | TT Hòa Bình                           | 570728,2 | 1026320,2  | 738                                     | Chế biến thủy sản    |
| 7  | NM chế biến thủy sản               | Hòa Bình - Vĩnh Lợi - Bạc Liêu        | 568192,5 | 1025774,1  | -                                       | Chế biến thủy sản    |
| 8  | Công ty chế biến TS Giá Rai Girime | Hộ Phòng - Giá Rai - Bạc Liêu         | 584718,7 | 1028332,9  | 690                                     | Chế biến thủy sản    |
| 9  | Công ty chế biến TS NIGICO         | Hộ Phòng - Giá Rai - Bạc Liêu         | 538304,4 | 1017321,5  | 900                                     | Chế biến thủy sản    |
| 10 | Công ty NIGICO                     | Hộ Phòng - Giá Rai - Bạc Liêu         | 548285,0 | 1020563,6  | 972                                     | Chế biến thủy sản    |
| 11 | Công ty CBTS &XNK Quốc Việt        | 444 Lý Thường Kiệt, P4 , Tp Cà Mau    | 522468,0 | 1013616,0  | 1.000                                   | Chế biến thủy sản    |
| 12 | Công ty CP Thủy sản Minh Hải       | P4. TP. Cà Mau                        | 516782,7 | 1013513,3  | -                                       | Chế biến thủy sản    |
| 13 | Công ty CP CB TS Cadovimex         | Cái Đôi Vàm - Phú Tân - Cà Mau        | 479268,2 | 979222,2   | 621                                     | Chế biến thủy sản    |
| 14 | Nhà máy chế biến TS Đầm Dơi        | TT Đầm Dơi - Cà Mau                   | 521773,7 | 994857,1   | 300                                     | Chế biến thủy sản    |
| 15 | NM khí điện đạm Cà Mau             | Khánh An - U Minh - Cà Mau            | 507748,5 | 1021289,7  | 86.400                                  | Nhà máy khí điện đạm |
| 16 | BQLDA cụm khí điện đạm Cà Mau      | Lô D - KCN, Ngô Quyền, P1, Tp Cà Mau  | 514123,9 | 1017224,8  | 805                                     | Sinh hoạt            |
| 17 | Công ty CP XNK nông sản thực phẩm  | 696 Lý Thường Kiệt, P6, TP Cà Mau     | 522095,5 | 1013773,2  | 700                                     | Chế biến thực phẩm   |
| 18 | Công ty CP thủy sản Minh Phú       | KCN P8, Lý Văn Lâm, TP Cà Mau         | 517124,3 | 1012191,4  | 1.800                                   | Chế biến thủy sản    |

| TT | Nguồn xả nước thải công nghiệp      | Địa chỉ                                      | Tọa độ   |           | Q thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày<br>đêm) | Phân loại          |
|----|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------|-----------|-----------------------------------------|--------------------|
|    |                                     |                                              | X        | Y         |                                         |                    |
| 19 | Công ty TNHH Huỳnh Hồng             | ấp Nhị Tường, Hưng Mỹ, Cái Nóc, Cà Mau       | 517835,5 | 1014095,7 | 450                                     | Chế biến thủy sản  |
| 20 | Công ty TP thủy sản XNK Cà Mau (FF  | Năm Đăm, Lương Thế Trân, Cái Nóc, Cà Mau     | 523964,3 | 1020776,0 | 365                                     | Chế biến thủy sản  |
| 21 | Công ty CP CBTS XK Tắc Vân          | ấp Cây Trâm, Định Bình, Cà Mau               | 529790,4 | 1013632,8 | 480                                     | Chế biến thủy sản  |
| 22 | Sân bay Cà Mau                      | TP Cà Mau                                    | 519357,1 | 1014176,8 | -                                       | Sinh hoạt          |
| 23 | Công ty CP CB & dịch vụ TS Cà Mau   | 4 - Nguyễn Công Trứ, P8 - TP Cà Mau          | 516903,8 | 1013046,7 | 770                                     | Chế biến thủy sản  |
| 24 | Công ty TNHH MTV CBTS & XNK Ngô     | 44 - Lý Thường Kiệt, P6, TP Cà Mau           | 517284,9 | 1014045,9 | 800                                     | Chế biến thực phẩm |
| 25 | Xí nghiệp đường Cà Mau              | ấp 1, xã Trí Phải, Thới Bình, Cà Mau         | 517206,2 | 1039335,9 | 4.700                                   | Xí nghiệp đường    |
| 26 | Công ty CP XNK Thanh Đoàn           | P8, TP Cà Mau                                | 516387,6 | 1014968,7 | 240                                     | Chế biến thủy sản  |
| 27 | Công ty CP Thủy sản Cà Mau          | Cao Thắng, P8, Cà Mau                        | 516985,1 | 1013238,1 | 625                                     | Chế biến thủy sản  |
| 28 | BV ĐK Hoàn Mỹ Minh Hải              | Số 9, Lạc Long Quân, P7, TP Cà Mau           | 516362,0 | 1013821,4 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 29 | Công ty CB TS Quốc Việt             | P6, TP Cà Mau                                | 522468,0 | 1013616,0 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 30 | Công ty CP chế biến TS Cà Mau       | Xã Long Thế Trân - Cái Nóc                   | 514245,6 | 1009672,9 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 31 | Công ty CP XNK Năm Căn              | TT Năm Căn - Cà Mau                          | 498807,3 | 967935,6  | 600                                     | Chế biến thủy sản  |
| 32 | Nhà máy chế biến thủy sản           | TT Ông Đốc - Trần Văn Thời                   | 484323,2 | 1000075,1 | 300                                     | Chế biến thủy sản  |
| 33 | Khu CN Hưng Phú                     | Phía nam Cần Thơ                             | 588434,9 | 1105385,9 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 34 | Công ty Dược Phamar                 | Ô Môn - Cần Thơ                              | 564446,0 | 1120533,3 | -                                       | Y tế               |
| 35 | Nhà máy chế biến rau củ quả         | Tp Cần Thơ                                   | 586371,3 | 1108869,6 | -                                       | Chế biến thực phẩm |
| 36 | Công ty TNHH cấp thoát nước Cần Thơ | 2A Nguyễn Trãi, P An Hội, Ninh Kiều, Cần Thơ | 586423,9 | 1109812,3 | 300                                     | Cấp thoát nước     |
| 37 | Công ty TNHH cấp thoát nước Cần Thơ | P Bùi Hữu Nghĩa, Q. Bình Thủy, Cần Thơ       | 583923,0 | 1112887,9 | 200                                     | Cấp thoát nước     |

| TT | Nguồn xả nước thải công nghiệp     | Địa chỉ                                          | Tọa độ   |           | Q thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày<br>đêm) | Phân loại          |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|-----------|-----------------------------------------|--------------------|
|    |                                    |                                                  | X        | Y         |                                         |                    |
| 38 | Công ty TNHH Victoria Cần Thơ      | P. Xuân Khánh. Q Ninh Kiều, Cần Thơ              | 586958,8 | 1109840,4 | 107                                     | Sinh hoạt          |
| 39 | Bệnh viện đa khoa TP Cần Thơ       | 4 - Châu Văn Liêm, P. An Lạc, Q Ninh Kiều        | 585730,0 | 1108953,3 | 370                                     | Y tế               |
| 40 | Công ty CP Bia - nước giải khát    | 586 Đường 30/4. P Hng Lợi, Cần Thơ               | 583668,7 | 1107207,5 | 170                                     | Nước giải khát     |
| 41 | Công ty CP Dược Hậu Giang          | 288 Bis Nguyễn Văn Cừ, P. An Hữu                 | 584020,4 | 1110497,5 | 605                                     | Y tế               |
| 42 | Công ty TNHH TTTM Lotte            | 84 Mậu Thân, P An Hòa, Q. Ninh Kiều, TP. Cần Thơ | 583815,4 | 1110170,9 | 230                                     | Sinh hoạt          |
| 43 | Công ty CP da Tây Đô               | 2 - Lê Hồng Phong, Bình Thủy, Cần Thơ            | 582070,7 | 1113869,9 | 280                                     | giày da            |
| 44 | Nông trường Sông Hậu               | Huyện Cờ Đỏ - Cần Thơ                            | 581820,8 | 1103939,3 | -                                       | Nụng nghiệp        |
| 45 | Công ty TNHH Thuận Hưng (CBTS)     | QL 1 A, P. Ba Láng                               | 590832,8 | 1104399,9 | 250                                     | Chế biến thủy sản  |
| 46 | Công ty TNHH Wilmar Agro V.Nam     | KCN Hưng Phú 1, Tân Phú, Q Cái Răng, Cần Thơ     | 590832,8 | 1104399,9 | 150                                     | Chế biến thực phẩm |
| 47 | Công ty CP Bệnh viện ĐK Hoàn Mỹ    | Lô 20, Võ Nguyên Giáp, P . Phú Thứ, Cần Thơ      | 588340,0 | 1105141,5 | 200                                     | Y tế               |
| 48 | Công ty CP xi măng Tây Đô          | P. Phước Thới                                    | 575518,8 | 1119279,3 | 190                                     | SX Xi măng         |
| 49 | Công ty CP thủy sản NTSF           | P Thới Thuận, Q. Thốt Nốt                        | 554698,1 | 1140332,2 | 1.900                                   | Chế biến thủy sản  |
| 50 | Công ty CP thủy sản Hải Sáng       | QL 91, KV Thới Thạnh, P. Thới Thuận Cần Thơ      | 555390,7 | 1137490,2 | 319                                     | Chế biến thủy sản  |
| 51 | Công ty CB thủy hải sản Hiệp Thanh | QL 91, KV Thới An 3, P Thới An , Cần Thơ         | 559976,8 | 1133546,6 | 2.150                                   | Chế biến thủy sản  |
| 52 | Công ty TNHH MTV Tân Đại Dương     | P. Thới Thuận                                    | 554470,8 | 1140561,8 | 4.450                                   | Chế biến thủy sản  |

| TT | Nguồn xả nước thải công nghiệp | Địa chỉ                                            | Tọa độ   |           | Q thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày<br>đêm) | Phân loại          |
|----|--------------------------------|----------------------------------------------------|----------|-----------|-----------------------------------------|--------------------|
|    |                                |                                                    | X        | Y         |                                         |                    |
| 53 | Công ty TNHH MTV XNKTS Anpha   | 33- Tập đoàn 11, ấp Vĩnh Thành, Vĩnh Trinh, Cần Th | 550675,0 | 1138558,7 | 950                                     | Chế biến thủy sản  |
| 54 | Công ty CP sữa Việt Nam        | QL 91 - KCN Trà Nóc                                | 577411,7 | 1116646,0 | 658                                     | Chế biến thực phẩm |
| 55 | Nhiệt điện Ô Môn               | TT Ô Môn, Cần Thơ                                  | 573697,8 | 1119941,7 | -                                       | Nhà máy điện       |
| 56 | Công ty Pepsico Việt Nam       | KCN Trà Nóc                                        | 576102,9 | 1118220,2 | 800                                     | Nước giải khát     |
| 57 | Công ty TNHH Kwong Lung Meko   | KCN Trà Nóc                                        | 577115,1 | 1116675,9 | 11.000                                  | May mặc            |
| 58 | Nhiệt điện Trà Nóc             | KCN Trà Nóc                                        | 578614,2 | 1116550,5 | -                                       | Nhà máy điện       |
| 59 | Cảng Trà Nóc                   | KCN Trà Nóc                                        | 577553,8 | 1117704,0 | -                                       | Khu công nghiệp    |
| 60 | Khu công nghiệp Trà Nóc        | KCN Trà Nóc                                        | 577053,7 | 1117892,7 | 10.000                                  | Khu công nghiệp    |
| 61 | Cảng Container Cần Thơ         | TP Cần Thơ                                         | 580134,6 | 1115432,0 | -                                       | Khu công nghiệp    |
| 62 | Nhà máy chế biến lương thực    | Tp Cần Thơ                                         | 578485,7 | 1116798,2 | -                                       | Chế biến thực phẩm |
| 63 | Sân Bay Cần Thơ                | 179B, Lê Hồng Phong, Q Bình Thủy, Cần Thơ          | 579635,6 | 1115588,9 | 600                                     | Sinh hoạt          |
| 64 | NM chế biến thủy sản           | Châu Thành- Hậu Giang                              | 580259,7 | 1100164,7 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 65 | Công ty CB thủy sản Việt Hải   | TX Vị Thanh - Hậu Giang                            | 580983,6 | 1095527,5 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 66 | Nhà máy đường Hậu Giang        | TX Vị Thanh - Hậu Giang                            | 545635,8 | 1078021,9 | -                                       | Sản xuất đường     |
| 67 | Công ty CB Thủy sản Phú Thành  | TX Vị Thanh - Hậu Giang                            | 593235,5 | 1101345,4 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 68 | Nhà máy đường Hậu Giang        | Vị Thủy - Hậu Giang                                | 580401,1 | 1101691,2 | -                                       | Sản xuất đường     |
| 69 | NM chế biến lương thực         | Châu Thành- Hậu Giang                              | 547495,4 | 1079066,1 | -                                       | Chế biến thực phẩm |
| 70 | Nhà máy đường Hậu Giang        | Châu Thành- Hậu Giang                              | 589792,2 | 1083315,4 | -                                       | Sản xuất đường     |
| 71 | NM CB lương thực Kiên Giang    | Rạch Giá, Kiên Giang                               | 513641,3 | 1100901,5 | -                                       | Chế biến thực phẩm |

