TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đánh giá tình hình phát sinh nước thải khu vực nội vi vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030

Lê Ngọc Tuấn[1]*

[1] Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; lntuan@hcmus.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lntuan@hcmus.edu.vn; Tel.: +84–908391379

Ban Biên tập nhận bài: 12/4/2023; Ngày phản biện xong: 15/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Tải lượng các chất ô nhiễm TSS, BOD, COD, tổng Nitơ (TN) và tổng Photpho (TP) trong nước thải sinh hoạt - dịch vụ (SH-DV), nuôi trồng thủy sản (NTTS), tiểu thủ công nghiệp (TTCN), chăn nuôi (ChN) và du lịch phát sinh tại vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM) được xem xét, dự báo đến năm 2030 với 3 kịch bản xử lý nước thải (XLNT) khác nhau. Trong nghiên cứu này, các phương pháp điều tra, khảo sát, lấy mẫu và kỹ thuật GIS được sử dụng nhằm mục tiêu xác định loại nguồn thải, nguồn tiếp nhận nước thải, khu vực và thời điểm xả thải đáng quan tâm trong năm. Kết quả cho thấy NTTS hiện phát sinh tải lượng ô nhiễm lớn nhất trong phạm vi nghiên cứu, chiếm 90-92,5% (tính theo các thông số ô nhiễm nêu trên); tiếp đến là SH-DV và chăn nuôi. Nguồn tiếp nhận chủ yếu bao gồm sông Soài Rạp (74,5%), Lòng Tàu (15,4%) và Đồng Tranh (6,6%). Dự báo đến năm 2030, tải lượng ô nhiễm gia tăng 2,2 lần (tính theo COD) nếu không cải thiện tình hình XLNT. Tình trạng này sẽ được cải thiện đáng kể khi các quy chuẩn xả thải được thực thi hiệu quả hoặc đáp ứng tối đa. Kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở dữ liệu hữu ích cho công tác kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ môi trường và hoạch định chính sách phát triển tại địa phương.

Từ khóa: Nước Thải; Tải Lượng Ô Nhiễm; Vùng Bờ; Xử lý nước thải.

1. Mở đầu

Nước mặt là tài nguyên quý giá, gắn bó mật thiết với sự phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH). Tuy nhiên, quá trình khai thác, sử dụng chưa hợp lý đã tạo nhiều thách thức đối với chất lượng nước (CLN), trong đó, nước thải là tác nhân quan trọng, đáng quan tâm, đòi hỏi việc quản lý nguồn thải và kiểm soát ô nhiễm cần được ưu tiên và vận hành hiệu quả. Theo đó, định vị nguồn phát sinh, loại hình phát thải, xác định tải lượng và thông số ô nhiễm đáng quan tâm... là những hoạt động tiên quyết [1–8].

Tải lượng ô nhiễm là khối lượng chất ô nhiễm trong nước thải (hoặc nguồn tiếp nhận) ở một thời đoạn, được xác định thông qua hệ số phát thải [9–10], hoặc dựa trên đặc trưng nước thải của từng loại nguồn thải [11], hoặc tích số giữa nồng độ trung bình của chất ô nhiễm và lưu lượng nước thải [12–13]. Vùng bờ TpHCM bao gồm toàn bộ diện tích đất liền của huyện Cần Giờ và vùng biển ven bờ có ranh giới ngoài cách mép bờ 06 hải lý (khoảng 11 km) từ vịnh Gành Rái đến cửa Soài Rạp, có vai trò đặc biệt quan trọng đối với sự phát triển của thành phố. Tuy nhiên, nguồn nước nơi đây đang đối mặt với nhiều rủi ro, nguy cơ ô nhiễm do các hoạt động dân sinh, kinh tế hiện hữu cũng như quy hoạch phát triển trong tương lai.

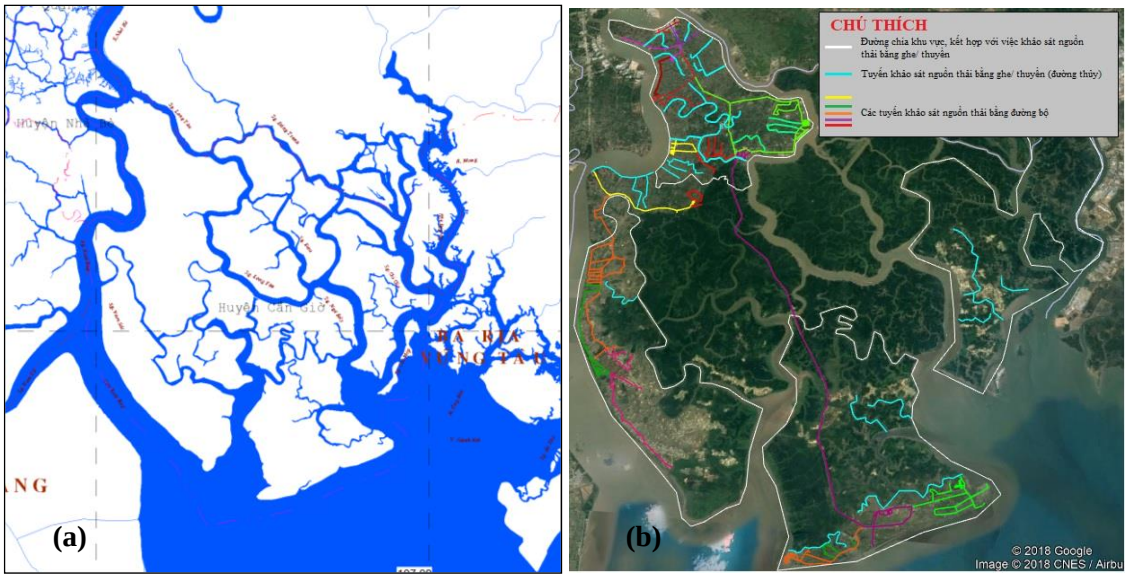
Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá tình hình phát sinh, xử lý nước thải (XLNT) và dự báo tải lượng ô nhiễm trong nước thải khu vực nội vi vùng bờ TpHCM đến năm 2030, xác

định các (loại) nguồn thải, thời điểm, khu vực phát thải và các nguồn nước tiếp nhận đáng quan tâm. Kết quả nghiên cứu kỳ vọng đóng góp cơ sở cho việc hoạch định và thực thi các chính sách, phương cách quản lý môi trường nước mặt vùng bờ phù hợp, dài hạn và hệ thống.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực Sài Gòn - Đồng Nai là lưu vực chính thuộc vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai (HTSĐN), bao gồm sông Sài Gòn (sau hồ Dầu Tiếng, từ Thủ Dầu Một) nhập lưu sông Đồng Nai (sau hồ Trị An, từ Biên Hoà) tại nam Cát Lái tạo thành sông Nhà Bè. Từ cuối Phú Xuân, huyện Nhà Bè, dòng chính chia ra sông Lòng Tàu phía tả ngạn và sông Soài Rạp phía hữu ngạn, nhận nước sông Vàm Cỏ trước khi đổ ra vịnh Đồng Tranh. Đổ vào vịnh Đồng Tranh còn có sông Đồng Tranh -nối liền các sông rạch nhỏ ở phần tây huyện Cần Giờ. Sông Lòng Tàu cùng với các sông Gò Gia, sông Thị Vải, sông Thêu, sông Cái Mép (ở phía đông huyện Cần Giờ và các huyện Nhơn Trạch, Long Thành - tỉnh Đồng Nai, huyện Tân Thành - tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu) đổ ra vịnh Gành Rái. Phạm vi tính toán phát thải phục vụ mô phỏng chất lượng nước mặt lục địa là tiểu lưu vực Nhà Bè - huyện Cần Giờ, Tp. HCM (thuộc vùng hạ lưu HTSĐN) (Hình 1).



