



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Emission assessment in operation period when replacing Cat Lai Ferry with river crossing bridge

Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.3.83-90>

*Corresponding author:

Email address:

s15020@alumni.wmu.se

Received: 31/07/2025

Received in Revised Form:

15/09/2025

Accepted: 21/09/2025

Pham Thanh Tuan^{1,2,*}, Ho Quoc Bang^{1,3}, Ho Minh Dung¹, Nguyen Viet Vu⁴, Phi Van Lien²

¹Institute of Environment and Resources (IER), 142 To Hien Thanh Street, Dien Hong ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Maritime Administration of Ho Chi Minh City, 157 Nguyen Tat Thanh Street, Xom Chieu ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Xuan ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

⁴Department of Agriculture and Environment of Ho Chi Minh City, 63 Ly Tu Trong, Sai Gon ward, Ho Chi Minh City, 700000, Vietnam

Abstract: Road ferries are among the preferred solutions commonly employed due to their transport capacity and relatively low investment costs in facilitating connectivity. This study evaluates the emissions of the Cat Lai Ferry in comparison with the planned Cat Lai Bridge, using an emission inventory approach to clarify the necessity of constructing a river-crossing bridge to replace short route ferries and other alternatives. The results indicate that in the ferry scenario, CO emissions are nearly equivalent, while NO_x emissions are 8.2 times higher compared to the bridge scenario. The study recommends implementing emission mitigation measures when the bridge becomes operational, while also considering the use of cleaner fuels should the ferry continue to operate. The results provide a scientific basis for selecting appropriate transport infrastructure solutions to reduce air pollution associated with existing short route ferries.

Keywords: Road ferry, short route, bridge, emission, Cat Lai, air pollution.



Đánh giá phát thải trong giai đoạn vận hành khi thay thế phà Cát Lái bằng cầu vượt sông

Phạm Thanh Tuấn^{1,2,*}, Hồ Quốc Bằng^{1,3}, Hồ Minh Dũng¹, Nguyễn Viết Vũ⁴, Phí Văn Liên²

¹Viện Môi Trường và Tài Nguyên (IER), số 142 Tô Hiến Thành, phường Diên Hồng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Cảng vụ Hàng hải Thành phố Hồ Chí Minh, số 157 Nguyễn Tất Thành, phường Xóm Chiếu, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, phường Linh Xuân, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁴Sở Nông nghiệp và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh, 63 Lý Tự Trọng, phường Sài Gòn, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.3.83-90>

*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ Email:

s15020@alumni.wmu.se

Ngày nộp bài: 31/07/2025

Ngày nộp bài sửa: 15/09/2025

Ngày chấp nhận: 21/09/2025

Tóm tắt: Phà đường bộ là một trong các giải pháp ưu tiên thường được sử dụng nhờ vào khả năng vận chuyển và chi phí đầu tư phục vụ kết nối giao thông. Nghiên cứu đánh giá phát thải của phà Cát Lái nhằm so sánh với cầu Cát Lái dự kiến triển khai xây dựng bằng phương pháp kiểm kê khí thải để làm rõ tính cần thiết của giải pháp đầu tư xây dựng cầu vượt sông thay thế phà tuyến ngắn và các giải pháp khác. Kết quả cho thấy trong kịch bản qua phà, phát thải CO gần như tương đương nhưng phát thải NO_x cao hơn 8,2 lần so với kịch bản qua cầu. Nghiên cứu khuyến nghị giải pháp giảm thiểu khí thải khi đưa cầu vào hoạt động, đồng thời có thể áp dụng nhiên liệu sạch nếu tiếp tục vận hành phà. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn giải pháp hạ tầng giao thông nhằm giảm ô nhiễm không khí đối với các tuyến phà ngắn hiện hữu.

Từ khóa: Phà đường bộ, tuyến ngắn, cầu vượt sông, khí thải, Cát Lái, ô nhiễm không khí.