| TT | Nguồn xả nước thải công nghiệp     | Địa chỉ                                    | Tọa độ   |           | Q thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày<br>đêm) | Phân loại          |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------|----------|-----------|-----------------------------------------|--------------------|
|    |                                    |                                            | X        | Y         |                                         |                    |
| 72 | Công ty TNHH Huy Nam               | Cảng cá Tắc Cậu - Kiên Giang               | 513752,7 | 1091347,4 | -                                       | Chế biến thực phẩm |
| 73 | Nhà máy chế biến rau củ quả        | Rạch Giá, Kiên Giang                       | 513476,2 | 1100808,7 | -                                       | Chế biến thực phẩm |
| 74 | Công ty CB thủy sản Phương Nam     | P7, Sóc Trăng                              | 604705,2 | 1064370,4 | 1.600                                   | Chế biến thủy sản  |
| 75 | Công ty TNHH CBTS Thạnh Trị        | ấp 3, TT Phú Lộc, Sóc Trăng                | 581131,5 | 1043234,0 | 500                                     | Chế biến thủy sản  |
| 76 | Công ty TNHH Ngọc Thuận Hưng       | ấp Giồng Chát, Liểu Tú, Trần Đề, Sóc Trăng | 622130,7 | 1043289,5 | 11.520                                  | Chế biến thủy sản  |
| 77 | Công ty TNHH Khánh Sùng            | 67 QL 1A Tâm Phúc, Đại Tâm, Mỹ Xuyên       | 603436,5 | 1056567,7 | 450                                     | Chế biến thủy sản  |
| 78 | Công ty CP NT & CBTS Mỏ ó          | ấp Mỏ ó, xã Trung Bình, Trần Đề, Sóc Trăng | 628948,4 | 1043588,3 | 13.383                                  | Chế biến thủy sản  |
| 79 | Công ty CP Sao Ta                  | P2, Sóc Trăng                              | 604415,5 | 1065712,9 | 19.200                                  | Chế biến thủy sản  |
| 80 | Công ty Chế biến TS Kim Anh        | P2, Sóc Trăng                              | 607107,0 | 1062016,9 | 600                                     | Chế biến thủy sản  |
| 81 | Công ty CBTS IMEXCO                | P3, Sóc Trăng                              | 605450,1 | 1062138,6 | -                                       | Chế biến thủy sản  |
| 82 | Công ty Nuôi trồng XNK TS Stapimex | P7, Sóc Trăng                              | 605152,3 | 1063750,9 | 13.149                                  | Chế biến thủy sản  |
| 83 | XN chế biến TP XK Thái Tân         | P7, Sóc Trăng                              | 609615,8 | 1062156,4 | 1.600                                   | Chế biến thủy sản  |
| 84 | Công ty chế biến TS út xi          | Tân Vạn, Mỹ Xuyên, Sóc Trăng               | 610141,5 | 1055967,2 | 2.000                                   | Chế biến thủy sản  |
| 85 | Nhà máy đường Sóc Trăng            | Long Phú, Sóc Trăng                        | 612791,0 | 1063590,4 | 1.600                                   | Sản xuất đường     |
| 86 | Công ty Phát triển hạ tầng KCN     | An Hiệp, Châu Thành, Sóc Trăng             | 604193,7 | 1065496,8 | 4.000                                   | Sinh hoạt          |

## PHỤ LỤC 1.2: TỔNG HỢP NGUỒN THẢI

*Bảng PL1. 3: Bảng tổng hợp phân loại nguồn thải vùng BĐCM*

| TT | $Q$ nước thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày.đêm) | Số<br>nguồn | Tỷ lệ<br>(%) | Nguồn xả                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nguồn tiếp nhận                                                                                                                                                                   |
|----|---------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | $\geq 1000$                                 | 38          | 26,4         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TP. Cần Thơ (KCN Trà Nóc, Công ty Chế biến Thủy sản Thốt Nốt);</li> <li>- Các công ty chế biến thủy sản thuộc tỉnh Sóc Trăng (Sao Ta, Mỏ Ó, Stapimex, Ngọc Thuận Hưng);</li> <li>- Nhà máy khí điện đạm, Nhà máy đường (Cà Mau).</li> <li>- Và các khu dân cư thuộc các thành phố/thị xã trong vùng nghiên cứu</li> </ul> | Sông Hậu, kênh Thốt Nốt;<br>Sông Mỹ Thanh; Kênh Sóc Trăng – Maspero;<br>Sông Trẹm;<br>Sông Hậu, Gành Hào, Sông Đốc, Cái Lớn, Cái Bé; Kênh Bạc Liêu - Cà Mau, Quản Lộ - Phụng Hiệp |
| 2  | $500 \leq Qnt < 1000$                       | 35          | 24,3         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bạc Liêu (Công ty chế biến thủy sản Nigico, Anpha, Girime);</li> <li>- Cà Mau (Công ty chế biến thủy sản Cà Mau, Cadovimex, Năm Căn);</li> <li>- Sóc Trăng (Công ty CBTS Kim Anh, Imexco).</li> <li>- Và các khu dân cư thuộc các thị trấn trong vùng nghiên cứu</li> </ul>                                               | Kênh Bạc Liêu - Cà Mau<br>Sông Cái Đôi Vàm,<br>Kênh Làng Cà;<br>Kênh 16m, 30/4                                                                                                    |
| 3  | $200 \leq Qnt < 500$                        | 26          | 18,1         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cà Mau (Công ty CBTS Tắc Vân, Huỳnh Hương, Đầm Dơi, Thanh Đoàn);</li> <li>- Bạc Liêu (Công ty CBTS Minh Hiếu, Thuận Hưng);</li> <li>- Cần Thơ (Bệnh viện đa khoa TP Cần Thơ, Bệnh viện Đa khoa Hoàn Mỹ Công ty CP da Tây Đô)</li> </ul>                                                                                   | Sông Đầm Dơi, Gành Hào, Kênh Bạc Liêu - Cà Mau;<br>Kênh Bạc Liêu - Cà Mau;<br>Sông Hậu, Rạch Cái Sâu                                                                              |
| 4  | $100 \leq Qnt < 200$                        | 13          | 9,0          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cần Thơ (Công ty CP xi măng Tây Đô, Công ty CP Bì và nước giải khát, Công ty TNHH Victoria Cần Thơ)</li> <li>- Một số thị trấn thuộc tỉnh Cà Mau (U Minh, Tam Giang, Tân Hưng); Hậu Giang (Tân Thuận, Cây Dương)</li> </ul>                                                                                               | Sông Hậu<br>Kênh U Minh, Tân Hưng, Cây Dương                                                                                                                                      |
| 5  | $5 \leq Qnt < 100$                          | 32          | 22,2         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hậu Giang (Nhà máy đường Hậu Giang, Công ty CBTS Phú Thành, Nhà máy chế biến lương thực);</li> <li>- Kiên Giang (Công ty TNHH Huy Nam, Nhà máy chế biến rau củ quả)</li> <li>- Một số thị trấn thuộc tỉnh Cà Mau (Thới Bình), Sóc Trăng (Mỹ Tú)</li> </ul>                                                                | Kênh Xà No, Nàng Mau<br><br>Kênh Cái Sắn                                                                                                                                          |

## PHỤ LỤC 2

### PHỤ LỤC 2.1: THIẾT LẬP MÔ HÌNH MIKE11-ECOLAB

#### 1. Giới thiệu mô hình Mike11

Mô hình MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát triển trong khoảng 20 năm trở lại đây, được ứng dụng để mô phỏng chế độ thủy lực, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát vùng cửa sông, trong sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác. MIKE 11 bao gồm nhiều mô đun có các khả năng và nhiệm vụ khác nhau như: mô đun mưa dòng chảy (RR), mô đun thủy động lực (HD), mô đun tải - khuếch tán (AD), mô đun sinh thái (Ecolab) và một số mô đun khác. Trong đó, mô đun thủy lực (HD) được coi là phần trung tâm của mô hình. Luận án sử dụng các mô đun HD, AD và Ecolab để mô phỏng chất lượng nước vùng Bán đảo Cà Mau.

##### a) Mô đun thủy lực HD

Mô đun thủy lực được xây dựng trên cơ sở hệ phương trình Saint Venant một chiều cho trường hợp dòng không ổn định, gồm hai phương trình sau:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Trong đó:

|                                                  |                                            |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Q: Lưu lượng (m <sup>3</sup> /s)                 | A: Diện tích mặt cắt ướt (m <sup>2</sup> ) |
| x: Chiều dài dọc theo dòng chảy (m)              | t: Thời gian (s)                           |
| g: Gia tốc trọng trường (m/s <sup>2</sup> )      | h: Độ sâu nước (m)                         |
| q: Lưu lượng gia nhập đơn vị (m <sup>2</sup> /s) | R: Bán kính thủy lực (m)                   |
| C: Hệ số Chezy $C = 1/n \cdot Ry$                | $\alpha$ : Hệ số phân bố động lượng        |
| n: Hệ số nhám                                    |                                            |

Sơ đồ giải hệ phương trình Saint - Venant dựa trên sơ đồ sai phân ẩn được phát triển bởi Abbott và Ionescu (1967). Theo sơ đồ tính này, tại mỗi nút sơ đồ chỉ cho phép tính được 1 giá trị, các biến Q và z được xếp xen kẽ nhau, nếu nút này tính Q thì hai nút trước và sau nó sẽ tính z và được tạo tự động bởi mô hình dựa trên yêu cầu của người dùng.

Điều kiện ổn định: Để sơ đồ sai phân hữu hạn ổn định và chính xác, cần tuân thủ các điều kiện sau:

- Địa hình phải đủ tốt để mực nước và lưu lượng được giải một cách thoả đáng. Giá trị tối đa cho phép đối với  $\Delta x$  phải được chọn trên cơ sở này;
- Bước thời gian  $\Delta t$  phải đủ nhỏ để cho ta một thể hiện chính xác về sóng. Chẳng hạn bước thời gian tối đa để mô phỏng thủy triều nói chung khoảng 30 phút;
- Điều kiện Courant dưới đây có thể dùng như một hướng dẫn để chọn bước thời gian sao cho đồng thời thoả mãn được các điều kiện trên. Điển hình, giá trị của Cr là 10 đến 15, nhưng các giá trị lớn hơn (lên đến 100) đã được sử dụng:

$$C_r = \frac{\Delta t(V + \sqrt{gy})}{\Delta x} \quad (3)$$

Với V là vận tốc. Cr thể hiện tốc độ nhiễu động sóng tại nước nông (biên độ nhỏ). Số Courant biểu thị số các điểm lưới trong một bước sóng, phát sinh từ một nhiễu động nhỏ, sẽ di chuyển trong một bước thời gian. Sơ đồ sai phân hữu hạn dùng trong MIKE 11 (sơ đồ 6 điểm Abbott), cho phép số Courant từ 10- 20, nếu dòng chảy dưới phân giới (số Froude nhỏ hơn 1). Tính toán với số Courant bằng 250 cho kết quả có sai số nhỏ hơn 2% trong một số trường hợp đặc biệt.

Để giải quyết vấn đề chất lượng nước có liên quan đến những phản ứng sinh hóa, mô hình MIKE11 sử dụng đồng thời hai mô đun là mô đun tải - khuếch tán (AD) và mô đun sinh thái (Ecolab) trong tính toán.

#### b) Mô đun truyền tải - khuếch tán

Mô đun truyền tải khuếch tán được dùng để mô phỏng vận chuyển một chiều của chất huyền phù hoặc hoà tan (phân huỷ) trong các lòng dẫn hở dựa trên phương trình đề trữ tích lũy với giả thiết các chất này được hoà tan trộn lẫn. Quá trình này được biểu diễn qua phương trình sau:



$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2 q \quad (4)$$

Trong đó:

- A: Diện tích mặt cắt ướt (m<sup>2</sup>);      C: Hàm lượng thành phần chất (kg/m<sup>3</sup>);  
 Q: Lưu lượng (m<sup>3</sup>/s);      C<sub>2</sub>: Hàm lượng thành phần chất gia nhập (kg/m<sup>3</sup>);  
 q: Lưu lượng gia nhập đơn vị (m<sup>2</sup>/s);      D: Hệ số khuếch tán dọc trục (m<sup>2</sup>/s);  
 t: Thời gian (s).

Hệ số phân huỷ sinh học K chỉ được dùng khi các hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hoá.

Phương trình trên thể hiện hai cơ chế truyền tải, đó là truyền tải đối lưu do tác dụng của dòng chảy và truyền tải khuếch tán do Gradient nồng độ gây ra. Phương trình này cũng được giải theo phương pháp số với sơ đồ sai phân ẩn trung tâm.