Hình 1: Phạm vi nghiên cứu: (a) Hệ thống nguồn tiếp nhận nước thải nội vi vùng bờ TpHCM, (b) Phân tuyến khảo sát đặc điểm dân sinh, kinh tế, môi trường và nguồn thải.

2.2. Phương pháp khảo sát hiện trường, lấy mẫu và phân tích mẫu

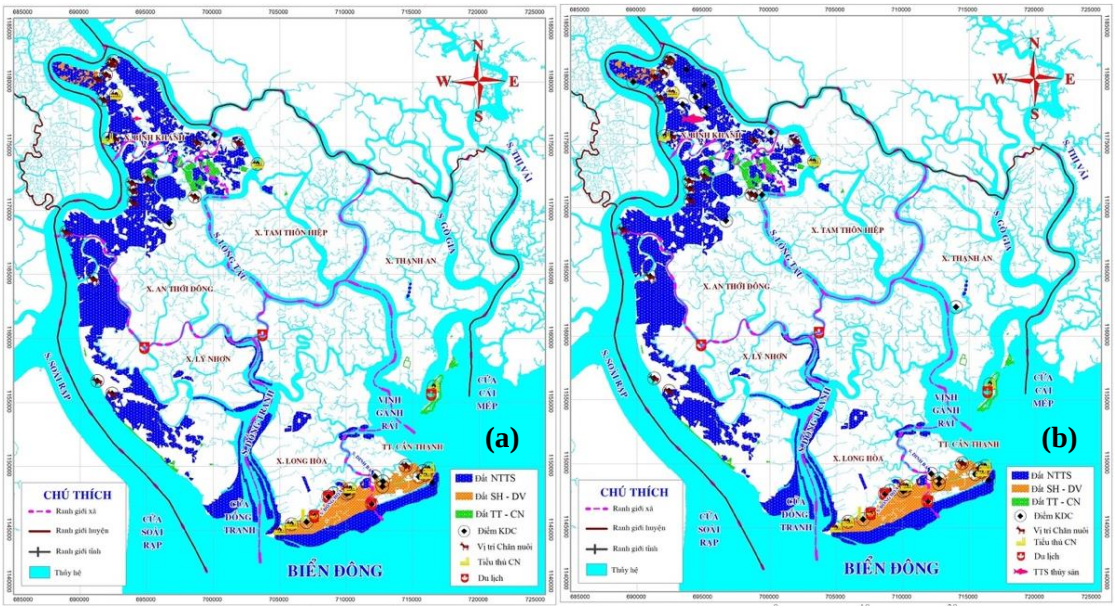
- Khảo sát nguồn tiếp nhận: Thu thập bản đồ hành chính, địa hình và thuỷ hệ vùng bờ Tp. HCM. Tổng hợp thông tin, dữ liệu về đặc điểm tự nhiên của các sông, cửa sông, các vịnh, vùng biển ven bờ và hiện trạng môi trường xung quanh nguồn tiếp nhận (Hình 1a).

- Khảo sát nguồn thải: Tiếp cận các loại nguồn thải chủ yếu trong phạm vi vùng bờ gồm sinh hoạt - dịch vụ (SH-DV), nuôi trồng thuỷ sản (NTTS), tiểu thủ công nghiệp (TTCN), chăn nuôi và du lịch (Hình 1b). Thu thập các thông tin, dữ liệu về quy mô, phạm vi, các loại hình xả nước thải và các tác động có liên quan của những đối tượng thải trên 5 m^3/ngày và các khu dân cư (KDC) diện tích trên 5 ha… làm cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm trong nước thải (Hình 2).

- Lấy mẫu: Trên cơ sở cân nhắc tính kế thừa (nồng độ đặc trưng của NTSH, chăn nuôi heo, chế biến thuỷ sản (CBTS)), tính đại diện, đặc điểm hiện trường, an toàn cho nhân sự, thiết bị, phương tiện… Trong nghiên cứu này, nước thải phát sinh từ hoạt động nuôi tôm (10

mẫu - cuối vụ nuôi) và dịch vụ ven biển (10 mẫu) được lấy đảm bảo tuân thủ TCVN 5999:1995 (ISO 5667/10: 1992).

- Phân tích mẫu: Các thông số BOD, COD, Tổng Nito (TN), Tổng Phospho (TP) và TSS lần lượt được phân tích đáp ứng TCVN 6001-1:2008, SMEWW 5220C:2012, SMEWW 4500N C:2012, SMEWW 4500P B&E:2012 và TCVN 6625:2000.



Hình 2. Phân bố các nguồn thải chính khu vực nội vi vùng bờ TpHCM: (a) Hiện trạng, (b) Năm 2030.

2.3. Phương pháp và cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm trong nước thải

- Công thức tính toán: L = C × Q. Trong đó, L là tải lượng chất ô nhiễm trong nước thải (kg/ngày hoặc tấn/năm); C là nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải (mg/L); Q là lưu lượng nước thải (m3/ngày).

- Cơ sở tính toán: Hiện trạng KT-XH liên quan đến các nguồn thải kể trên được thu thập từ số liệu thống kê. Kịch bản phát triển giai đoạn 2021-2030 được xây dựng trên cơ sở các quy hoạch, kế hoạch phát triển KT-XH huyện Cần Giờ, tổng thể Tp. HCM cũng như các ngành, lĩnh vực liên quan. Cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm nội vi vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 được tóm tắt ở Bảng 1.

- Kịch bản phát thải: (KB1) Phát thải cao - XLNT trong tương lai không thay đổi so với hiện trạng; (KB2) Phát thải trung bình - XLNT đáp ứng các quy chuẩn xả thải tương ứng và mục tiêu CLN của nguồn tiếp nhận; (KB3) Phát thải thấp - XLNT đáp ứng tối đa (đạt mức cao nhất) các quy chuẩn xả thải tương ứng nhằm tối ưu hoá chất lượng nước thải sau xử lý, tạo động lực quản lý môi trường tại địa phương, hướng đến mục tiêu phát triển bền vững.

- Các quy chuẩn tham chiếu: QCVN 11:2015/BTNMT về nước thải CBTS; QCVN 14:2015/BTNMT về NTSH; QCVN 40:2011/BTNMT về nước thải công nghiệp; QCVN 62:2016/BTNMT về nước thải chăn nuôi; QCVN 02-19:2014/BNNPTNT về cơ sở nuôi tôm nước lợ; QCVN 01-79:2011/BNNPTNT về cơ sở chăn nuôi gia súc, gia cầm.

Bảng 1. Cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm từ các nguồn thải chính.

Nguồn thải	Số lượng, Diện tích	Vị trí xả thải	Cấp nước và Xả thải	Nồng độ nước thải
1. Sinh hoạt - Dịch vụ	- Số liệu thống kê dân số huyện Cần Giờ. - Dân số năm 2025, 2030: báo cáo Điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng huyện Cần Giờ - TP.HCM [14].	- Hiện trạng và quy hoạch các KDC tập trung và tự phát. - Hệ thống cống thoát và kênh rạch tiếp nhận nước	- Chỉ tiêu cấp nước sinh hoạt đô thị và nông thôn đến 2030 lần lượt là 150 và 100 L/người.ngày [14]; cho hoạt động thương mại - dịch vụ (trừ du lịch) tính bằng 10%.	- Cần Giờ không có hệ thống XLNT tập trung, các hộ dân sử dụng bể tự hoại và tiêu thoát tự nhiên vào sông rạch. - Kế thừa đặc trưng về nồng độ NTSH.