1. Giới thiệu

Khu vực Đông Nam Bộ, Việt Nam có hệ thống sông ngòi dày đặc nên việc kết nối giao thông giữa nhiều khu vực chủ yếu sử dụng giao thông thủy. Do phương tiện thủy truyền thống có công suất máy lớn sử dụng dầu diesel để vận hành nên phát thải nhiều hơn là phương tiện cơ giới đường bộ [1]. Tuy nhiên xét về khía cạnh hiệu quả năng lượng thì nhờ vào khả năng vận chuyển hàng hóa của phương tiện thủy lại cao hơn phương tiện cơ giới đường bộ dẫn đến hiệu quả về việc giảm thiểu ô nhiễm không khí, nghiên cứu của Cezary

Gołębiowski tại Ba Lan vào năm 2016 cho thấy phát thải CO₂ trên 1 tấn/km trong vận tải đường thủy nội địa ít hơn tới năm lần so với vận tải đường bộ [2].

Phà đường bộ là phương tiện thủy được sử dụng chủ yếu vận chuyển hành khách, phương tiện cơ giới. Theo nghiên cứu của Hồ Quốc Bằng và cộng sự vào năm 2019 thì chỉ riêng phát thải NO_x từ hoạt động tàu thuyền chiếm 8% tổng phát thải các hoạt động khác trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh [3]. Vào năm 2021 thì Yuting Yu và cộng sự cũng đã thực hiện kiểm kê khí thải từ hoạt động tàu

thuyền tại Singapore cho thấy phát thải CO₂ từ phà chiếm 4,13% (tương đương 93.785 tấn) tổng lượng phát thải từ tàu thuyền trong năm 2019 [4]. Thông qua việc khảo sát 13 tuyến phà và tàu Ro-Ro hoạt động trong khu vực Marmara, Thổ Nhĩ Kỳ vào năm 2021, Duygu Ülker và cộng sự đã chỉ ra rằng mặc dù vận tải biển nhìn chung có lượng phát thải CO₂ trên mỗi tấn-kilômet thấp nhất so với các phương thức vận tải khác, nhưng phát thải từ vận tải biển cụ thể lại ngắn có thể thay đổi tùy thuộc vào nhiều yếu tố và đôi khi còn vượt quá cả vận tải đường bộ [5]. Do đó, lượng phát thải CO₂ từ vận tải biển cụ thể ngắn cần được đánh giá cụ thể cho từng tuyến và từng khu vực.

Hiện nay chưa có nghiên cứu về đánh giá phát thải đối với việc thay thế phà khách tuyến ngắn bằng cầu vượt sông tại Việt Nam. Điểm mới của nghiên cứu này sẽ đánh giá việc thay thế qua trường hợp điển hình phà Cát Lái để làm rõ sự cần thiết trong việc giảm thiểu ô nhiễm khí thải (gồm CO, NO_x) theo kế hoạch quản lý chất lượng không khí hiện hành tại Thành phố Hồ Chí Minh.

2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bến phà Cát Lái qua sông Đồng Nai phục vụ vận chuyển hành khách và phương tiện qua sông Đồng Nai. Tuyến phà với quãng đường 700m (dọc theo chiều rộng sông) đóng vai trò quan trọng trong việc vận chuyển lớn mật độ lớn phương tiện cơ giới đường bộ và hành khách giữa Thành phố Hồ Chí Minh và tỉnh Đồng Nai theo Hình 1.



Hình 1. Phà Cát Lái

Qua khảo sát, thu thập dữ liệu phương tiện

hoạt động tại bến phà Cát Lái trong năm 2023 từ Công ty TNHH MTV Dịch vụ công ích thanh niên xung phong (đơn vị quản lý, khai thác, vận hành bến phà Cát Lái) ghi nhận tại Bảng 1 và Bảng 2 như sau:

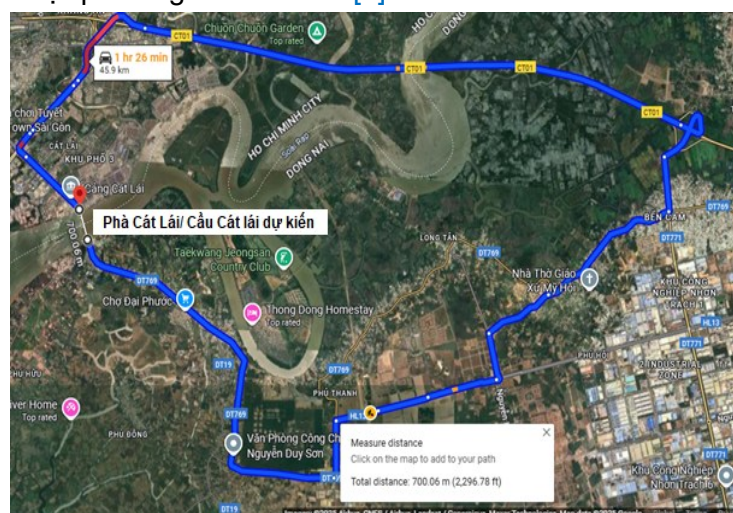
Bảng 1. Phương tiện cơ giới qua phà Cát Lái