#### c) Mô đun sinh thái (Ecolab)

Mô đun sinh thái trong mô hình MIKE11 giải quyết khía cạnh chất lượng nước trong sông tại những vùng bị ảnh hưởng bởi các hoạt động dân sinh kinh tế... Mô đun này phải được đi kèm với mô đun tải - khuếch tán, điều này có nghĩa là mô đun chất lượng nước giải quyết các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông còn mô đun tải - khuếch tán được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

Trong dòng chảy thường xảy ra các quá trình sau: quá trình nhiệt độ, chu trình biến đổi oxy, chu trình biến đổi các hợp chất chứa Nitơ, chu trình biến đổi các hợp chất chứa photpho, Coliform... Mô đun sinh thái Mike11-Ecolab được xây dựng để giải hệ thống các phương trình vi phân mô tả các quá trình vật lý, hóa học và sinh học phức tạp diễn ra trong môi trường nước có xem xét đầy đủ đến sự tồn tại của vi khuẩn, các tác động của các yếu tố vật lý và địa lý như nhiệt độ, bức xạ mặt trời, điều kiện ánh sáng, độ muối và vị trí địa lý cũng được đưa vào mô hình.

Các cấp độ của mô hình: Phần tính toán chất lượng nước với các cấp độ khác nhau mô phỏng tính toán các quá trình chuyển hóa các hợp phần.

- Cấp 1: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số BOD<sub>5</sub>, DO và nhiệt độ. Ở cấp độ này, mô hình cân bằng oxy đơn giản chỉ tính toán nhu cầu oxy phân hủy tức thời;

- Cấp 2: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số BOD<sub>5</sub>, DO (với sự trao đổi oxy tầng đáy) và nhiệt độ. Mô hình cân bằng oxy bao gồm nhu cầu oxy phân huỷ tức thời và oxy trao đổi với tầng đáy (trầm tích);

- Cấp 3: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số BOD<sub>5</sub>, DO, nhiệt độ, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (quá trình nitrát hoá). Mô hình cân bằng oxy bao gồm nhu cầu oxy phân huỷ tức thời và oxy tiêu thụ trong chu trình nitrát hoá;

- Cấp 4: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số BOD<sub>5</sub>, DO, nhiệt độ, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (với sự trao đổi oxy tầng đáy oxy cho quá trình nitrát hoá và phản nitrát hoá). Mô hình cân bằng oxy bao gồm tất cả các nhu cầu oxy ở cấp mô hình 2 và 3, ngoài ra còn tính đến cả nhu cầu oxy trong chu trình phản nitrát hoá;

- Cấp 5: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số nhiệt độ, DO, BOD<sub>5</sub> hòa tan, BOD<sub>5</sub> lơ lửng, BOD<sub>5</sub> trầm tích;

- Cấp 6: Bao gồm số liệu chất lượng nước các thông số nhiệt độ, DO, BOD<sub>5</sub> hòa tan, BOD<sub>5</sub> lơ lửng, BOD<sub>5</sub> trầm tích, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Ở tất cả các cấp độ tính toán, có thể lựa chọn tính toán thêm các quá trình diễn biến của thông số phốt pho và Coliform.

*Bảng 1: Các thông số chất lượng nước được lựa chọn theo các cấp độ tính toán trong Mike11-Ecolab*

| TT | Cấp độ tính toán                        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|-----------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|    | Các thông số chất lượng nước            |   |   |   |   |   |   |
| 1  | Nhiệt độ                                | X | X | X | X | X | X |
| 2  | Dissolved Oxygen (DO)                   | X | X | X | X | X | X |
| 3  | Ammonia (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | - | - | X | X | - | X |
| 4  | Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | - | - | X | X | - | X |
| 5  | BOD                                     | X | X | X | X | - | - |
| 6  | BOD hòa tan                             | - | - | - | - | X | X |
| 7  | BOD lơ lửng                             | - | - | - | - | X | X |
| 8  | BOD trầm tích                           | - | - | - | - | X | X |

|    |                                             |   |   |   |   |   |   |
|----|---------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 9  | Phốtpho hòa tan (Dissolved Phosphorous)     | X | X | X | X | X | X |
| 10 | Phốtpho không tan (Particulate Phosphorous) | X | X | X | X | X | X |
| 11 | Faecal Coliform                             | X | X | X | X | X | X |
| 12 | Total Coliform                              | X | X | X | X | X | X |

*Bảng 2: Các quá trình biến đổi chất lượng nước được xem xét theo các cấp độ tính toán trong Mike11-Eco lab*

| TT | Cấp độ tính toán                                                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|    | <b>Các thông số chất lượng nước</b>                                                  |   |   |   |   |   |   |
| 1  | Re-aeration (sự trao đổi ôxy giữa ôxy hòa tan trong nước và khí quyển)               | X | X | X | X | X | X |
| 2  | Degradation of organic matter (phân hủy các chất hữu cơ)                             |   |   |   |   |   |   |
| a) | Immediate oxygen demand (nhu cầu ôxy phân hủy tức thời)                              | X | X | X |   | - | - |
| b) | Immediate and delayed oxygen demand (nhu cầu ôxy phân hủy tức thời và phân hủy chậm) | - | - | - | X | X | X |
| 3  | Exchange with bottom/sediment (Trao đổi với trầm tích đáy)                           | - | X | - | X | X | X |
| 4  | Nitrification (Nitrat hóa)                                                           | - | - | X | X | - | X |
| 5  | Denitrification (Khử nitrat)                                                         | - | - | - | X | - | X |
| 6  | Phosphorus processes in water (các quá trình phốtpho diễn ra trong nước)             | X | X | X | X | X | X |
| 7  | Phosphorus exchange with bottom/Sediment (sự trao đổi phốtpho với trầm tích đáy)     | X | X | X | X | X | X |
| 8  | Die-off, Coliforms                                                                   | X | X | X | X | X | X |

*d) Phương pháp giải các phương trình vi phân*

Trong phần mềm MIKE11 áp dụng ba phương pháp giải các các phương trình vi phân là RKQC (Fifth order Runge-Kutta with Quality control); RK4 (Fourth order Runge-Kutta); và Euler. Trong 3 phương pháp trên, phương pháp RKQC cho kết quả tính toán chính xác nhất, sau đó là phương pháp RK4 (RKQC→RK4→Euler).

## **2. Thiết lập mô hình Mike11-Ecolab cho vùng nghiên cứu**

a) Cấu trúc mô hình

Mô hình vùng Bán đảo Cà Mau có 1917 con sông, kênh; số mặt cắt ngang là 5372 mặt cắt. Các công trình được thể hiện đầy đủ về số lượng (455 công trình) và chế độ vận hành được thiết lập đầy đủ, phù hợp với thực tế.

b) Điều kiện biên:

Biên trên của mô hình là lưu lượng (chất lượng nước) tại Long Xuyên. Biên dưới của mô hình là mực nước, chất lượng nước tại các cửa ra ven biển (biển Đông và biển Tây). Biên nội tại trong phạm vi mô hình là lưu lượng do mưa, lấy nước cho sản xuất và bốc hơi và biên các nguồn thải (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp...).

Riêng biên nhu cầu nước được kế thừa từ kết quả tính toán nhu cầu nước của Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Nam [90], [87]. Theo đó nhu cầu nước được xác định theo các hộ dùng nước chính: sinh hoạt, công nghiệp, chăn nuôi, trồng trọt, nuôi trồng thủy sản và được phân bổ theo phân vùng thủy lợi của vùng BĐCM (từ khu thủy lợi 16 đến khu thủy lợi 66).

### **Biên thủy lực:**

Trong phần mềm MIKE11, biên thủy lực có thể chia làm hai loại: biên ngoài và biên trong hệ thống. Cả biên nội và ngoại hệ thống có thể cho ở dạng mực nước hay lưu lượng biến đổi theo thời gian, cá biệt là hằng số. Tùy theo mục đích mô phỏng mà biên có thể là số liệu thực đo hay tính toán.

Biên ngoài của mô hình là biên thủy lực (Q, H) tại các cửa ra/vào hệ thống. Trong mô hình, biên ngoài hệ thống tại Long Xuyên. Biên dưới mô hình là mực nước tại các cửa nối ra biển Đông và biển Tây, bao gồm Các trạm mực nước Biển Đông (Mỹ Thanh, Gành Hào...) và Biển Tây (Rạch Giá, Xẻo Rô, Sông Đốc, Bảy Háp...). Tổng số biên hạ lưu là 58 biên, trong đó có 12 cửa sông chính của tỉnh Cà Mau là Gành Hào, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù, Hố Gù.

Bồ Đề, Rạch Góc, Rạch Tàu, Bảy Hạp, Cái Đôi Vàm, Cái Cam, Ông Đốc, Vàm Kinh Mới, Đá Bạc và Khánh Hội.

Biên trong (nội hệ thống) là biên bổ sung vào trong hệ thống, thường là dòng chảy phân bố theo các kênh, như nước thải sinh hoạt, lấy nước tưới,... Các điểm xả thải tập trung cũng thuộc nhóm biên này. Ngoài ra, mưa, bốc hơi cũng được coi là biên nội hệ thống.

#### **Biên chất lượng nước:**

Biên ngoài của mô hình là biên chất lượng nước ( $DO$ ,  $BOD_5$ ,  $NH_4^+$ ) tại các cửa ra/vào hệ thống. Biên chất lượng nước ngoài hệ thống bao gồm: chất lượng nước ( $DO$ ,  $BOD_5$ ,  $NH_4^+$ ) tại các vị trí Long Xuyên. Biên dưới (chất lượng nước) mô hình là chất lượng nước ( $DO$ ,  $BOD_5$ ,  $NH_4^+$ ) tại các cửa nối ra biển Đông và biển Tây, bao gồm các cửa sông lớn, sông rạch nhỏ, kênh đào.

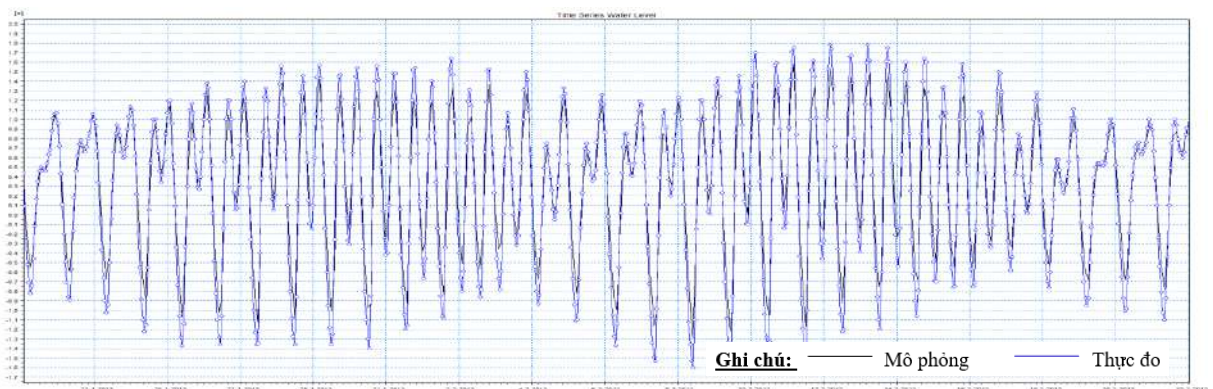
Trong mô hình, biên chất lượng nước gồm 2 loại là nguồn thải phân bố và nguồn thải điểm. Loại nguồn thải phân tán của 50 tiểu vùng (theo phân vùng thủy lợi của vùng BĐCM) tương ứng với 135 sông/kênh tiếp nhận nguồn phân tán: dọc theo các kênh, sông gồm nước thải sinh hoạt do phân bố dân cư ven kênh hoặc xả thải từ các ruộng nuôi trồng thủy sản, hồi quy nông nghiệp,... Nguồn thải này được đưa vào mô hình ở dạng là nguồn thải diện (Distributed Source), xác định đoạn sông/kênh nhận nước thải phân tán bằng cách giới hạn điểm đầu và cuối, tức là lượng nước thải được dải đều trên 1 đoạn sông/kênh. Nguồn thải điểm (552 nguồn): gồm xả thải sinh hoạt từ các thành phố, thị trấn, thị tứ (58 nguồn); Nguồn xả thải từ các khu công nghiệp (86 nguồn); Nguồn thải từ các cơ sở sản xuất kinh doanh (408). Nguồn thải này được đưa vào mô hình ở dạng là nguồn thải điểm (Point Source).