Nguồn thải	Số lượng, Diện tích	Vị trí xả thải	Cấp nước và Xả thải	Nồng độ nước thải
		thải của từng xã [14, 15].	lượng nước cấp sinh hoạt [16]. - Lượng nước thải tương đương nước cấp.	
2. Nuôi trồng thủy sản	- Khoảng 80% diện tích NTTS được dùng để nuôi tôm, còn lại là nhuyễn thể (nghêu, hào, sò huyết, ốc hương) và các loài khác (cá dứa, cá bóp, cua, cá chẽm…) - Diện tích nuôi tôm: phân theo loại hình (công nghiệp - bán công nghiệp (CN-BCN); quảng canh cải tiến (QCCT)) và phân theo tháng [17].	- Dữ liệu khu vực nuôi tôm hiện trạng kết hợp với quy hoạch phát triển thủy sản Tp. HCM.	- Độ sâu trung bình của ao nuôi CN-BCN và QCCT lần lượt là 1,3m và 1m. Thời gian trung bình mỗi vụ tương ứng 3 tháng và 4 tháng. - Thay nước ao nuôi: bắt đầu từ tháng thứ 2 sau khi thả giống; 20% thể tích/lần; 02 lần/tháng (vào 2 đợt triều cường hàng tháng). - Lưu lượng nước thải: căn cứ diện tích, thời gian nuôi và thay nước.	- Kết quả phân tích mẫu đại diện.
3. Tiểu thủ công nghiệp	- Hiện trạng và tái cơ cấu số lượng, diện tích cơ sở CBTS đến năm 2025 [18]. - Tốc độ phát triển TTCN ở Cần Giờ giai đoạn 2015-2020 là 10,6%/năm, giả định đồng thời là tốc độ phát triển đến 2030.	- Các nguồn thải từ hoạt động CBTS chủ yếu xen cài trong khác KDC.	- Cơ sở CBTS có quy mô nhỏ, nhu cầu sử dụng nước khoảng 2 m^3/ngày. - Chỉ tiêu cấp nước cho nhà máy CBTS thuộc TT. Thủy sản Bình Khánh là 70 m^3/ha.ngày (2025), nước thải bằng 90% nước cấp [19]. - Tốc độ gia tăng lưu lượng nước thải giả định tương đương tốc độ phát triển TTCN ở Cần Giờ.	- Các cơ sở TTCN (phần lớn là cơ sở chế biến tôm) quy mô hộ gia đình, công nghệ thủ công, chưa trang bị hệ thống XLNT. - Kế thừa đặc trưng về nồng độ nước thải CBTS [20].
4. Chăn nuôi	- Hiện trạng số lượng vật nuôi tại Cần Giờ phân theo xã/thị trấn. - Số lượng vật nuôi đến năm 2025 [18], giả định tốc độ tăng trưởng giai đoạn 2020-2030 tương tự 2011-2020 (6,5 %/năm).	- Hiện trạng chăn nuôi và quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp huyện Cần Giờ.	- Chăn nuôi heo có nhu cầu sử dụng nước cao, khoảng 14,6 m^3/con.năm - đồng thời là đối tượng được tiếp cận đánh giá mức độ phát thải trong nghiên cứu này.	- Trên địa bàn huyện hiện có 152 hộ chăn nuôi với hơn 60% số hộ có chuồng trại hợp vệ sinh. - Kế thừa đặc trưng về nồng độ nước thải chăn nuôi heo.
5. Du lịch	- Số liệu thống kê du khách tham quan và lưu trú giai đoạn 2016-2020. - Ước tính số lượng du khách đến 2030 dựa trên tốc độ gia tăng bình quân và định hướng phát triển ngành du lịch.	- Các khu du lịch nằm trong các khu quy hoạch, do đó, vị trí xả thải được xác định cùng với điểm thải của các KDC.	- Chi tiêu cấp nước cho khách lưu trú và khách tham quan lần lượt bằng 100% và 20% tiêu chuẩn nước cấp cho dân cư đô thị. - Lượng nước thải tương đương nước cấp.	- Kết quả phân tích mẫu đại diện.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Lưu lượng nước thải phát sinh tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030

Kết quả ước tính lưu lượng nước thải phát sinh tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 được trình bày ở Bảng 2 hiện khoảng 53,9 triệu m^3/năm, tăng lần lượt 2 lần và 2,48 lần vào năm 2025 và 2030 do sự thay đổi về quy mô, loại hình NTTS cũng như quy hoạch gia tăng đáng kể dân số tại huyện Cần Giờ từ năm 2025. Cụ thể như sau:

- Sinh hoạt - dịch vụ: lưu lượng nước thải hiện khoảng 12.414 m^3/ngày - tương đương 4,53 triệu m^3/năm, lần lượt tăng 3,6 và 5,6 lần vào năm 2025 và 2030 theo quy hoạch dân cư huyện Cần Giờ. Trong đó, khu vực thành thị phát thải gấp 1,4 lần khu vực nông thôn và dự kiến gấp 4,8 lần từ năm 2025. Chủ yếu tại các khu vực: ấp Đồng Tranh, Hòa Hiệp, KP. Giồng Ao, Miễu Ba (cụm Long Hòa - Cần Thạnh), ấp Thạnh Bình (xã Thạnh An), ấp An Đông (xã An Thới Đông), ấp An Hòa, An Phước (xã Tam Thôn Hiệp), ấp Bình Phước, Bình Trung, Bình An (xã Bình Khánh)... Từ năm 2025, dự báo lưu lượng nước thải tăng cao tại Khu đô thị lấn biển Long Hòa - Cần Thạnh, các khu du lịch sinh thái - nhà vườn như Sadeco, trung tâm dân cư huyện Cần Giờ...
- Du lịch: hiện phát thải khoảng 57,8 nghìn m^3/năm, tập trung vào các thời điểm hoạt động du lịch sôi nổi (các tháng đầu năm và các tháng hè), chủ yếu tại khu vực Cần Thạnh - Long Hòa. Với định hướng phát triển Khu du lịch biển vào năm 2025, lượng nước thải dự báo gia tăng lần lượt 3,1 lần và 4 lần vào năm 2025 và 2030.
- Tiểu thủ công nghiệp (chế biến thủy sản): quy hoạch phát triển TTCN nói chung và sự hình thành Trung tâm thủy sản thành phố vào năm 2025 giải thích cho sự gia tăng lưu lượng nước thải: từ khoảng 45,2 nghìn m^3/năm (hiện trạng) lên 758,5 nghìn m^3/năm và 1,26 triệu m^3/năm tương ứng với năm 2025 và 2030.
- Chăn nuôi (heo): số lượng đàn heo quy hoạch đến năm 2025 không có chuyển biến đáng kể so với hiện tại (từ 9.600 lên 10.000 con), theo đó, lưu lượng nước thải phát sinh dao động từ 140-146 nghìn m^3/năm.
- Nuôi trồng thuỷ sản (nuôi tôm): là hoạt động phát thải chủ yếu, chiếm hơn 90% lượng nước thải hiện nay tại khu vực nghiên cứu (và khoảng 80% vào năm 2030), tương đương 49 triệu m^3/ năm, phần lớn tại các xã Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn. Lưu lượng nước thải ước tính gia tăng 2,17 lần vào năm 2030 cùng với sự thay đổi đáng quan tâm về khu vực canh tác - tập trung chủ yếu tại xã Lý Nhơn.