Phương tiện	Số xe (chiếc)
Xe máy	11.040.526
Ô tô con dưới 9 chỗ ngồi	361.134
Xe buýt	330.407
Xe tải nhẹ	174.710
Xe tải nặng	8.990

Bảng 2. Thông tin bến phà Cát Lái

Thông tin phà Cát Lái	
Số lượng phà	09 phà
Số chuyến/ năm	138.700 lượt
Khả năng vận chuyển/ lượt	200 người, 80 tấn
Tốc độ	9 hải lý/ giờ
Tổng công suất máy chính (số lượng 02)	644 kW
Thời gian hoạt động/ chuyến	20 phút

Nhằm đáp ứng nhu cầu đi lại, dự án xây cầu Cát Lái có tổng chiều dài phần đường và cầu hơn 11km (đoạn vượt sông khoảng 700m) kết nối hai địa phương theo Hình 2 [6].



Hình 2. Vị trí cầu và phà Cát Lái

3. Phương pháp

Trong công tác kiểm kê khí thải hiện nay, hai phương pháp tiếp cận chủ yếu thường được áp dụng là phương pháp từ trên xuống (top-down) và phương pháp từ dưới lên (bottom-up). Cách tiếp cận top-down dựa trên dữ liệu tiêu thụ nhiên liệu được báo cáo bởi các chủ phương tiện hoặc đơn

vị vận hành, trong khi phương pháp bottom-up khai thác các thông số kỹ thuật kết hợp với dữ liệu thực tế về quá trình hoạt động của phương tiện. Nghiên cứu của Yongbum Kwon và cộng sự (2019) chỉ ra rằng phương pháp bottom-up có khả năng phản ánh mức phát thải với độ chính xác cao hơn so với phương pháp top-down [7]. Tại nghiên cứu, phương pháp kết hợp cả 02 phương pháp sử dụng số liệu thu thập được từ đơn vị quản lý, khai thác, vận hành bến phà Cát Lái nên có độ chính xác cao, khắc phục hạn chế về độ tin cậy số liệu như nghiên cứu của Yuting Yu và cộng sự thực hiện năm 2019 [4].

Công thức kiểm kê khí thải theo hướng dẫn của Cơ quan Môi trường Châu Âu (EEA) [8]:

$$E = AD \times EF \quad (1)$$

Trong đó: E là phát thải của phương tiện giao thông;

AD: dữ liệu hoạt động (theo thời gian hoặc quãng đường);

EF: hệ số phát thải. Áp dụng đối với dữ liệu hoạt động theo thời gian có đơn vị là: g/phút; hoặc đối với dữ liệu hoạt động theo quãng đường có đơn vị là: g/km.

Hiện nay có nhiều nghiên cứu về hệ số phát thải phù hợp với các khu vực điển hình như nghiên cứu về hệ số phát thải của phương tiện không tải của Mugdho Rasheeq Aosaif vào năm 2022 [9], hay nghiên cứu về phân tích tương quan hệ số phát thải CO₂ của xe cơ giới tại Bắc Kinh (Trung Quốc) [10]. Tuy nhiên điểm hạn chế là hệ số phát thải chưa đầy đủ cho nhiều loại phương tiện khác nhau và phù hợp với điều kiện Việt Nam. Tại nghiên cứu này sẽ sử dụng bộ hệ số phát thải được Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường) công nhận kết hợp với các công bố của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA).

Khí thải từ phương tiện cơ giới đường bộ được kiểm kê với 3 kịch bản với giả thuyết như sau gồm:

- Kịch bản 1A: sử dụng phà Cát Lái để vận chuyển phương tiện cơ giới trong giờ thấp điểm. Giả thuyết: thời gian vận chuyển: 20 phút, thời gian chờ đợi: 15 phút.

- Kịch bản 1B: sử dụng phà Cát Lái để vận chuyển phương tiện cơ giới trong giờ cao điểm. Giả thuyết: thời gian vận chuyển: 20 phút, thời gian chờ đợi: 30 phút.