## PHỤ LỤC 2.2: HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH MIKE11-ECOLAB

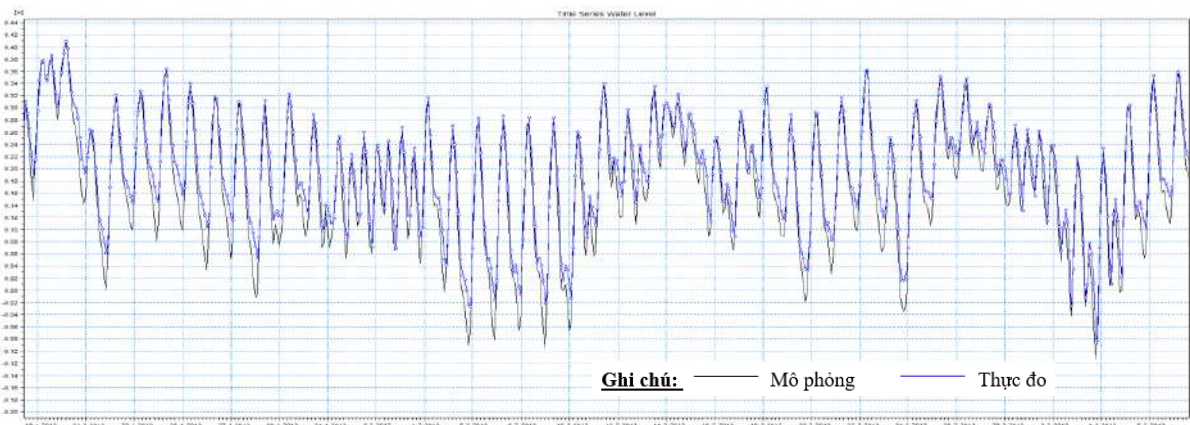
### 1. Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình là một phần quan trọng trong việc xây dựng mô hình. Mô hình được hiệu chỉnh cho hai nhóm thông số là (1) thủy lực; và (2) Chất lượng nước. Chuỗi số liệu hiệu chỉnh được chọn là mùa khô năm 2013, vì đây là năm có đầy đủ số liệu khí tượng, thủy văn, thủy lực, mặn, chất lượng nước. Việc lựa chọn hiệu chỉnh mô hình năm 2013 cũng là để đánh giá sự phù hợp kết quả mô phỏng của mô hình với hiện trạng chất lượng nước vùng nghiên cứu.

*Hiệu chỉnh mô hình Thủy lực (Mike11-HD):* Việc hiệu chỉnh mô hình lấy các đại lượng tham chiếu là lưu lượng và mực nước, thông qua việc thay đổi chủ yếu là hệ số nhám lòng dẫn. Hệ số nhám thủy lực cho sông/kênh ở vùng BĐCM nằm trong khoảng 0,02 – 0,045. Kết quả mô phỏng mực nước tương đối phù hợp với kết quả thực đo cả về giá trị và pha triều (hệ số Nash > 0,9); khi đó hệ số nhám của các sông/kênh trong mô hình nằm trong khoảng 0,022 – 0,043.

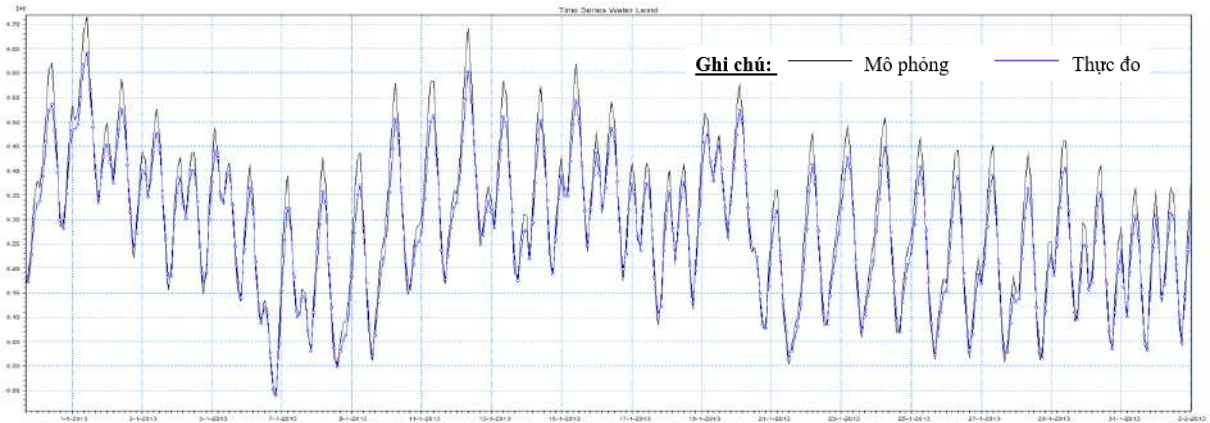


Hình PL2. 1: Biểu đồ so sánh mực nước mô phỏng và thực đo (1/2013) –Đại Ngãi



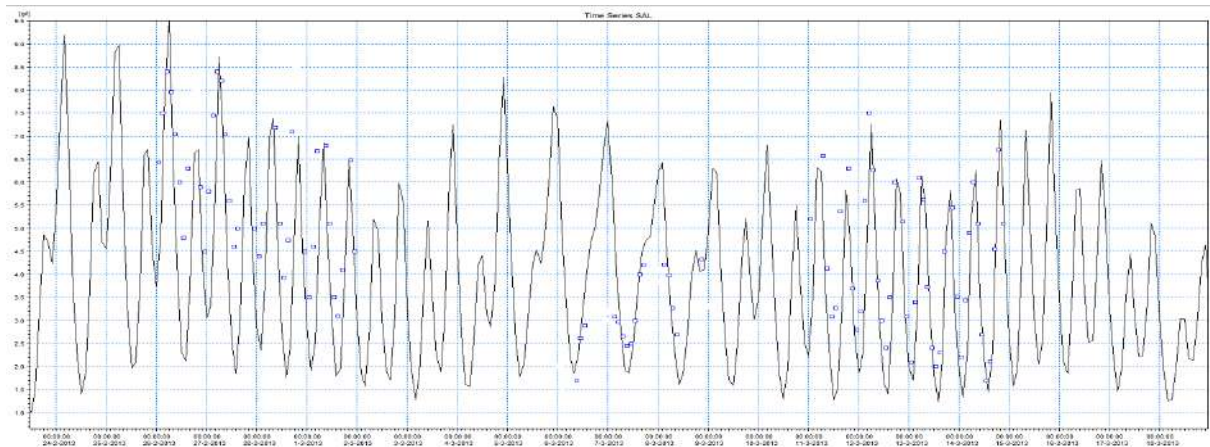
Hình PL2. 2: Biểu đồ so sánh mực nước mô phỏng và thực đo (1/2013) –Vị Thanh



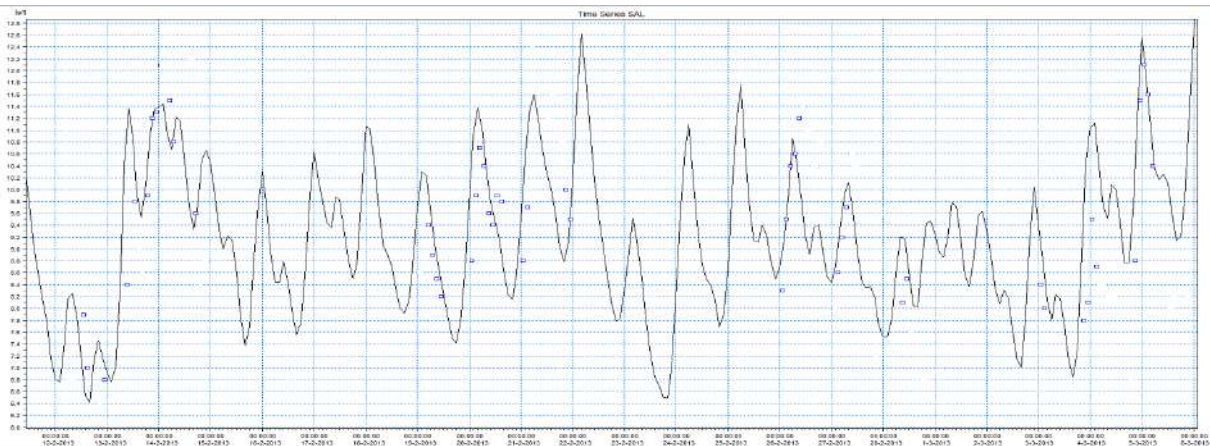


Hình PL2. 3: Biểu đồ so sánh mực nước mô phỏng và thực đo (1/2013) –Cà Mau

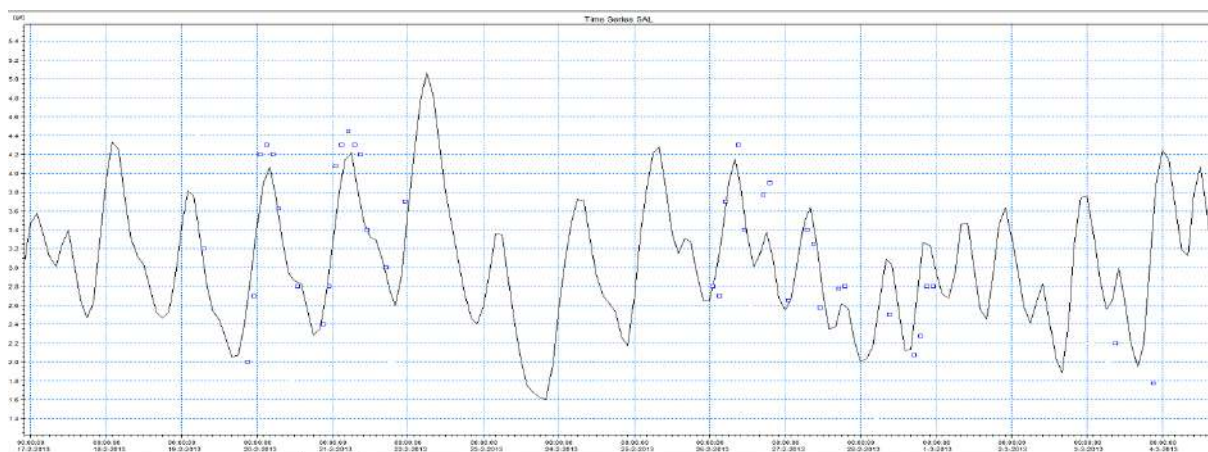
Hiệu chỉnh mô hình tải khuếch tán (Mike11-AD): mô hình xâm nhập mặn của vùng nghiên cứu thông qua việc thay đổi hệ số khuếch tán (D). Kết quả hiệu chỉnh cho thấy, hệ số D của các sông chính nằm trong khoảng từ 200 – 500 m<sup>2</sup>/s; cho các kênh là từ 20 - 100 m<sup>2</sup>/s. Kết quả mô phỏng độ mặn phù hợp với số liệu thực đo.



Hình PL2. 4: Biểu đồ so sánh độ mặn mô phỏng và thực đo (2013) –Đại Ngãi



Hình PL2. 5: Biểu đồ so sánh độ mặn mô phỏng và thực đo (1/2013) –Xẻo Rô



Hình PL2. 6: Biểu đồ so sánh độ mặn mô phỏng và thực đo (2013) –Gò Quao

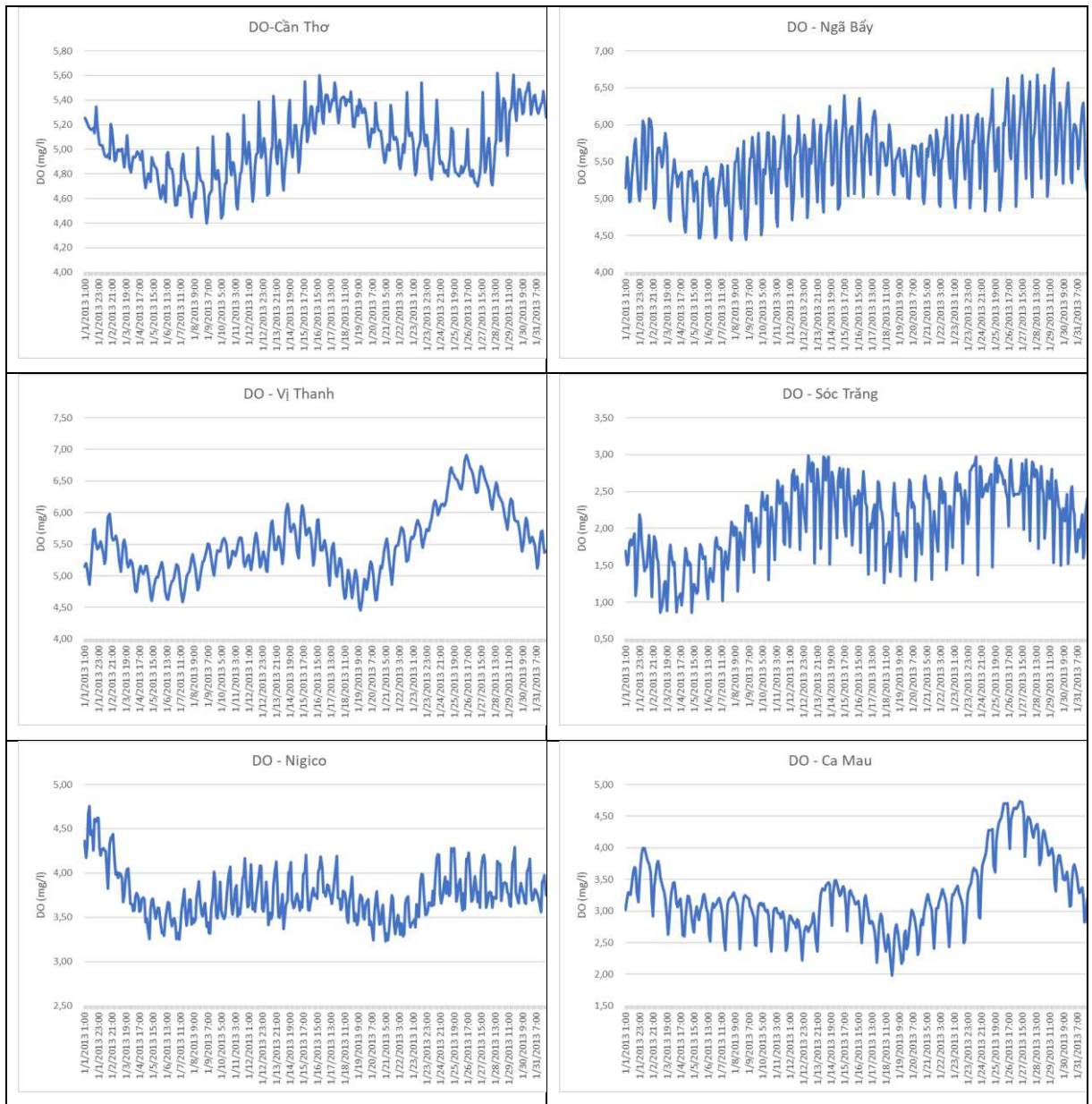
*Hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước (Mike11-Ecolab):* Việc hiệu chỉnh chất lượng nước lấy các đại lượng tham chiếu là độ mặn và các chỉ tiêu chất lượng nước. Trong hiệu chỉnh, mô hình được thực hiện trước theo độ mặn (chất bảo tồn, là một chỉ tiêu rất quan trọng), sau đó cân chỉnh cho các chỉ tiêu chất lượng nước. Theo đó, hệ số khuếch tán được xác định trước khi cân chỉnh mặn, sau đó mới xác định các hệ số/tham số trong mô phỏng chất lượng nước.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước cho thấy, giá trị mô phỏng phù hợp với giá trị thực đo, các kết quả mô phỏng ở một số trạm điển hình (đã nêu) cho thấy có độ phù hợp khá tốt (sai số nhỏ hơn 15%).