Bảng 2. Ước tính lưu lượng nước thải (nghìn m^3) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030.

Thời gian	Sinh hoạt - dịch vụ	Du lịch	Tiểu thủ công nghiệp	Chăn nuôi	Nuôi trồng thủy sản	Tổng
Hiện trạng	4.531	57	45	140	49.087	**53.865**
Năm 2025	16.482	176	758	146	90.708	**108.288**
Năm 2030	25.359	228	1.255	146	106.356	**133.371**

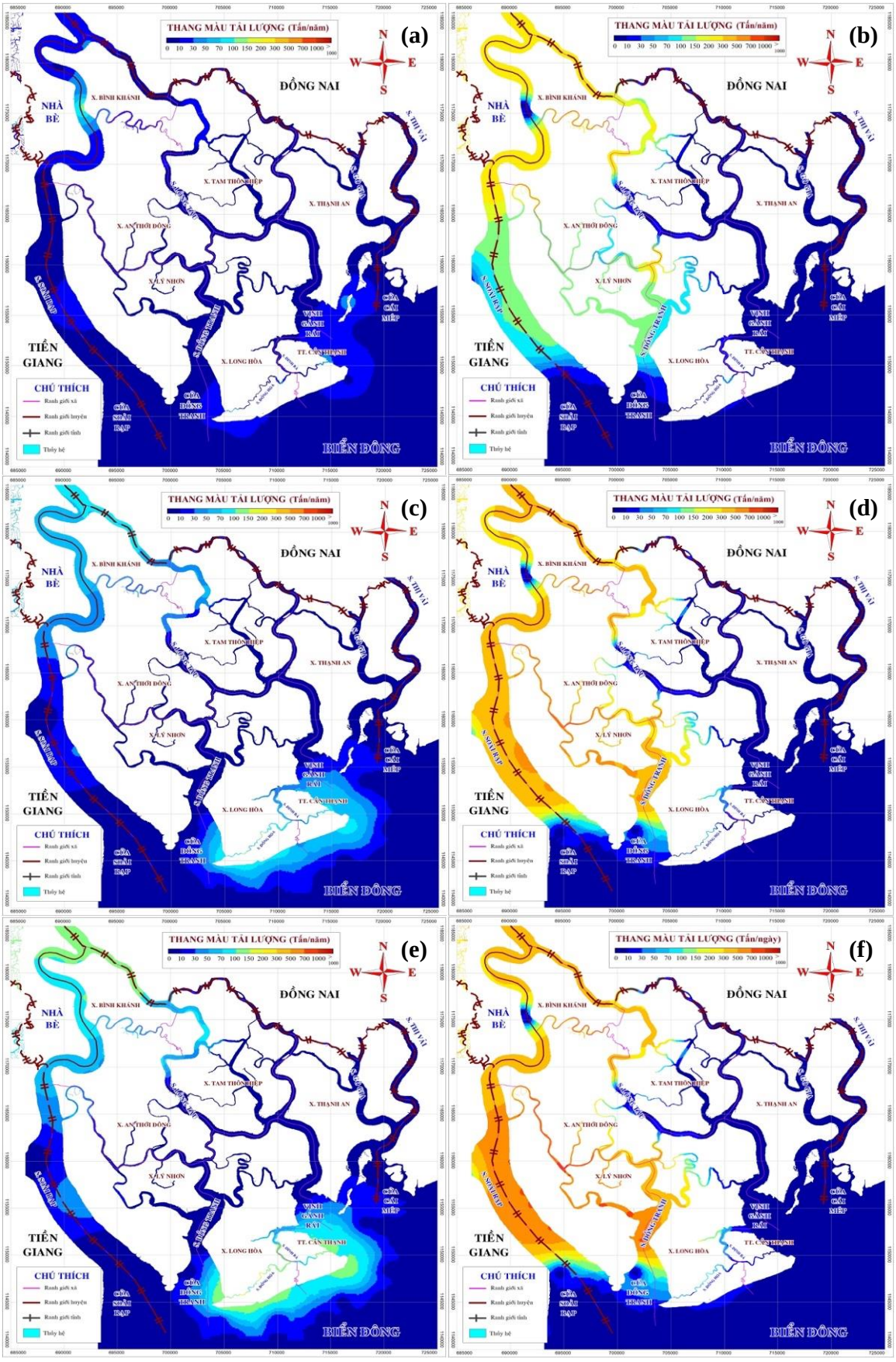
3.2. Tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 phân theo nguồn phát sinh

Hình 3-4 trình bày kết quả tính toán từ mô hình phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030. Bảng 3 cho thấy NTTS, SH-DV và chăn nuôi là các nguồn thải chính. Trong đó:

- NTTS: lĩnh vực phát thải chủ yếu tại khu vực nghiên cứu (Hình 3). Tải lượng TSS, BOD, COD, TN, TP hiện chiếm 90-92,5% tổng tải lượng ô nhiễm của các thông số tương ứng, đồng thời duy trì ở mức cao đến năm 2030 (dao động từ 79-87% - KB1) với sự gia tăng đáng kể giá trị (gấp 2,2 lần tính theo COD). Do đó, nhằm hài hoà mục tiêu phát triển KT-XH và bảo vệ chất lượng nước mặt vùng bờ Tp. HCM, cần ưu tiên kiểm soát tốt tình hình phát thải từ hoạt động NTTS.
- SH-DV: là nguồn thải có tỷ lệ tải lượng ô nhiễm xếp thứ 2 trong phạm vi nghiên cứu, hiện dao động từ 4-6,2%, tăng lên 9,8-14,8% vào năm 2030 (KB1) tương đương 2,4 lần so với hiện trạng do sự gia tăng dân số đáng kể vào năm 2025 và 2030 (lần lượt đạt 300.000 và 314.000 người).
- Chăn nuôi: tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP hiện dao động từ 1,6-3,8%.
- Du lịch và TTCN: có tỉ lệ phát thải không đáng kể so với các nguồn khác tại vùng bờ.

Bảng 3. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 phân theo loại nguồn thải.