- Kịch bản 2: sử dụng cầu Cát Lái để di chuyển. Trong đó, chiều dài đoạn cầu qua sông là 700m theo Hình 2.

3.1. Phà

Bến phà Cát Lái đã hoạt động từ năm 2007, qua khảo sát hầu hết các phà đều đã hơn 15 năm tuổi và sử dụng dầu diesel hàng hải với hàm lượng lưu huỳnh 0,5% để vận hành. Theo EPA, hệ số phát thải của phà được trình bày tại Bảng 3.

Bảng 3. Hệ số phát thải đối với phà [11]

Phát thải	Hệ số phát thải (g/kWh)
CO	5,0
NO _x	7,0

Riêng đối với khí thải phát sinh từ phà được EPA hướng dẫn sử dụng công thức sau [11]:

$$E_{\text{phà}} = A \times EF \times LF \times P \quad (2)$$

Trong đó: LF là hệ số tải của động cơ thể hiện tỷ lệ phần trăm công suất định mức động cơ được sử dụng trong quá trình vận hành (đối với phà được EPA xác định là 0,34);

EF: hệ số phát thải (g/kWh);

P: tổng công suất lớn nhất của các máy chính (kW);

A: thời gian hoạt động của phà (giờ).

3.2. Xe máy

Theo nghiên cứu của Hoàng Dương Tùng và cộng sự vào năm 2011 được Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường) hướng dẫn tại văn bản số 3051/BTNMT-TCMT ngày 07/6/2021, hệ số phát thải của xe máy được trình bày tại Bảng 4.

Bảng 4. Hệ số phát thải đối với xe máy [12] [13]

Phát thải	Hệ số phát thải (g/km)
CO	12,09
NO _x	0,11

Giả thuyết xe máy tắt máy trong thời gian dừng chờ khi di chuyển qua phà nên sẽ không phát sinh khí thải.

3.3. Phương tiện cơ giới khác

Phương tiện cơ giới khác gồm xe ô tô con

dưới 9 chỗ ngồi, xe tải nhẹ và xe tải nặng. Phát thải từ các phương tiện này gồm 2 giai đoạn theo công thức sau:

$$E = E_{\text{hot}} + E_{\text{idle}} \quad (3)$$

Với E_{hot} : phát thải khi phương tiện chạy có tải;

E_{idle} : phát thải khi phương tiện chạy không tải. Theo nghiên cứu của Lại Nguyễn Huy và cộng sự vào năm 2023 thì phát thải khi xe chạy không tải chiếm 1% - 53% tổng phát thải [14].

3.3.1. Xe ô tô con dưới 9 chỗ ngồi

Vào thời điểm nghiên cứu, hầu hết xe ô tô con dưới 9 chỗ ngồi đều vận hành bằng xăng. Theo nghiên cứu của Hoàng Dương Tùng và cộng sự vào năm 2011 được Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường) hướng dẫn tại văn bản số 3051/BTNMT-TCMT ngày 07/6/2021, hệ số phát thải của xe ô tô con dưới 9 chỗ ngồi được trình bày tại Bảng 5.

Bảng 5. Hệ số phát thải đối với ô tô con [12] [13]

Phát thải	Hệ số phát thải	
	Có tải (g/km)	Không tải (g/ phút)
CO	2,21	1,187
NO _x	1,05	0,059

3.3.2. Xe buýt

Vào thời điểm nghiên cứu, hầu hết xe buýt đều vận hành bằng xăng. Theo nghiên cứu của Nghiêm Trung Dũng và cộng sự vào năm 2019 được Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường) hướng dẫn tại văn bản số 3051/BTNMT-TCMT ngày 07/6/2021, hệ số phát thải của xe buýt được trình bày tại Bảng 6.

Bảng 6. Hệ số phát thải đối với xe buýt [13] [15]

Phát thải	Hệ số phát thải (g/km)
CO	2,9
NO _x	32,7

3.3.3. Xe tải

Theo Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA), xe tải chạy bằng dầu diesel, tổng trọng lượng toàn bộ trên 3,6 tấn, còn xe tải nhẹ chủ yếu chạy bằng xăng có tổng trọng lượng lên đến 3,6 tấn (bao gồm xe bán tải, xe tải nhỏ, xe chở khách, xe thể thao đa dụng) [16]. Hệ số phát thải của xe

tải ở các trạng thái được trình bày tại Bảng 7.