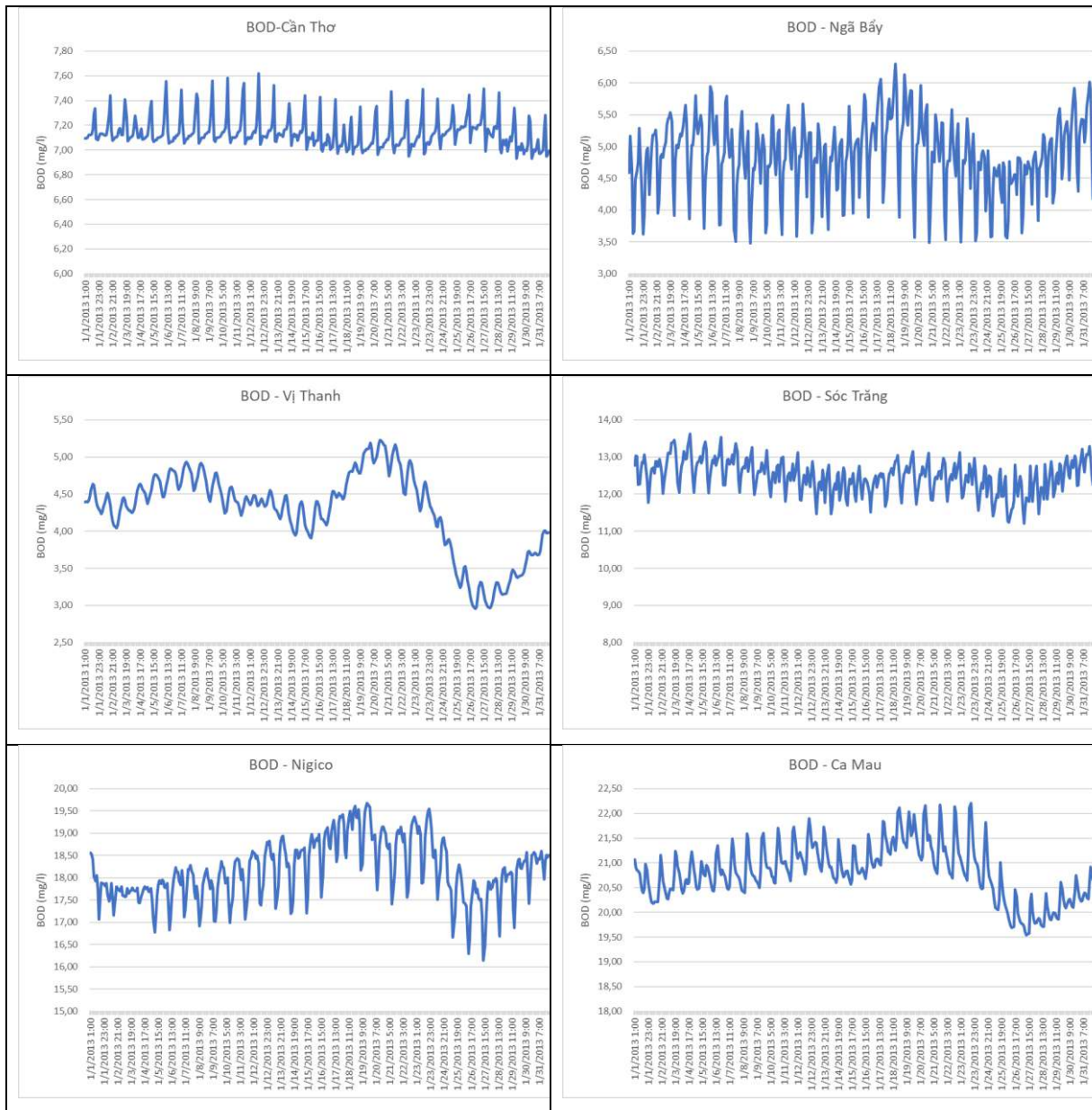
Bảng PL2. 4: Kết quả hiệu chỉnh mô hình Ecolab

| TT | Trạm                                       | Tọa độ |         | Mô phỏng (mg/l) |                  | Thực đo (mg/l) |                  |
|----|--------------------------------------------|--------|---------|-----------------|------------------|----------------|------------------|
|    |                                            | X      | Y       | DO              | BOD <sub>5</sub> | DO             | BOD <sub>5</sub> |
| 1  | Ninh Kiều (Sông Cần Thơ)                   | 574442 | 1102172 | 5,03            | 7,14             | 5,77           | 7,3              |
| 2  | Ngã 7 Phụng Hiệp (K. Quản Lộ - Phụng Hiệp) | 590258 | 1084670 | 5,53            | 4,85             | 5,25           | 4,0              |
| 3  | Nhà máy Đường Hậu Giang (Kênh Cái Côn)     | 589774 | 1083317 | 5,50            | 4,27             | 5,26           | 3,9              |
| 4  | Cầu Quay (Sông Cầu Quay)                   | 607139 | 1061985 | 2,09            | 11,20            | 1,99           | 8,7              |
| 5  | Công ty CPTS Nigico (K. Cà Mau – Bạc Liêu) | 548285 | 1020564 | 3,76            | 18,16            | 4,51           | 18,9             |
| 6  | Cà Mau (Sông Rạch Chéo)                    | 492671 | 975360  | 4,74            | 20,82            | 4,90           | 21,5             |





Hình PL2. 7: Biểu đồ diễn biến các thông số DO tại các vị trí hiệu chỉnh mô hình Mike11-Ecolab vùng BĐCM (Tháng 1/2013)

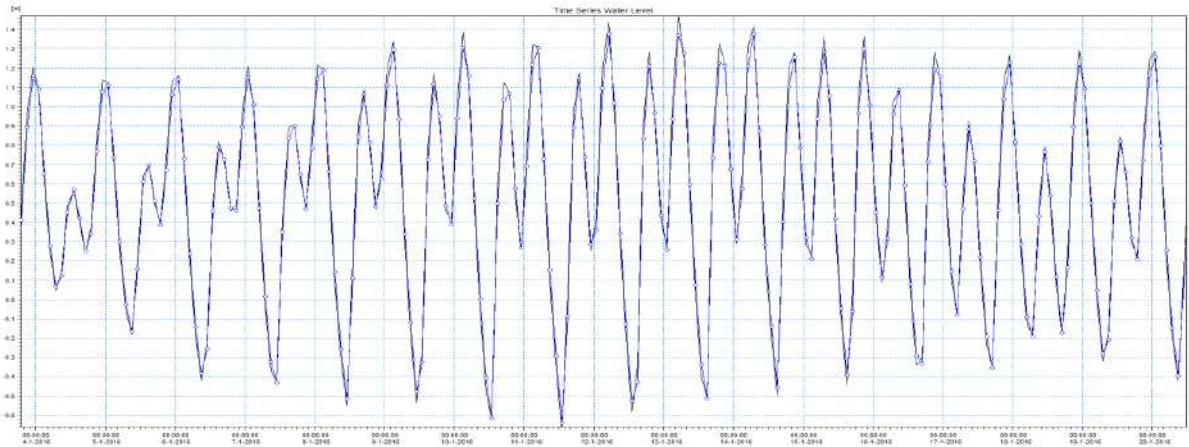


Hình PL2. 8: Biểu đồ diễn biến các thông số BOD<sub>5</sub> tại các vị trí hiệu chỉnh mô hình Mike11-Ecolab vùng BDCM (Tháng 1/2013)

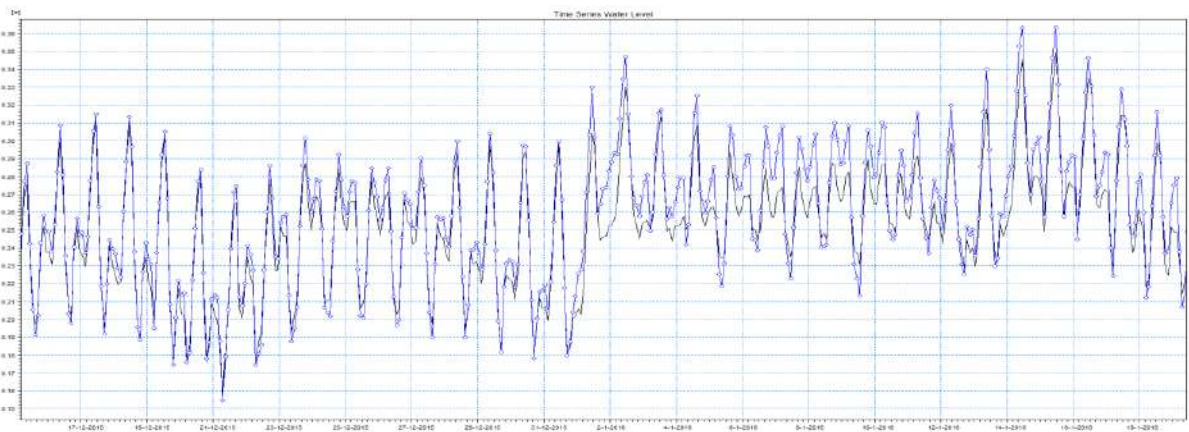
## 2. Kiểm định mô hình

Chuỗi số liệu kiểm định được chọn là mùa khô năm 2016, vì đây là năm có đầy đủ số liệu khí tượng, thủy văn, thủy lực, mặn, chất lượng nước và cũng là năm có mức độ cạn kiệt nguồn nước rất căng thẳng. Việc lựa chọn kiểm mô hình năm 2016 cũng là để đánh giá sự phù hợp kết quả mô phỏng của mô hình với hiện trạng chất lượng nước vùng nghiên cứu và là cơ sở để dùng mô hình mô phỏng các phương án khác nhau về sau.

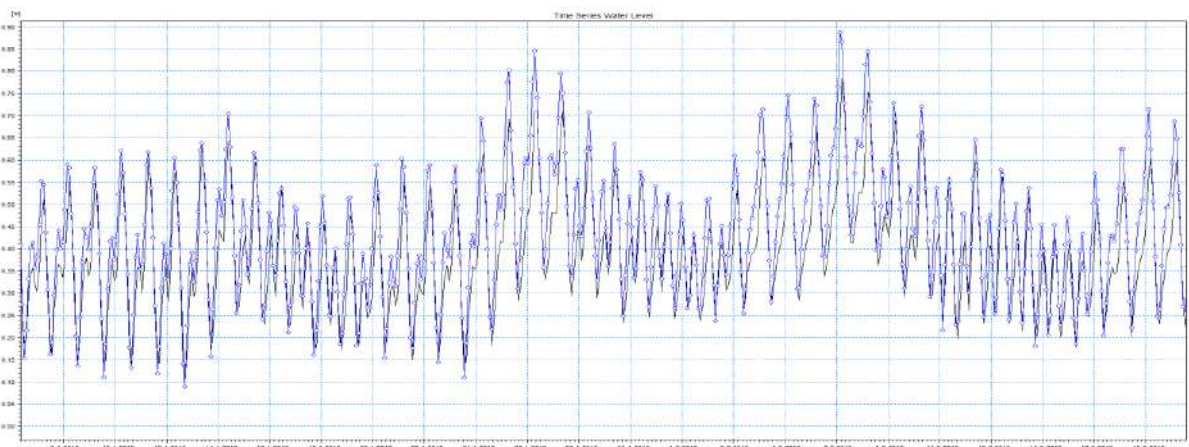
*Kiểm định mô hình Thủy lực (HD):* kết quả mô phỏng mực nước tương đối phù hợp với kết quả thực đo (hệ số Nash > 0,85).