Thời gian	Nguồn thải	TSS		BOD		COD		TN		TP	
		L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
Hiện trạng	SH-DV	466,7	5,5	353,4	4,0	919,8	6,2	81,6	5,3	74,3	5,6
	Du lịch	22,1	0,3	16,8	0,2	43,6	0,3	3,9	0,3	3,5	0,3
	TTCN	6,6	0,1	7,2	0,1	10,4	0,1	8,9	0,6	1,1	0,1
	ChN	210,2	2,5	336,4	3,8	504,6	3,4	56,1	3,7	21,0	1,6
	NTTS	7.854,0	91,8	8.099,5	91,9	13.253,7	90,0	1.374,5	90,1	1.227,2	92,5
	TỔNG	**8.559,7**		**8.813,3**		**14.732,1**		**1.524,9**		**1.327,1**	
Năm 2025-KB1	SH-DV	1.697,6	10,2	1.285,6	7,7	3.345,8	11,7	296,7	9,7	270,3	10,4
	Du lịch	67,3	0,4	51,0	0,3	132,6	0,5	11,8	0,4	10,7	0,4
	TTCN	110,0	0,7	121,4	0,7	174,4	0,6	149,4	4,9	18,2	0,7
	ChN	219,0	1,3	350,4	2,1	525,6	1,8	58,4	1,9	21,9	0,8
	NTTS	14.513,3	87,4	14.966,9	89,2	24.491,3	85,4	2.539,8	83,1	2.267,7	87,6
	TỔNG	**16.607,2**		**16.775,2**		**28.669,7**		**3.056,1**		**2.588,8**	
Năm 2025-KB2	SH-DV	1.648,2	15,1	824,1	15,1	2.472,2	15,1	164,8	8,0	164,8	22,5
	Du lịch	65,3	0,6	32,7	0,6	98,0	0,6	6,5	0,3	6,5	0,9
	TTCN	75,8	0,7	37,9	0,7	113,8	0,7	45,5	2,2	15,2	2,1
	ChN	21,9	0,2	14,6	0,3	43,8	0,3	21,9	1,1	0,9	0,1
	NTTS	9.070,8	83,4	4.535,4	83,3	13.606,3	83,3	1.814,2	88,4	544,3	74,4
	TỔNG	**10.882,1**		**5.444,7**		**16.334,1**		**2.052,9**		**731,6**	
Năm 2025-KB3	SH-DV	824,1	15,1	494,4	15,1	1.236,1	15,1	82,4	4,2	98,9	20,9
	Du lịch	32,7	0,6	19,6	0,6	49,0	0,6	3,3	0,2	3,9	0,8
	TTCN	37,9	0,7	22,8	0,7	56,9	0,7	22,8	1,2	7,6	1,6
	ChN	21,9	0,4	5,8	0,2	43,8	0,5	21,9	1,1	0,9	0,2
	NTTS	4.535,4	83,2	2.721,3	83,4	6.803,1	83,1	1.814,2	93,3	362,8	76,5
	TỔNG	**5.452,0**		**3.263,9**		**8.188,9**		**1.944,5**		**474,1**	
Năm 2030-KB1	SH-DV	2.612,0	13,0	1.978,0	9,8	5.147,8	14,8	456,5	12,2	415,9	13,2
	Du lịch	87,2	0,4	66,1	0,3	171,9	0,5	15,2	0,4	13,9	0,4
	TTCN	182,0	0,9	200,8	1,0	288,7	0,8	247,3	6,6	30,1	1,0
	ChN	219,0	1,1	350,4	1,7	525,6	1,5	58,4	1,6	21,9	0,7
	NTTS	17.017,0	84,6	17.548,7	87,1	28.716,1	82,4	2.978,0	79,3	2.658,9	84,7
	TỔNG	**20.117,2**		**20.144,0**		**34.850,2**		**3.755,4**		**3.140,7**	
Năm 2030-KB2	SH-DV	2.535,9	18,9	1.267,9	18,9	3.803,8	18,9	253,6	10,2	253,6	27,4
	Du lịch	84,7	0,6	42,4	0,6	127,1	0,6	8,5	0,3	8,5	0,9
	TTCN	125,5	0,9	62,8	0,9	188,3	0,9	75,3	3,0	25,1	2,7
	ChN	21,9	0,2	14,6	0,2	43,8	0,2	21,9	0,9	0,9	0,1
	NTTS	10.635,6	79,3	5.317,8	79,3	15.953,4	79,3	2.127,1	85,6	638,1	68,9
	TỔNG	**13.403,6**		**6.705,5**		**20.116,4**		**2.486,4**		**926,2**	
Năm 2030-KB3	SH-DV	1.267,9	18,9	760,8	18,9	1.901,9	18,9	126,8	5,5	152,2	25,5
	Du lịch	42,4	0,6	25,4	0,6	63,5	0,6	4,2	0,2	5,1	0,9
	TTCN	62,8	0,9	37,7	0,9	94,1	0,9	37,7	1,6	12,6	2,1
	ChN	7,3	0,1	5,8	0,1	14,6	0,1	7,3	0,3	0,6	0,1
	NTTS	5.317,8	79,4	3.190,7	79,4	7.976,7	79,4	2.127,1	92,4	425,4	71,4
	TỔNG	**6.698,2**		**4.020,4**		**10.050,9**		**2.303,1**		**595,8**	



Hình 3. Phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1) trong mối quan hệ với sự gia tăng số lượng [a-c] và thay đổi vị trí nguồn thải [d-f]: (a) COD/SH-DV/Hiện trạng; (b) COD/SH-DV/2025; (c) COD/SH-DV/2030; (d) TSS/NTTS/Hiện trạng; (e) TSS/NTTS/2025; (f) TSS/NTTS/2030.

3.3. Tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 phân theo nguồn tiếp nhận

Tải lượng ô nhiễm xả thải vào các nguồn tiếp nhận hiện phân bố như sau: sông Soài Rạp (74,5%), sông Lòng Tàu (15,4%), sông Đồng Tranh (6,6%), sông Đồng Hòa (2,3%), ven biển (0,6%), sông Dinh Ba (0,33%) và sông Thị Vải (0,3%). Các tỉ lệ này vào năm 2030 lần lượt là 63,8%, 11,9%, 17,4%, 3,9%, 1,8%, 1,2% và 0,13%. Như vậy, Soài Rạp, Lòng Tàu và Đồng Tranh là 03 nguồn tiếp nhận chủ yếu tại vùng bờ Tp.HCM (Hình 4). Cụ thể như sau:

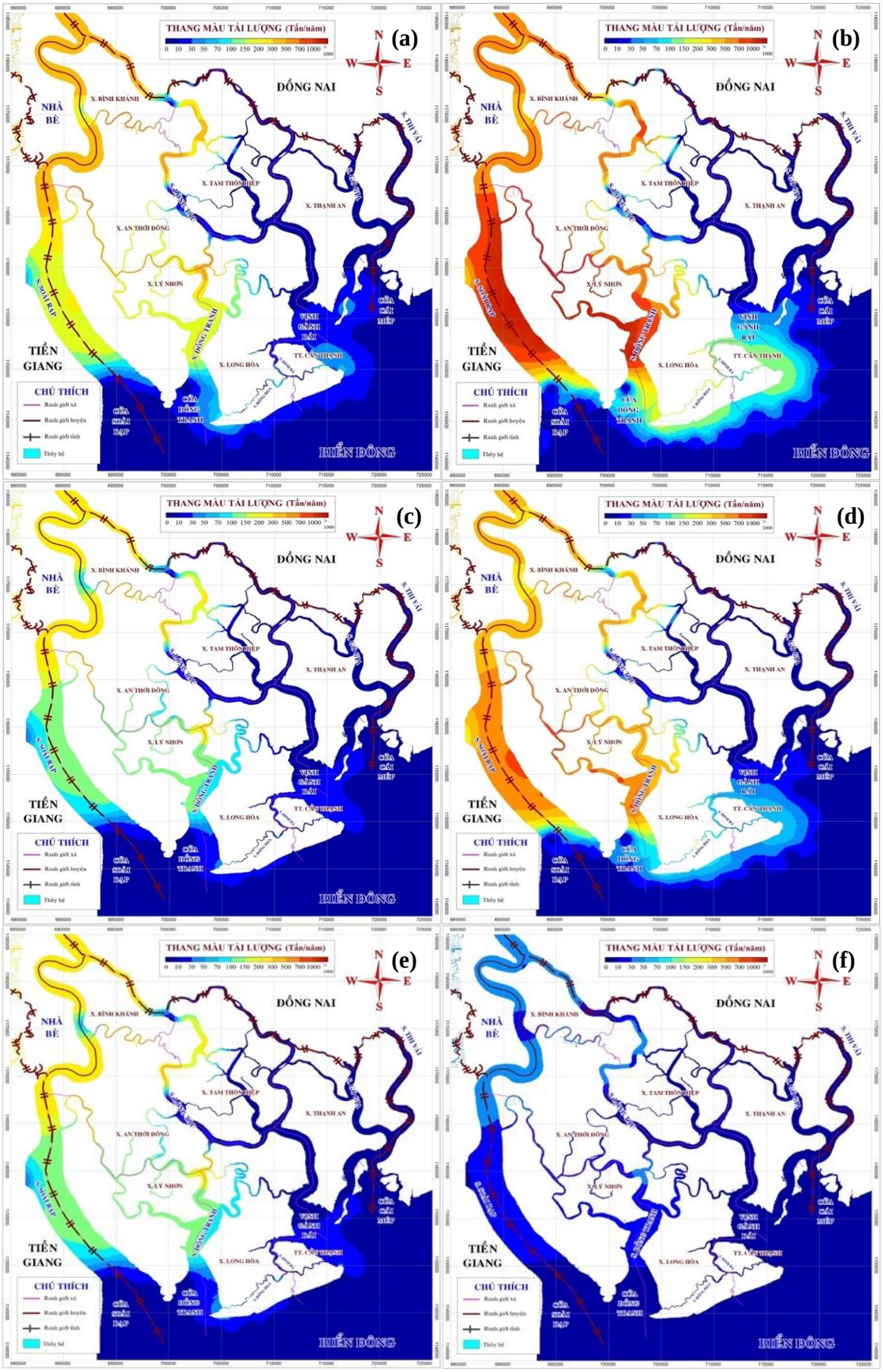
- Sông Soài Rạp: hiện tiếp nhận 74,5% tải lượng ô nhiễm với nguồn phát thải chính từ NTTS (94,3%) và SH-DV (4,2%). Tải lượng năm 2030 dự tính tăng 2,2 lần (tính theo COD).
- Sông Lòng Tàu: hiện tiếp nhận 2.259 tấn/năm -chủ yếu từ NTTS (94,1%) và chăn nuôi (3,4%), tăng lên 4.195 tấn/năm vào 2030 khoảng 1,9 lần (tính theo COD).
- Sông Đồng Tranh: tải lượng ô nhiễm hiện tiếp nhận 6,6% (L_{COD} khoảng 953 tấn/năm), tăng lên 17,4% vào năm 2030 (L_{COD} tăng 6,3 lần) chủ yếu từ NTTS và SH-DV.