Bảng 7. Hệ số phát thải đối với xe tải [16]

	CO		NO _x	
	Có tải (g/km)	Không tải (g/phút)	Có tải (g/km)	Không tải (g/phút)
Xe tải nhẹ	1,37	1,212	1,14	0,068
Xe tải nặng	3,61	0,427	10,03	0,563

4. Kết quả và thảo luận

Áp dụng giả thiết đầu vào về thời gian hoạt động, quãng đường di chuyển của phương tiện và tổng công suất máy chính của phà theo công thức nêu trên, phát thải qua các kịch bản khác nhau được minh họa tại Hình 3, Hình 4.

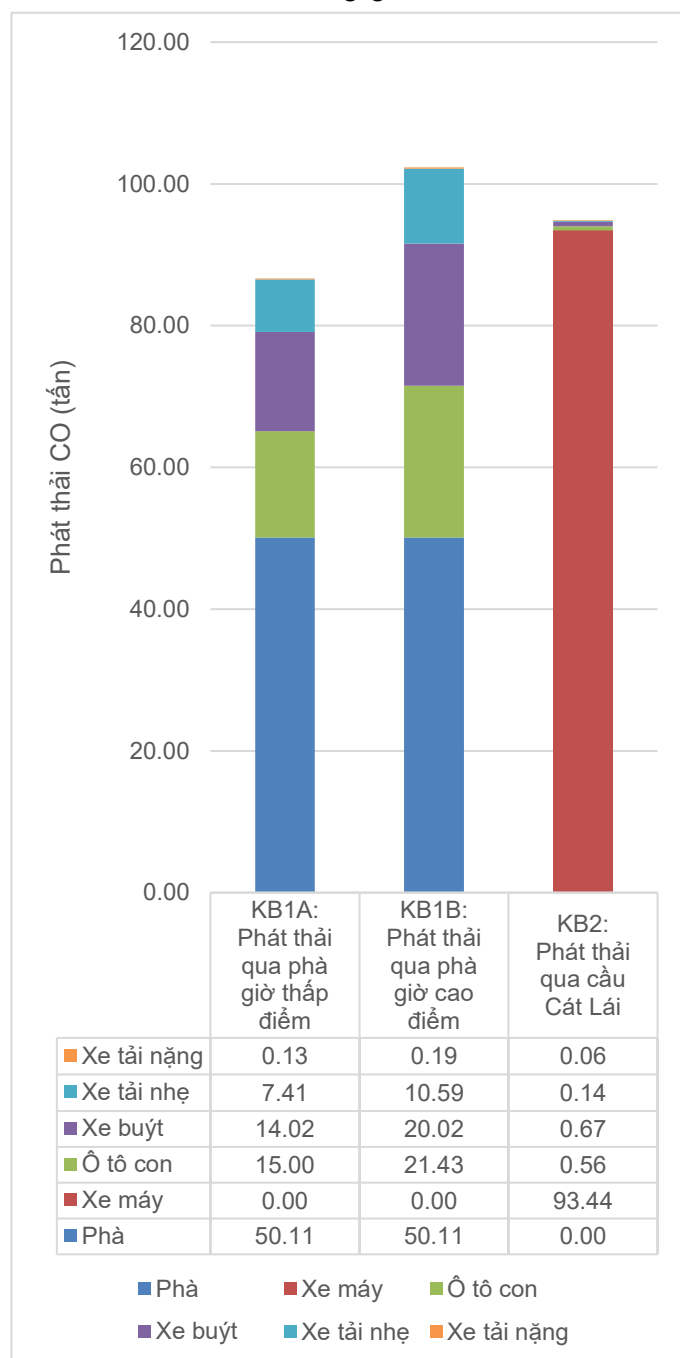
Đối với phát thải CO: tại kịch bản 1, phát thải từ phà Cát Lái có tổng khối lượng là 50,11 tấn lớn nhất (chiếm từ 48,96% đến 57,81% tổng lượng phát thải), sau đó đến ô tô con (chiếm 17,31% đến 20,94% tổng lượng phát thải) do thời gian dài chờ đợi. Tại kịch bản 2, phát thải qua cầu Cát Lái có tổng khối lượng là 94,87 tấn CO, trong đó phát thải từ xe máy là lớn nhất (chiếm 98,49%) do số lượng đông phương tiện hoạt động. Qua so sánh phát thải từ 3 kịch bản cho thấy phát thải trung bình qua phà là 94,51 tấn CO gần tương đương với phát thải qua cầu Cát Lái là 94,87 tấn CO.