Hình PL2. 9: Biểu đồ kết quả kiểm định mực nước mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Cần Thơ



Hình PL2. 10: Biểu đồ so sánh kết quả kiểm định mô hình của mực nước mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Phước Long

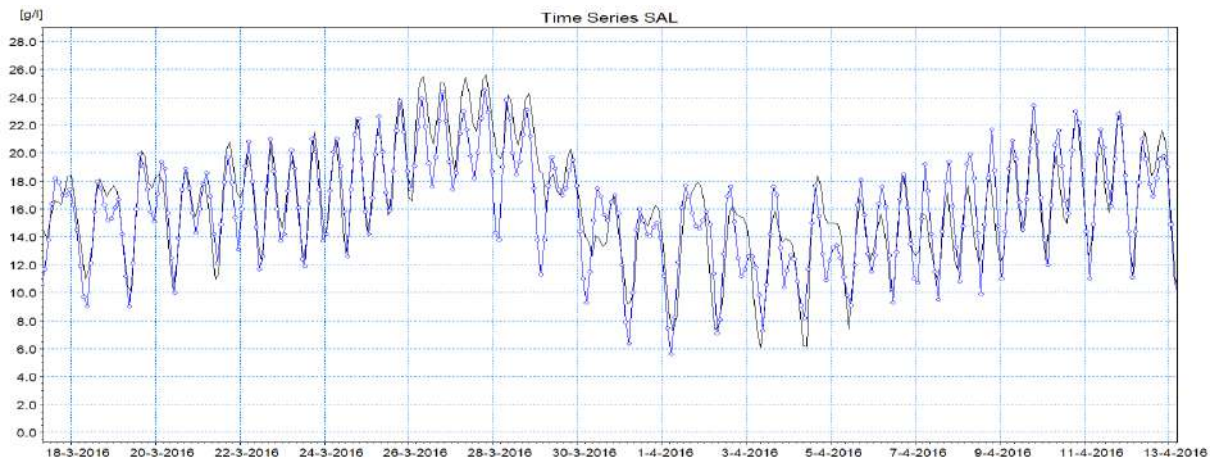


Hình PL2. 11: Biểu đồ so sánh kết quả kiểm định mô hình của mực nước mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Cà Mau

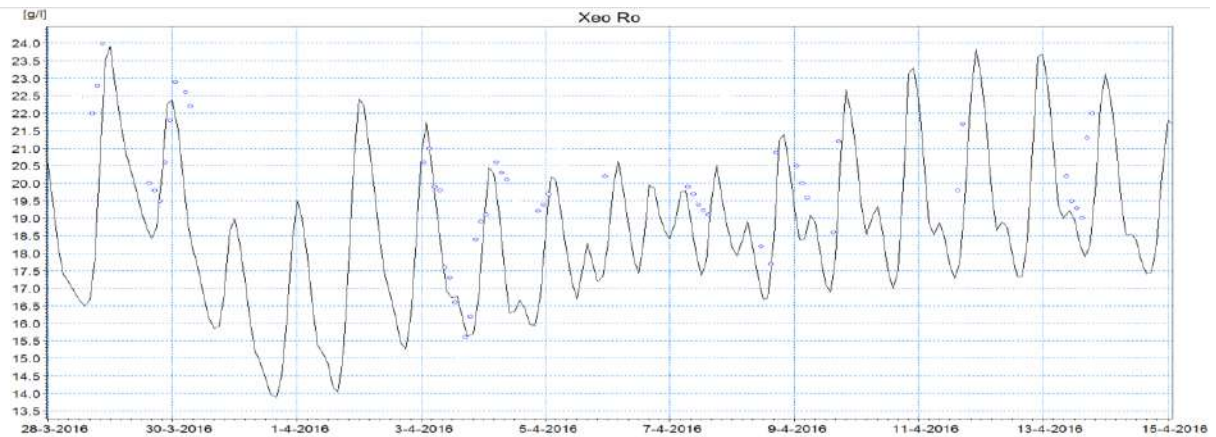
Kiểm định mô hình tải khuếch tán (Mike11-AD): mô hình xâm nhập mặn của vùng nghiên cứu thông qua việc thay đổi hệ số khuếch tán (D). Kết quả hiệu chỉnh cho



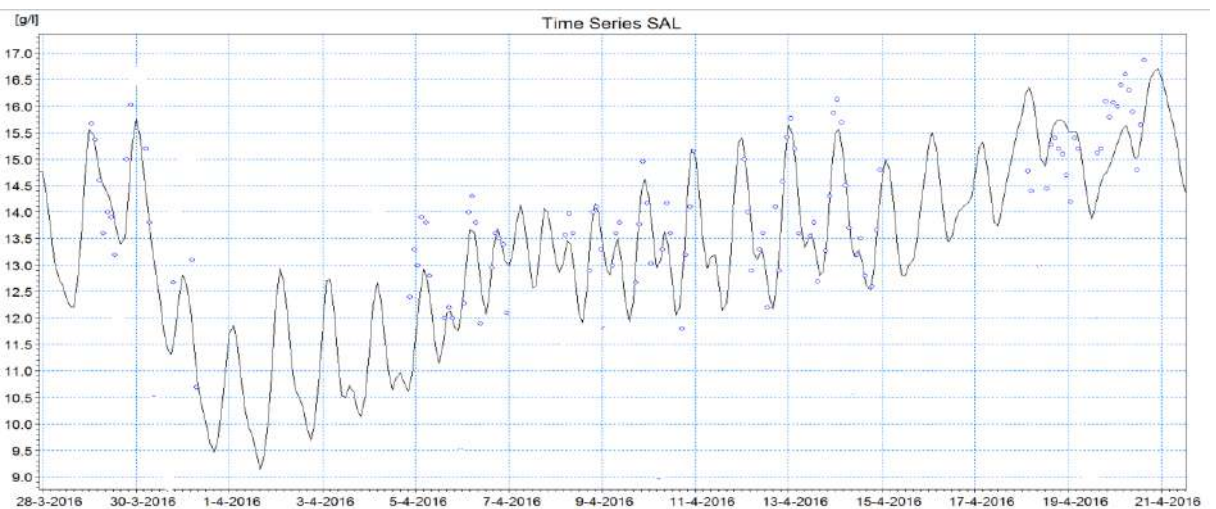
thấy, hệ số D của các sông chính nằm trong khoảng từ 200 – 500 m<sup>2</sup>/s; cho các kênh là từ 20 - 100 m<sup>2</sup>/s. Kết quả mô phỏng độ mặn phù hợp với số liệu thực đo.



Hình PL2. 12: Biểu đồ so sánh kết quả kiểm định mô hình xâm nhập mặn (Mike11AD) mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Trần Đề



Hình PL2. 13: Biểu đồ so sánh kết quả kiểm định mô hình xâm nhập mặn (Mike11AD) mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Xẻo Rô

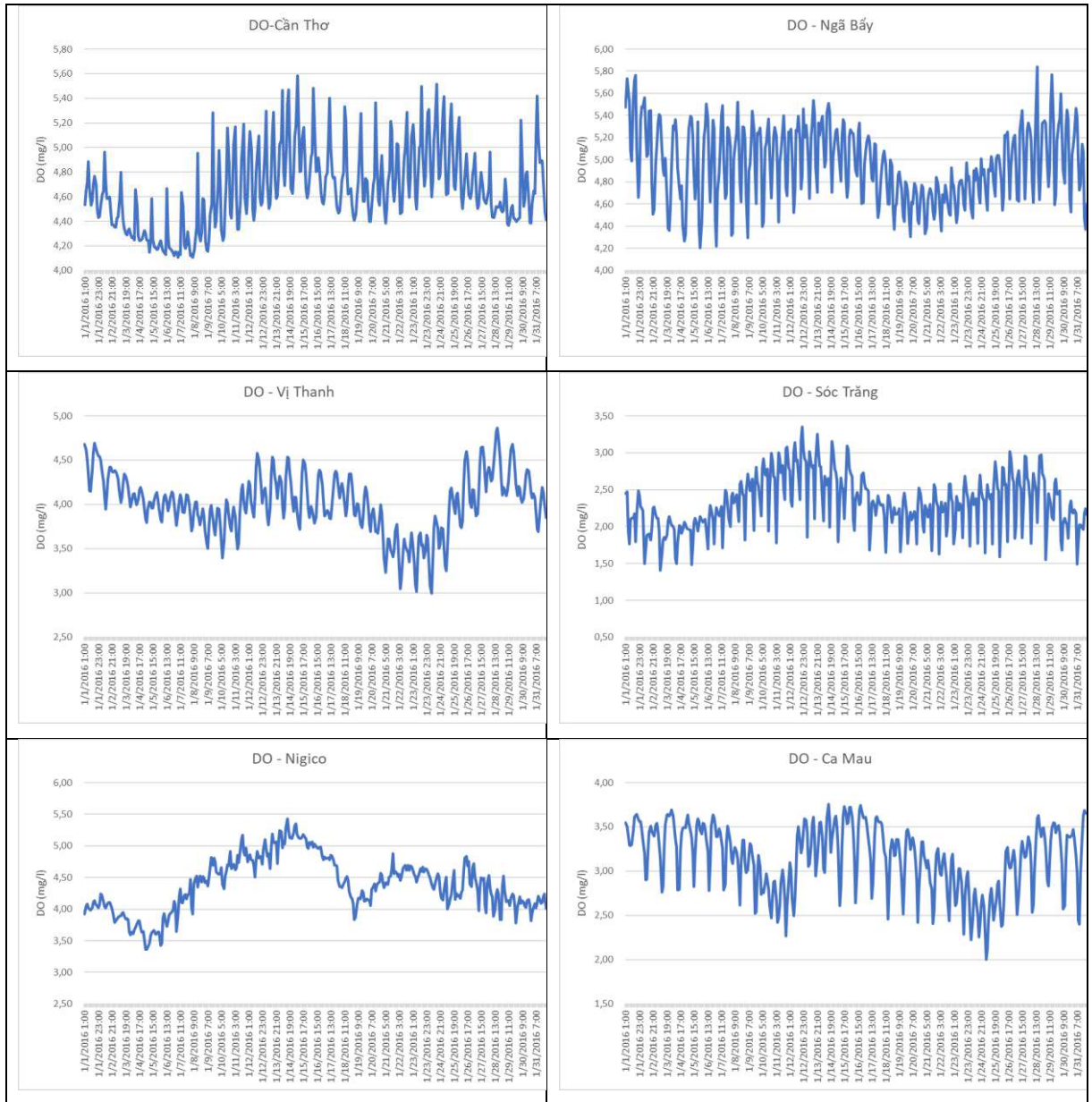


Hình PL2. 14: Biểu đồ so sánh kết quả kiểm định mô hình xâm nhập mặn (Mike11AD) mô phỏng và thực đo (Mùa khô 2016) – trạm Gò Quao

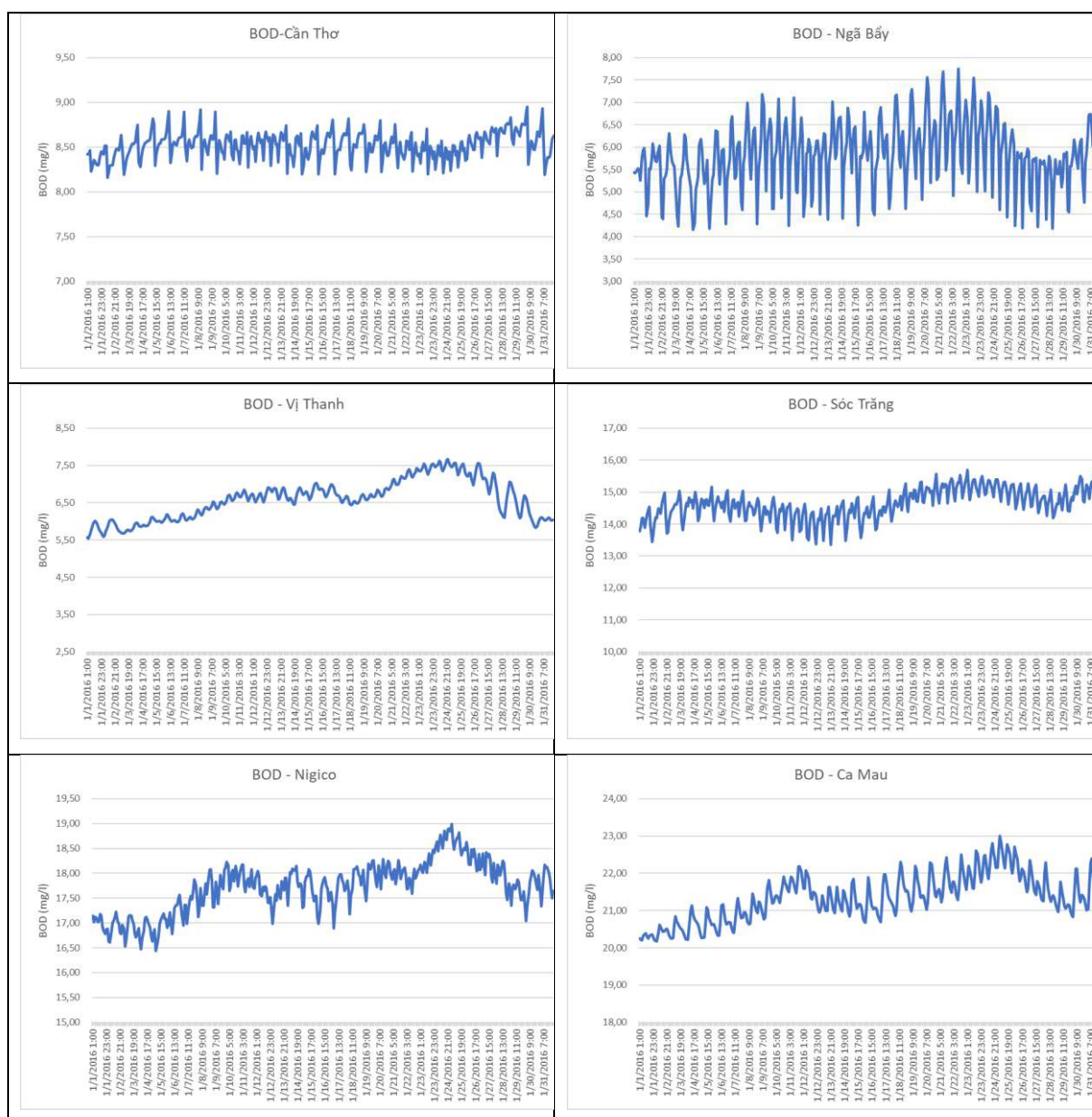
*Kiểm định mô hình chất lượng nước (Mike11-Ecolab):* Kết quả hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước cho thấy, giá trị mô phỏng phù hợp với giá trị thực đo, các kết quả mô phỏng ở một số trạm điển hình (đã nêu) cho thấy có độ phù hợp khá tốt (sai số nhỏ hơn 15%).