Bảng 4 trình bày tải lượng ô nhiễm phân theo đơn vị hành chính cấp xã trên địa bàn huyện Cần Giờ, phục vụ công tác quản lý nhà nước về môi trường.

Bảng 4. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1) phân theo đơn vị hành chính.

Xã/thị trấn	Thời gian	TSS	BOD	COD	TN	TP
An Thới Đông	Hiện trạng	3.185,5	3.281,8	5.415,9	560,1	496,3
	2025 - KB1	4.375,4	4.463,9	7.476,1	768,6	682,5
	2030 - KB1	4.720,6	4.784,4	8.095,2	829,0	736,9
Bình Khánh	Hiện trạng	3.277,3	3.360,0	5.622,0	578,8	509,5
	2025 - KB1	4.411,6	4.440,9	7.625,4	892,0	688,7
	2030 - KB1	4.930,1	4.901,2	8.575,7	1.058,0	771,2
Long Hòa	Hiện trạng	202,4	231,1	418	47,3	27,6
	2025 - KB1	509,2	556,1	621,4	456,0	433,4
	2030 - KB1	764,7	812,9	898,3	691,4	661,9
Cần Thạnh	Hiện trạng	119,2	117,7	243,5	25,6	17,3
	2025 - KB1	520,7	542,7	610	448,5	437,6
	2030 - KB1	769,8	792,8	876,6	679,3	665,1
Lý Nhơn	Hiện trạng	1.272,3	1.309,8	2.161,9	223,5	198,3
	2025 - KB1	5.742,6	5.911,1	9.713,3	1.005,7	897,0
	2030 - KB1	7.843,4	8.069,6	13.266,6	1.373,4	1.225,3
Tam Thôn Hiệp	Hiện trạng	469,2	484,2	807,3	83,4	72,7
	2025 - KB1	1.030,5	1.053,2	1.765,9	181,8	160,5
	2030 - KB1	1.064,1	1.078,7	1.832,0	187,8	165,8
Thạnh An	Hiện trạng	33,8	28,6	63,4	6,3	5,3
	2025 - KB1	17,3	13,3	33,8	3,8	2,8
	2030 - KB1	24,5	19,0	48,0	5,5	3,9
Tổng cộng	**Hiện trạng**	**8.559,7**	**8.813,3**	**14.732,1**	**1.524,9**	**1.327,1**
	2025 - KB1	**16.607,3**	**16.981,2**	**27.845,9**	**3.756,5**	**3.302,4**
	2030 - KB1	**20.117,2**	**20.458,5**	**33.592,4**	**4.824,5**	**4.230,0**

Tải lượng ô nhiễm (tính theo COD) tại các địa phương hiện xếp theo thứ tự giảm dần như sau: Bình Khánh (38,3%), An Thới Đông (36,9%), Lý Nhơn (14,7%), Tam Thôn Hiệp (5,5%), Long Hòa (2,8%), Cần Thạnh (1,7%), Thạnh An (0,39%). Thứ tự này không có nhiều thay đổi trong giai đoạn 2025-2030. Theo đó có thể thấy Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn phát thải nhiều nhất (chiếm 87-90% tổng tải lượng), tương đồng với xu thế phát triển của ngành NTTS và sự gia tăng dân số tại khu vực nghiên cứu.



Hình 4. Phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1): (a) COD/Hiện trạng; (b) COD/2030; (c)TSS/Hiện trạng; (d) TSS/2030; (e) BOD/Hiện trạng; (f) TN/Hiện trạng.

3.4. Xu hướng biến đổi tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 theo quy hoạch phát triển KT-XH và tăng cường XLNT

Bảng 5. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp.HCM đến năm 2030 (KB1) phân theo các tháng trong năm.