Đối với phát thải NO_x: tại kịch bản 1, phát thải từ phà Cát Lái có tổng khối lượng là 70,15 tấn lớn nhất (chiếm từ 95,85% đến 97,06% tổng lượng phát thải). Tại kịch bản 2, phát thải qua cầu Cát Lái có tổng khối lượng là 8,87 tấn NO_x, trong đó phát thải từ xe buýt là lớn nhất (chiếm 85,28%). Qua so sánh phát thải từ 3 kịch bản cho thấy phát thải trung bình qua phà cao hơn 8,2 lần so với phát thải qua cầu Cát Lái. Kết quả phản ánh nghiên cứu do Alexander E. Farrell và cộng sự thực hiện vào năm 2003, phát thải NO_x từ phà luôn cao hơn đáng kể so với các phương tiện giao thông đường bộ tùy trường hợp cụ thể [17].

Tổng hợp các nội dung nêu trên cho thấy phát thải qua phà Cát Lái cao hơn phát thải qua cầu Cát Lái chủ yếu là lượng phát thải từ phà và

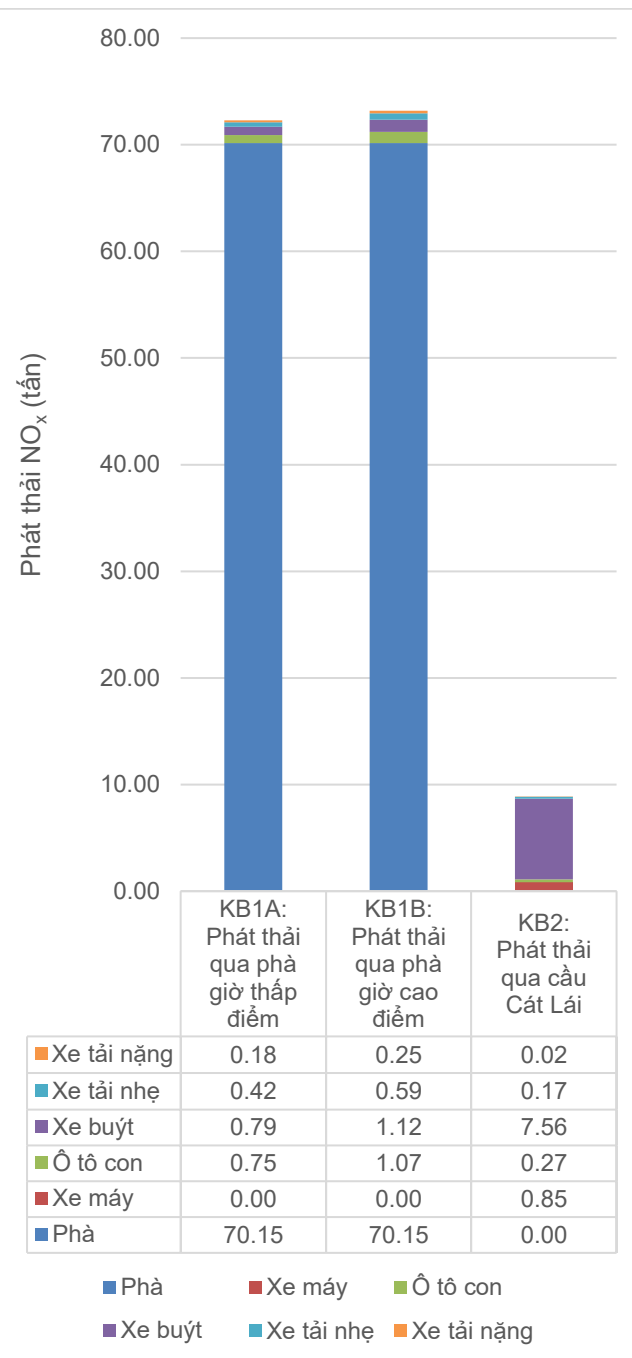
phương tiện chờ đợi. Vì vậy, để giảm thiểu phát thải với mục tiêu kiểm soát tốt nguồn khí thải từ hoạt động giao thông vận tải theo chương trình Giảm ô nhiễm môi trường giai đoạn 2020 - 2030

được Ủy ban nhân dân TP.HCM phê duyệt tại Quyết định số 1055/QĐ-UBND ngày 29/3/2021, mục tiêu đến năm 2030 đặt ra, cần triển khai thực hiện.