*Bảng PL2. 5: Kết quả kiểm định mô hình Ecolab*

| TT | Trạm                                       | Tọa độ |         | Mô phỏng (mg/l) |                  | Thực đo (mg/l) |                  |
|----|--------------------------------------------|--------|---------|-----------------|------------------|----------------|------------------|
|    |                                            | X      | Y       | DO              | BOD <sub>5</sub> | DO             | BOD <sub>5</sub> |
| 1  | Ninh Kiều (Sông Cần Thơ)                   | 574442 | 1102172 | 5,58            | 8,52             | 5,77           | 7,3              |
| 2  | Ngã 7 Phụng Hiệp (K. Quản Lộ - Phụng Hiệp) | 590258 | 1084670 | 4,96            | 5,80             | 5,25           | 4,0              |
| 3  | Nhà máy Đường Hậu Giang (Kênh Cái Côn)     | 589774 | 1083317 | 4,01            | 6,59             | 5,26           | 5,9              |
| 4  | Cầu Quay (Sông Cầu Quay)                   | 607139 | 1061985 | 2,31            | 14,64            | 1,99           | 13,7             |
| 5  | Công ty CPTS Nigico (K. Cà Mau – Bạc Liêu) | 548285 | 1020564 | 4,38            | 17,72            | 4,51           | 18,9             |
| 6  | Cà Mau (Sông Rạch Chéo)                    | 492671 | 975360  | 3,75            | 21,34            | 4,90           | 21,5             |



Hình PL2. 15: Biểu đồ diễn biến các thông số DO tại các vị trí kiểm định mô hình Mike11-Ecolab vùng BĐCM (Tháng 1/2016)



Hình PL2. 16: Biểu đồ diễn biến các thông số BOD<sub>5</sub> tại các vị trí kiểm định mô hình Mike11-Ecolab vùng BDCM (Tháng 1/2016)

Bộ thông số chính của mô hình (đối với DO, BOD<sub>5</sub> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) đã được điều chỉnh và kết quả như Bảng PL2.6 sau:

Bảng PL2. 6: Bộ thông số sau hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike11-Ecolab

| TT | Mô tả                                                              | Đơn vị | Giá trị |
|----|--------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| 1  | Nhiệt độ: Vĩ độ                                                    | Độ     | 10      |
| 2  | Nhiệt độ: Bức xạ mặt trời hấp thụ tối đa                           | /ngày  | 4992    |
| 3  | Nhiệt độ: Sự dịch chuyển của bức xạ mặt trời tối đa. từ 12 giờ đêm | giờ    | 1       |
| 4  | Nhiệt độ: Bức xạ nhiệt phát ra                                     | /ngày  | 1608    |



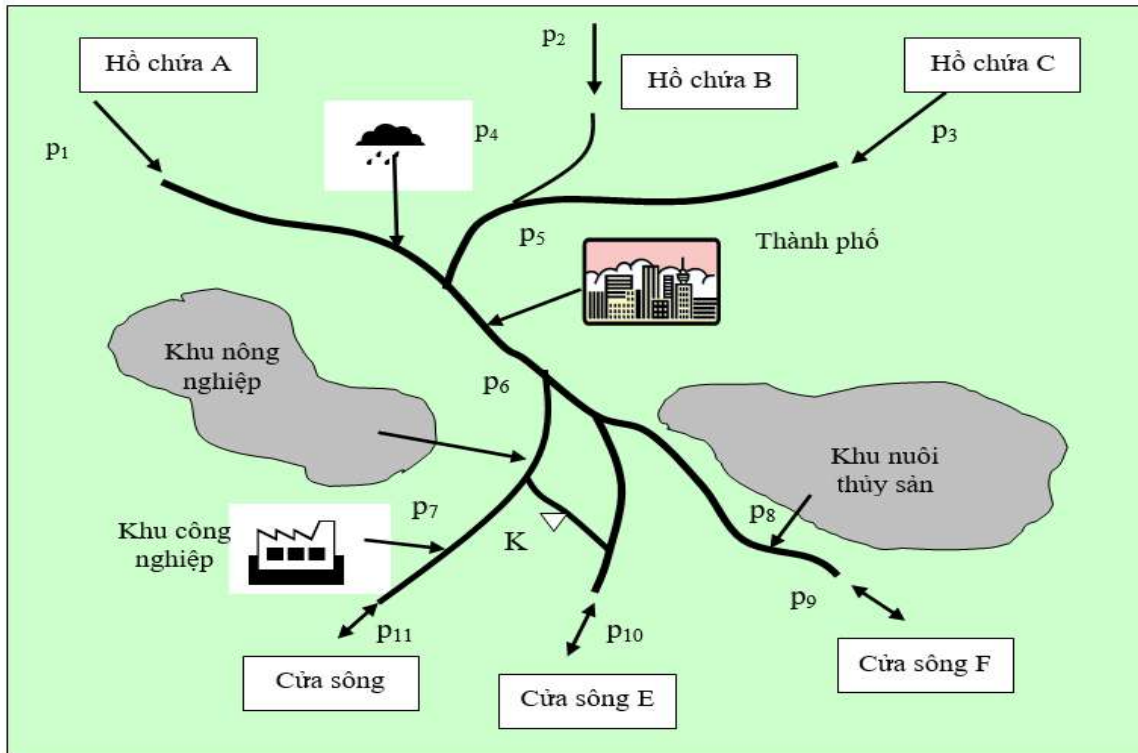
| TT | Mô tả                                                                                        | Đơn vị                            | Giá trị |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| 5  | Quá trình oxy: Số biểu hiện tái nạp                                                          | không thứ nguyên                  | 3       |
| 6  | Quá trình oxy: Hệ số nhiệt độ                                                                | không thứ nguyên                  | 1,02    |
| 7  | Quá trình oxy: Hô hấp của động vật và thực vật                                               | /ngày                             | 3       |
| 8  | Quá trình oxy: Hệ số nhiệt độ hô hấp                                                         | không thứ nguyên                  | 1,08    |
| 9  | Quá trình oxy: Phát sinh oxy bằng quang hợp tối đa                                           | /ngày                             | 3,5     |
| 10 | Quá trình oxy: Sản xuất / hô hấp trên mỗi m <sup>2</sup> (= 1) hoặc mỗi m <sup>3</sup> (= 2) |                                   | 1       |
| 11 | Suy thoái: 1. tốc độ phân hủy ở mức 20 độ.                                                   | /ngày                             | 0,1     |
| 12 | Suy thoái: Hệ số nhiệt độ đối với tốc độ phân rã                                             | không thứ nguyên                  | 1,07    |
| 13 | Suy thoái: Nồng độ oxy nửa bão hòa                                                           | mg/l                              | 2       |
| 14 | Quá trình oxy: Hằng số hồi quy số 1                                                          | /ngày                             | 1       |
| 15 | Quá trình oxy: Số mũ số 1, vận tốc dòng chảy                                                 | không thứ nguyên                  | 0       |
| 16 | Quá trình oxy: Số mũ số 1, độ sâu của nước                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 17 | Quá trình oxy: Số mũ số 1, độ dốc của sông                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 18 | Quá trình oxy: Hằng số hồi quy số 2                                                          | /ngày                             | 1       |
| 19 | Quá trình oxy: Số mũ số 2, vận tốc dòng chảy                                                 | không thứ nguyên                  | 0       |
| 20 | Quá trình oxy: Số mũ số 2, độ sâu của nước                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 21 | Quá trình oxy: Số mũ số 2, độ dốc của sông                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 22 | Quá trình oxy: Hằng số hồi quy số 3                                                          | /ngày                             | 1       |
| 23 | Quá trình oxy: Số mũ số 3, vận tốc dòng chảy                                                 | không thứ nguyên                  | 0       |
| 24 | Quá trình oxy: Số mũ số 3, độ sâu của nước                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 25 | Quá trình oxy: Số mũ số 3, độ dốc của sông                                                   | không thứ nguyên                  | 0       |
| 26 | Nitơ: Tỷ lệ NH <sub>4</sub> được giải phóng khi phân rã BOD                                  | gNH <sub>4</sub> /gBOD            | 5       |
| 27 | Nitơ: Sự hấp thu amonia trong thực vật                                                       | không thứ nguyên                  | 0,066   |
| 28 | Nitơ: Sự hấp thu amonia trong vi khuẩn                                                       | không thứ nguyên                  | 0,109   |
| 29 | Nitrat hóa: phản ứng bậc 1 = quá trình thực hiện đầu tiên 2 = quá trình nửa thực hiện        | không thứ nguyên                  | 0,05    |
| 30 | Nitrat hóa: tốc độ phân hủy amoniac ở 20 độ C                                                | /ngày                             | 1,54    |
| 31 | Nitrat hóa: Hệ số nhiệt độ đối với quá trình nitrat hóa                                      | không thứ nguyên                  | 1,088   |
| 32 | Nitrat hóa: Nhu cầu oxy cho nitrat hóa                                                       | gO <sub>2</sub> /gHN <sub>4</sub> | 4,47    |
| 33 | Khử nitrat: Hằng số một nửa bão hòa                                                          | mg/l                              | 0,05    |



### PHỤ LỤC 3: LÝ THUYẾT LAN TRUYỀN CÁC NGUỒN NƯỚC

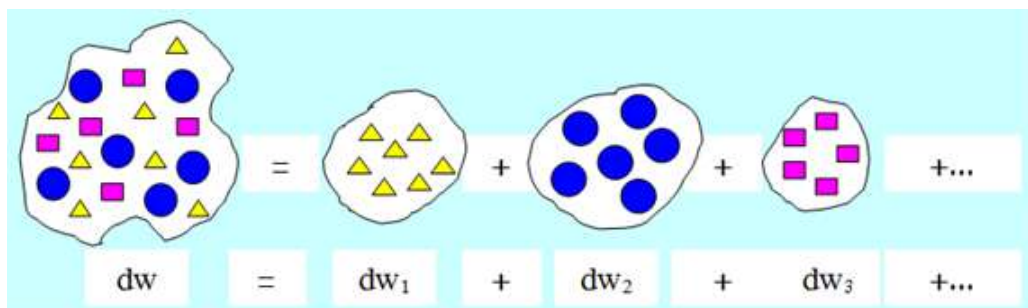
#### 1. Khái niệm nguồn nước và tỷ lệ nguồn nước thành phần

Một hệ thống nguồn nước thông thường được minh họa như Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ minh họa một hệ thống nguồn nước, trong đó hệ thống có một số nguồn nước thành phần, như: nguồn nước từ Hồ chứa A (p1); Hồ chứa B (p2); Hồ chứa C (p3); Mưa (p4); Thành phố (p5); Khu nông nghiệp (p6); Khu công nghiệp (p7); Khu nuôi thủy sản (p8); Cửa sông F (p9); Cửa sông E (p10) và Cửa sông (p11)

Xét một thể tích nước  $dw$  trong dòng chảy do các thể tích nguồn nước thành phần  $dw_i$  tạo nên như sau:



Hình 2: Sơ họa khối nước và các nguồn nước thành phần

Tỷ lệ nguồn nước thành phần  $i$  (ký hiệu là  $p_i$ ) tại điểm  $M$  ở thời gian  $t$  được định nghĩa là:

$$p_i(M,t) = \frac{dw_i}{dw} \quad (5)$$

$$\text{với các điều kiện: } \sum_{i=1}^n p_i = 1; 0 \leq p_i \leq 1; \quad (6)$$

Trong đó:  $dw_i$  là thể tích nguồn nước thành phần;  $dw$  là thể tích nước

Lưu ý rằng, theo định nghĩa trên, tỷ lệ nguồn nước  $i$  có thể hiểu là “nồng độ thể tích” của nguồn nước đó.