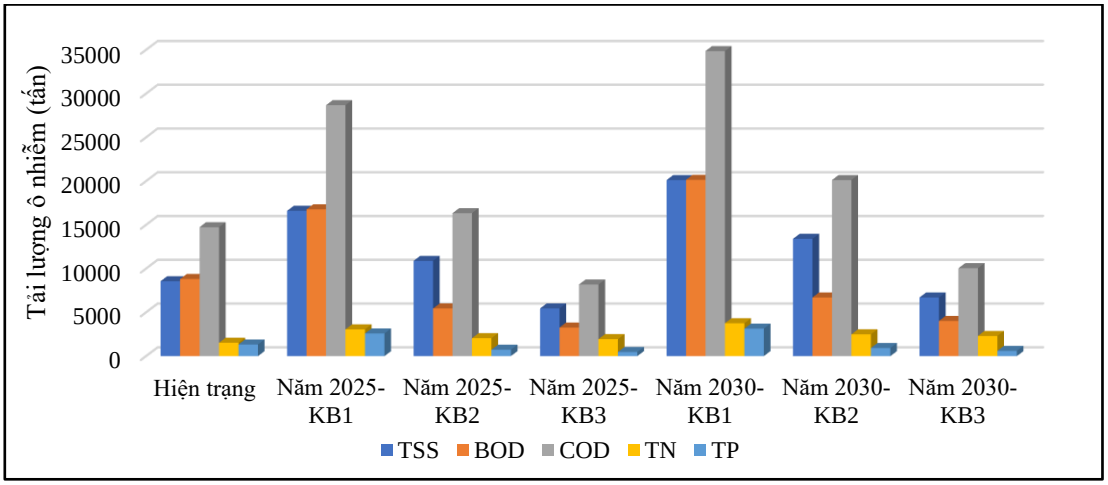
Thời gian		TSS		BOD		COD		TN		TP	
		L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
Hiện trạng	Tháng 1	874,6	10,2	900,7	10,2	1.499,8	10,2	155,3	10,2	135,8	10,2
	Tháng 2	945,6	11,0	973,9	11,1	1.619,6	11,0	167,4	11,0	146,6	11,0
	Tháng 3	362,2	4,2	372,6	4,2	635,1	4,3	65,6	4,3	55,7	4,2
	Tháng 4	394,6	4,6	405,6	4,6	689,9	4,7	71,3	4,7	60,8	4,6
	Tháng 5	452,1	5,3	465,0	5,3	786,9	5,3	81,4	5,3	69,8	5,3
	Tháng 6	646,6	7,6	665,7	7,6	1.115,0	7,6	115,4	7,6	100,2	7,6
	Tháng 7	798,8	9,3	822,6	9,3	1.371,9	9,3	142,0	9,3	123,9	9,3
	Tháng 8	673,4	7,9	693,3	7,9	1.160,4	7,9	120,1	7,9	104,4	7,9
	Tháng 9	662,1	7,7	681,3	7,7	1.141,5	7,7	118,1	7,7	102,6	7,7
	Tháng 10	858,2	10,0	883,8	10,0	1.472,1	10,0	152,4	10,0	133,2	10,0
	Tháng 11	1.251,7	14,6	1.289,8	14,6	2.136,2	14,5	221,3	14,5	194,7	14,7
	Tháng 12	640,0	7,5	658,9	7,5	1.103,8	7,5	114,0	7,5	98,9	7,5
	TỔNG	**8.559,7**		**8.813,3**		**14.732,1**		**1.524,3**		**1.326,6**	
Năm 2025 - KB1	Tháng 1	2.141,5	12,9	2.179,2	13,0	3.667,5	12,8	387,2	12,7	334,1	12,9
	Tháng 2	2.404,8	14,5	2.452,2	14,6	4.110,2	14,3	433,3	14,2	375,2	14,5
	Tháng 3	797,9	4,8	794,2	4,7	1.399,7	4,9	152,1	5,0	124,2	4,8
	Tháng 4	789,3	4,8	784,4	4,7	1.386,1	4,8	150,6	4,9	122,8	4,7
	Tháng 5	899,6	5,4	898,3	5,4	1.572,0	5,5	169,9	5,6	140,1	5,4
	Tháng 6	1.253,4	7,6	1.263,5	7,5	2.168,5	7,6	231,8	7,6	195,3	7,6
	Tháng 7	1.322,6	8,0	1.334,7	8,0	2.285,5	8,0	243,9	8,0	206,1	8,0
	Tháng 8	1.245,7	7,5	1.255,3	7,5	2.155,9	7,5	230,5	7,5	194,1	7,5
	Tháng 9	1.291,0	7,8	1.301,3	7,8	2.233,3	7,8	238,4	7,8	201,2	7,8
	Tháng 10	1.404,1	8,5	1.418,7	8,5	2.423,1	8,5	258,2	8,5	218,9	8,5
	Tháng 11	1.897,0	11,4	1.927,3	11,5	3.254,7	11,4	344,5	11,3	295,9	11,4
	Tháng 12	1.149,8	6,9	1.158,0	6,9	1.992,4	7,0	213,7	7,0	179,1	6,9
	TỔNG	**16.596,7**		**16.767,2**		**28.649,0**		**3.054,2**		**2.587,1**	
Năm 2030- KB1	Tháng 1	2.463,3	12,9	2.476,8	13,0	4.144,6	12,9	440,4	12,7	376,3	13,0
	Tháng 2	2.840,2	14,8	2.867,5	15,1	4.778,6	14,9	506,4	14,6	435,2	15,1
	Tháng 3	906,0	4,7	871,6	4,6	1.515,8	4,7	167,9	4,8	133,0	4,6
	Tháng 4	851,2	4,4	813,8	4,3	1.424,6	4,4	158,3	4,6	124,4	4,3
	Tháng 5	970,4	5,1	937,1	4,9	1.625,6	5,1	179,1	5,2	143,0	5,0
	Tháng 6	1.360,2	7,1	1.339,6	7,1	2.282,8	7,1	247,4	7,1	203,9	7,1
	Tháng 7	1.425,4	7,4	1.406,6	7,4	2.393,1	7,4	258,8	7,5	214,1	7,4
	Tháng 8	1.383,4	7,2	1.363,1	7,2	2.322,4	7,2	251,4	7,3	207,6	7,2
	Tháng 9	1.529,3	8,0	1.512,5	8,0	2.569,6	8,0	276,9	8,0	230,4	8,0
	Tháng 10	1.650,2	8,6	1.638,2	8,6	2.772,4	8,6	298,1	8,6	249,2	8,6
	Tháng 11	2.415,7	12,6	2.428,1	12,8	4.063,9	12,6	432,1	12,5	368,9	12,8
	Tháng 12	1.344,4	7,0	1.324,9	7,0	2.254,4	7,0	244,6	7,1	201,5	7,0
	Tổng	**19.139,7**		**18.979,8**		**32.147,7**		**3.461,3**		**2.887,5**	

Bảng 5 cho thấy tải lượng ô nhiễm hiện phát sinh đáng kể vào các tháng 1-2 và 10-11 (tương ứng với thời điểm lưu lượng nước thải NTTS lớn nhất trong năm). Giai đoạn 2025-2030, dự đoán có sự biến động tỷ lệ phân bố tải lượng ô nhiễm giữa các tháng (chủ yếu do thay đổi quy mô NTTS và tăng trưởng hoạt động du lịch), nhưng các tháng 1-2 và 11 vẫn là thời điểm phát thải đáng quan tâm trong năm tại khu vực nghiên cứu (mỗi tháng đóng góp từ 11,4-15% tổng tải lượng cả năm).

Xu hướng biến đổi tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM theo thời gian (đến 2030) và theo các kịch bản XLNT (Hình 5). Một số nhận định trọng tâm như sau:

-Tải lượng gia tăng theo thời gian trong mối quan hệ với quy hoạch phát triển KT-XH (xét trong cùng một kịch bản XLNT). Đơn cử ở KB1, tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP tăng khoảng 1,9-2,0 lần vào năm 2025 và khoảng 2,3-2,5 lần vào năm 2030 so với hiện trạng.

- Tải lượng suy giảm đáng kể theo mức độ đáp ứng các quy chuẩn xả thải có liên quan (xét tại cùng một mốc thời gian đánh giá). So sánh kết quả ước tính từ các kịch bản XLNT giai đoạn 2025-2030 có thể thấy tải lượng ô nhiễm ở KB2 và KB3 chỉ tương đương 52-53% và 28-29% so với KB1.



Hình 5. Tải lượng ô nhiễm (tấn) phát sinh tại vùng bờ Tp.HCM đến năm 2030 theo các kịch bản XLNT.