Trong bài toán một chiều (1D), thành phần nguồn nước  $p_i$  trở thành:

$$p_i(M,t) = \frac{Q_i}{Q} \quad (7)$$

Trong định nghĩa trên, nếu  $p_i = 1,0$  (= 100%) thì khối nước đó hoàn toàn là nguồn  $i$ , các nguồn khác bằng không (không tồn tại); ngược lại,  $p_i = 0,0$  (= 0%) thì không tồn tại nguồn  $i$  hay nói khác đi nguồn  $i$  chưa lan truyền đến vị trí đó. Trong đó,  $Q_i$  là lưu lượng của nguồn  $i$ ;  $Q$  là lưu lượng của các nguồn.

## 2. Phương trình cơ bản lan truyền các nguồn nước

Hệ phương trình cơ bản bài toán lan truyền nguồn nước bất kỳ  $p_i$  bao gồm hai loại phương trình: (1) Phương trình bảo tồn thành phần nước, và (2) Phương trình thủy lực (Saint Venant). Hệ phương trình lan truyền nguồn nước  $i$  (bài toán 1 chiều – 1D):

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (8)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} + kv|v| = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} + v \frac{\partial p_i}{\partial x} - \frac{1}{\omega} \frac{\partial}{\partial x} D_i \omega \frac{\partial p_i}{\partial x} - \frac{q}{\omega} (p_{iq} - p_i) = 0 \quad (10)$$

Trong đó:

- $Q, z$  là lưu lượng và mực nước mặt cắt;
- $v$ : vận tốc trung bình mặt cắt;
- $\omega$ : diện tích mặt cắt ngang (ướt) lòng dẫn;
- $\alpha$ : hệ số moment;
- $q$ : lưu lượng đơn vị gia nhập bên;
- $p_i, p_{iq}$ : tỷ lệ thành phần nguồn nước  $i$  và tỷ lệ thành phần nguồn nước  $i$  của dòng gia nhập bên  $q$ ;
- $D_i$ : hệ số phát tán;
- $g$ : gia tốc trọng trường.

Trong tính toán  $p_i$  có thể được biểu thị theo giá trị thực hay chuyển đổi theo số % cho dễ sử dụng.

### 3. Điều kiện biên, điều kiện ban đầu, cách giải

Điều kiện biên: gồm biên thủy lực và biên tỷ lệ nguồn nước:

- Điều kiện biên của nguồn nước  $i$  là tỷ lệ của nguồn  $i$  tại biên, tổng quát có dạng:

$$p_{b,i} = f(t) \quad (11)$$

- Trong nhiều trường hợp, tại biên chỉ có một nguồn nước, lúc đó  $p_b=1$  hoặc không xuất hiện nguồn nước quan tâm, lúc đó  $p_b=0$ .

Điều kiện ban đầu: cũng bao gồm các điều kiện ban đầu về thủy lực và nguồn nước. Điều kiện ban đầu của nguồn nước  $i$  là tỷ lệ của nguồn  $i$  tại tại thời điểm ban đầu trong hệ thống. Tổng quát điều kiện ban đầu có dạng:

$$p_{ini,i} = f(x, t_0) \quad (12)$$

Cách giải: Giải như phương trình truyền chất thông thường. Sử dụng các phần mềm tính toán truyền chất để giải (chẳng hạn MIKE11, KOD, SAL, ISIS...).

### 4. Các ứng dụng

Lý thuyết lan truyền các nguồn nước có thể áp dụng để giải quyết nhiều bài toán thực tế như tính nồng độ thể tích, xâm nhập mặn,... Nhờ biết được tác động của từng nguồn nước đến các vùng khác nhau nên có thể sử dụng lý thuyết này để tính toán điều khiển hệ thống rất thuận lợi. Trong khi phân tích nguồn nước cho từng mục tiêu khác nhau nên sử dụng một số chỉ tiêu đánh giá nguồn nước, chẳng hạn cường suất ảnh hưởng của nguồn ( $I_i$ ), chỉ số so sánh độ mạnh các nguồn ( $N_i/J$ ), tuổi của nguồn nước, chỉ số pha loãng, tốc độ pha loãng...

#### • Tính nồng độ thể tích

Nồng độ tức thời:

$$\text{Nồng độ chất A do nguồn } i \text{ gây ra: } C_{A,i}(t) = p_i(t)C_{A,i}^* ; \quad (13)$$

Trong đó:  $C_{A,i}^*$  là nồng độ chuẩn quy ước của chất A;  $p_i(t)$  là tỷ lệ nguồn nước  $i$  (hoặc nồng độ thể tích của nguồn nước  $i$ ).

Khi có nhiều nguồn, nồng độ tổng cộng của chất tan A do  $n$  nguồn khác nhau gây ra tại một điểm/mặt cắt là:  $C_A = \sum_{i=1}^n C_{A,i} = \sum_{i=1}^n p_i C_{A,i}^* \quad (14)$

Nồng độ trung bình thời gian:

Nồng độ trung bình thời gian của chất tan A do nguồn thứ i gây ra tại một điểm được tính theo công thức:  $\overline{C}_{A,i} = \overline{p}_{A,i} C_{A,i}^*$  (15)

Nồng độ trung bình thời gian tổng cộng của chất A do n nguồn khác nhau gây ra là:

$$\overline{C}_A = \overline{\sum_{i=1}^n C_{A,i}} = \overline{\sum_{i=1}^n (p_i C_{A,i}^*)} = \sum_{i=1}^n \overline{p_i} C_{A,i}^*; \quad (16)$$

• **Các chỉ tiêu đánh giá nguồn nước**

Ngoài tỷ lệ nguồn nước, dưới đây xin nêu thêm một số thông số có thể được sử dụng để đánh giá nguồn nước.

Thể tích thành phần nguồn nước i trao đổi qua mặt cắt: Dòng thành phần nguồn i đi qua mặt cắt nào đó trong thời gian T:

$$\text{- Dạng tích phân: } Wp_i = \int_T Q_i dt = \int_T p_i Q dt \quad (17)$$

- Dạng sai phân (thường hay dùng trong thực hành):

$$Wp_i = \sum_T p_i Q \Delta t = \sum_k p_i(t + k\Delta t) Q(t + k\Delta t) \Delta t \quad (18)$$

Thể tích thành phần nguồn nước i trao đổi trong vùng: Để biết tổng lượng thành phần nguồn nước i trao đổi trong miền khảo sát (vào-ra) ta cô lập miền khảo sát bằng Nj mặt cắt và tính tổng đại số (vào lấy trị dương, ra lấy trị âm):

$$\text{- Dạng tích phân: } Wp_i = \sum_{j=1}^{N_j} \int_T p_i Q dt \quad (19)$$

- Dạng sai phân (thường hay dùng trong thực hành):

$$Wp_i = \sum_T \sum_{j=1}^{N_j} p_{ij} Q \Delta t = \sum_j \sum_k p_{ij}(t + k\Delta t) Q(t + k\Delta t) \Delta t \quad (20)$$

Cường suất ảnh hưởng của nguồn, I: Tỷ lệ thành phần nguồn nước tại một vị trí phản ánh vai trò của nguồn đến vị trí đó. Để đánh giá được rõ hơn suất ảnh hưởng của các nguồn đến từng vị trí trong hệ thống, ta đưa thêm vào thông số **cường suất ảnh hưởng của nguồn**, được định nghĩa như sau:

$$I_i = \frac{\overline{p}_i}{\overline{Q}_{\text{biên của nguồn } i}} \quad (21)$$

Trong đó:

- $I_i$  là cường suất ảnh hưởng của nguồn i;
- $\overline{p}_i$  là tỷ lệ thành phần i tính trung bình thời gian;

- $\overline{Q}_{\text{biên của nguồn } i}$  là lưu lượng trung bình cùng thời kỳ của nguồn  $i$  tại biên hệ thống.

Theo định nghĩa,  $I_i$  tại một vị trí trong hệ thống bằng tỷ lệ thành phần nguồn  $i$  do một đơn vị nguồn ( $1\text{m}^3/\text{s}$ ) gây ra tại đó (tính trung bình), vì thế nó phản ánh độ mạnh của đơn vị nguồn.

*Chỉ số so sánh độ mạnh các nguồn,  $N_{i/j}$* : Để đánh giá vai trò tương đối về độ mạnh giữa nguồn  $i$  so với nguồn  $j$  tại một vị trí trong hệ thống ta đưa vào thông số **hệ số ảnh hưởng giữa các nguồn**, được định nghĩa là:

$$N_{i/j} = \frac{I_i}{I_j} \quad (22)$$

Trị số  $N_{i/j}$  cho biết ảnh hưởng của 1 đơn vị (tức là  $1\text{ m}^3/\text{s}$ ) tác động (tại biên) nguồn  $i$  lớn hơn ảnh hưởng của một đơn vị tác động (tại biên) nguồn  $j$  bao nhiêu lần (tại một vị trí nào đó trong hệ thống). Đây là thông số quan trọng giúp tính toán nhanh cách điều khiển các nguồn theo hướng có lợi nhất (chẳng hạn xả nước từ các hồ để đẩy mặn, xả nguồn nước sạch để pha loãng ô nhiễm,...).

*Mức độ triệt giảm tỷ lệ thành phần nước,  $\Delta p_i$* : Mức triệt giảm tỷ lệ thành phần nguồn nước  $i$  tại điểm (vị trí)  $M$  trong một thời đoạn từ thời điểm  $t=t_1$  đến thời điểm  $t=t_2$  được định nghĩa là:

$$\Delta p_i(M) = p_i(M, t_1) - p_i(M, t_2) \quad (23)$$

*Chỉ số triệt giảm tương đối tỷ lệ thành phần nước,  $K$* : Tại một vị trí  $M$  nào đó trong vùng nghiên cứu, chỉ số triệt giảm  $p_i$  trong một thời đoạn từ thời điểm ban đầu  $t=t_0$  đến thời điểm  $t=t_2$  được định nghĩa là:

$$K_{pl-p_i}(M) = \frac{p_i(M, t_2)}{p_i(M, t_0)} 100 \quad (\%) \quad (24)$$

Chỉ số triệt giảm cũng là yếu tố quan trọng cho biết thành phần nguồn nước còn lại bao nhiêu phần trăm (%) so với ban đầu. Đây cũng là thông số đánh giá mức độ lưu cữu thành phần  $i$ .

*Chỉ số tốc độ pha loãng,  $I$  (Tốc độ pha loãng tức thời)*: Tốc độ pha loãng tức thời nguồn nước  $i$  tại điểm  $M$  trong hệ thống là giới hạn:

$$I_{pl-p_i}(M) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta p_i(M)}{\Delta t} \quad (\%/giờ) \quad (25)$$

Trong đó:

- $\Delta p_i(M) = p_i(M, t_1) - p_i(M, t_2)$
- $\Delta t = t_2 - t_1$ : thời gian triết giảm

Trong một số trường hợp, để thủy sản và thủy sinh không bị sốc bởi sự thay đổi  $p_i$  quá nhanh thì cần phải khống chế sự thay đổi thành phần nguồn nước đó không được quá lớn, tốc độ pha loãng an toàn của loài thủy sinh được tính như sau:

$$I_{pl-p_i} \leq [I_{pl-p_i}] \quad (26)$$

*Tốc độ pha loãng trung bình thời gian*: Tốc độ pha loãng thành phần nguồn nước trung bình thời gian là biểu thức:

$$\bar{I}_{pl-p_i}(M) = \frac{\Delta p_i(M)}{\Delta t} (\%/ngày, \%/tuần, \dots) \quad (27)$$

Trong đó các ký hiệu giống như trên. Đây là thông số đánh giá mức độ lưu cữu thành phần nguồn nước  $i$ .

Tốc độ trung bình thời gian cũng là một chỉ tiêu rất quan trọng đối với một số nhiệm vụ của hệ thống, như việc thay nước làm sạch các ao nuôi hay hệ thống thủy lợi cho thủy sản. Chẳng hạn, đối với nuôi tôm cần khống chế tốc độ thay nước trong ao thỏa mãn điều kiện:

$$\bar{I}_{pl}(M) \geq \bar{I}_{pl}(M) \quad (28)$$

Trong đó  $[I_{pl}]$  là tốc độ triết giảm yêu cầu, thường tính theo ngày hoặc vài ba ngày, tuần và có thể khống chế ở mức **(10 ÷ 30%)/ngày** tùy theo từng vùng thổ nhưỡng khác nhau. Đây là một tốc độ rất lớn đòi hỏi công trình phải có quy mô rất lớn, vượt xa quy mô yêu cầu cho mục đích tưới tiêu nông nghiệp.