4. Kết luận

Tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP trong nước thải SH-DV, NTTS, TTCN, chăn nuôi và hoạt động du lịch phát sinh tại vùng bờ Tp. HCM được dự báo đến năm 2030 với 3 kịch bản XLNT. Kết quả tính toán cho thấy NTTS, SH-DV và chăn nuôi là 3 loại hình phát thải trọng tâm tại khu vực nghiên cứu (đặc biệt là NTTS, luôn chiếm hơn 80% tổng tải lượng ô nhiễm từ tất cả các nguồn thải), chủ yếu phát sinh từ xã Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn (chiếm 87-90% tổng tải lượng). Tuy nội vi vùng bờ có mạng lưới sông rạch chằng chịt, nhưng nguồn tiếp nhận nước thải chủ yếu là các sông Soài Rạp, Lòng Tàu và Đồng Tranh (chiếm hơn 92%) do đặc điểm phân bố nguồn thải (quy hoạch không gian phát triển đến năm 2030). Nhìn chung, tải lượng ô nhiễm gia tăng theo thời gian trong mối quan hệ với quy hoạch phát triển KT-XH: lần lượt khoảng 1,9-2,0 lần và 2,3-2,5 lần vào năm 2025 và 2030 (KB1) so với hiện trạng. Trong đó, thời điểm phát thải đáng quan tâm là các tháng 1-2 và 11 hàng năm (mỗi tháng đóng góp từ 11,4-15% tổng tải lượng cả năm). Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tải lượng phát thải được cải thiện đáng kể theo mức độ đáp ứng các quy chuẩn xả thải có liên quan (các kịch bản XLNT): giai đoạn 2025-2030, tải lượng ô nhiễm ở KB2 và KB3 chỉ tương đương 52-53% và 28-29% so với KB1. Nghiên cứu đóng góp cơ sở dữ liệu hữu ích cho công tác kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ môi trường và hoạch định chính sách phát triển tại địa phương. Tuy vậy, để gia tăng tính toàn diện và độ tin cậy của kết quả nghiên cứu, bên cạnh các dạng nguồn thải điểm, tải lượng ô nhiễm từ nguồn thải diện (nước mưa chảy tràn) nên được xem xét, tính toán, đặc biệt trong bối cảnh thay đổi mục đích sử dụng đất tại địa phương.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Nhiệm vụ KH&CN cấp thành phố "Đánh giá khả năng chịu tải của vịnh Đồng Tranh, vịnh Gành Rái và cửa Soài Rạp trước các sức ép về gia tăng dân số và tăng trưởng kinh tế ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai", Viện Khí tượng Thuỷ văn Hải văn và Môi trường (IMHOEN) là cơ quan chủ trì.

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

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia, 2018.
2. Economopoulos, A.P. Assessment of sources of air, water and land pollution. Part 1: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution. WHO, Geneva, 1993.
3. FAO Technical documents. Assessment of Environmental hazards and impacts of Aquaculture. FAO, 1995.
4. Tuấn, L.N.; Châu, T.B.; Phương, V.N.H. Tính toán tải lượng ô nhiễm do hoạt động nuôi tôm tai huyện Cái Nước - tỉnh Cà Mau. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ* **2012**, *15*, 29–45.
5. Phùng, N.K.; Sỹ, P.C. Đánh giá khả năng chịu tải của các dòng sông trên địa bàn tỉnh Bình Dương phục vụ cấp phép xả thải. Sở Khoa học và công nghệ tỉnh Bình Dương, 2012.
6. Công, N.C. Nghiên cứu cơ sở khoa học đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước phục vụ công tác cấp phép xả nước thải. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ, 2007.
7. Trang, C.T.T.; Thạnh, T.Đ.; Sinh, L.X. Đánh giá tải lượng ô nhiễm đưa vào hệ đầm phá Tam Giang – Cầu Hai và dự đoán đến năm 2020. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2013**, *13(3)*, 276–283.
8. Phùng, N.K.; Tuấn, L.N. Đánh giá hiện trạng nước mặt và tính toán sơ bộ khả năng tiếp nhận nước thải của sông Bến Lức, huyện Bến Lức, Tỉnh Long An. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2012**, *615*, 17–24.
9. San Diego-McGlone, M.L.; Smith, S.V.; Nicolas, V.F. Stoichiometric interpretations of C:N:P ratios in organic waste materials. *Mar Pollut. Bull*. **2000**, *40*, 325–330.
10. Cao Thị Thu Trang và Nguyễn Thị Phương Hoa. Đánh giá sức tải môi trường vùng nước ven đảo Cát Bà phục vụ cho phát triển bền vững. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2009**, 154–168.
11. Viện Môi Trường và Tài Nguyên. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ của Cục Môi trường: 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 (Giai đoạn 1), 2005.
12. Tchobanoglous, G.; Burton, F.L. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal, and Reuse. 3rd ed. McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1991.
13. Tuấn, L.N.; Thuý, T.T.; Quân, T.M. Đánh giá tình hình phát sinh nước thải tại khu vực phía nam tỉnh Bình Dương. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Chuyên san Khoa học Tự nhiên* **2018**, *2(4)*, 176–183.
14. Quyết định số 4766/QĐ-UBND ngày 15/9/2012 của UBND Tp.HCM về duyệt đồ án điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng huyện Cần Giờ, 2012.
15. Quyết định số 28/2016/QĐ-UBND ngày 12/8/2016 của UBND Tp.HCM về ban hành quy định về phân cấp quản lý, khai thác các tuyến sông, kênh, rạch trên địa bàn Tp.HCM, 2016.
16. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 33:2006 - Cấp nước, mạng lưới đường ống và công trình - tiêu chuẩn thiết kế, 2006.
17. Quyết định số 3978/QĐ-UBND ngày 13/8/2015 của UBND Tp.HCM về phê duyệt danh mục lập các dự án quy hoạch phát triển ngành, lĩnh vực và sản phẩm chủ yếu

trên địa bàn TpHCM (Quy hoạch phát triển thủy sản trên địa bàn Thành phố đến năm 2030), 2015.
18. Quyết định số 1589/QĐ-UBND ngày 27/4/2019 của UBND Tp.HCM về ban hành chương trình phát triển nông nghiệp giai đoạn 2019 - 2025 theo hướng cơ cấu lại và đẩy mạnh chuyển dịch cơ cấu nông nghiệp, 2019.
19. Quyết định số 4047/QĐ-UBND ngày 26/7/2013 của UBND Tp.HCM về duyệt đồ án quy hoạch phân khu tỷ lệ 1/2000 Trung tâm thủy sản thành phố, xã Bình Khánh, huyện Cần Giờ, 2013.
20. Vinh, L.T.; Thủy, N.T.T. Ảnh hưởng của các nguồn thải đến môi trường nước đầm Thị Nại. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2011**, *11(4)*, 35–46.

Assessment of wastewater generation in the inner area of the coastal zone of Ho Chi Minh City until 2030

Le Ngoc Tuan[1*]

[1] University of Science, VNU-HCM; lntuan@hcmus.edu.vn

Abstract: Loads of pollutants (TSS, BOD, COD, TN, and TP) generated from main waste sources (domestic-services, aquaculture, handicrafts industry, and livestock) in the inner area of the coastal zone of Ho Chi Minh City were assessed and forecasted to 2030 with 3 different scenarios of wastewater treatment. In this work, methods of investigation, survey, sampling, and GIS techniques were used to determine waste source type, receiving water bodies, and wastewater discharge characteristics, etc. serving to estimate pollutant loads and subsequently to contribute a useful database for pollution control, environmental protection, and local development policy making. Results showed aquaculture currently generated the largest pollutant load in the coastal area, accounting for 90-92.5% (according to mentioned parameters); followed by domestic-services and livestock activities. The main receiving water bodies were indicated as follows: Soai Rap River (74.5%), Long Tau River (15.4%), and Dong Tranh River (6.6%). By 2030, the pollutant loads would increase 2.2 times (in terms of COD) if wastewater treatment activities were not improved. On the other hand, wastewater quality, followed by surface water quality would greatly and positively change when related emission regulations were effectively enforced and/or maximally met.

Keywords: Coastal zone; Pollutant load; Surface water; Wastewater; Wastewater treatment.