Hình 3. So sánh phát thải CO

(i) Trường hợp thay thế phà bằng cầu vượt sông cần tập trung vào hạn chế phát thải CO từ xe máy đang chiếm 98,49% tổng lượng phát thải. Theo nghiên cứu của Kadir Mersin và cộng sự vào năm 2023, việc sử dụng xe buýt thay thế phà tại Washington (Hoa Kỳ) sẽ hạn chế mức phát thải



Hình 4. So sánh phát thải NO_x

đến thấp nhất [18].

(ii) Theo nhận định của Cottrell vào năm 2011 thì hiệu quả nhiên liệu chở khách của phà chỉ đạt khoảng 6% so với xe buýt và thấp hơn cả ô tô, xe tải nhẹ; mức này tương đương với phương tiện đường bộ [19]. Vì vậy cần nghiên cứu thay thế phà

sử dụng nhiên liệu diesel với hàm lượng lưu huỳnh 0,5% bằng hàm lượng lưu huỳnh 0,1% hoặc nhiên liệu sạch như LNG, điện để giảm thiểu khí thải phát sinh [20]. Đây cũng là tiền đề để tiếp tục thực hiện các nghiên cứu về chuyển đổi năng lượng đối với phà vận chuyển khách và phương tiện cơ giới.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá phát thải từ hoạt động vận chuyển phương tiện cơ giới qua phà Cát Lái so với phương án thay thế bằng cầu vượt sông. Kết quả chỉ ra rằng kịch bản qua phà phát thải đối với CO là gần như tương đương và cao hơn 8,2 lần đối với NO_x so với kịch bản cầu. Nguyên nhân chính đến từ lượng nhiên liệu tiêu thụ của phà và thời gian chờ đợi dài của phương tiện cơ giới. Việc thay thế phà bằng cầu Cát Lái không chỉ giúp giảm thời gian di chuyển mà còn góp phần quan trọng trong việc giảm thiểu ô nhiễm không khí tại khu vực. Trong trường hợp chưa thể triển khai cầu, cần xem xét các giải pháp tạm thời như sử dụng nhiên liệu sạch để hạn chế phát thải. Nghiên cứu có giá trị trong việc đánh giá các đề án xây dựng cầu vượt sông thay thế các tuyến phà ngắn hiện hữu tại khu vực và cũng là tiền đề để tiếp tục nghiên cứu về phát thải khi chuyển dịch năng lượng mới.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số C2024-24-10.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty TNHH MTV Dịch vụ công ích thanh niên xung phong đã chia sẻ các thông tin liên quan và tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

- [1] J.J. Corbett, A. Farrell. (2002). Mitigating air pollution impacts of passenger ferries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(3), 197-211. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00019-0](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00019-0)
- [2] C. Gołębiowski. (2016). Inland Water Transport in Poland. *Transportation Research Procedia*, 14, 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.058>
- [3] H.Q. Bang, V.H.N. Khue, N.T. Tam, N.T.T. Hang, N.T.T. Thuy. (2019). A combination of bottom-up and top-down approaches for calculating of air emission for developing countries: a case of Ho Chi Minh City, Vietnam. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 1059-1072. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00722-8>
- [4] Y. Ju, C.A. Hargreaves. (2021). The impact of shipping CO₂ emissions from marine traffic in Western Singapore Straits during COVID-19. *Science of The Total Environment*, 789, 148063. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148063>
- [5] D. Ülker, I. Bayırhan, K. Mersin, C. Gazioğlu. (2022). A comparative CO₂ emissions analysis and mitigation strategies of short-sea shipping and road transport in the Marmara Region. *Carbon Management*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1852853>
- [6] P. Tuấn. (2025). Phương án xây cầu Cát Lái nối Đồng Nai với TP.HCM. *VNEXPRESS*. <https://vnexpress.net/phuong-an-xay-cau-cat-lai-noi-dong-nai-voi-tp-hcm-4875371.html> (accessed 17/7/2025)
- [7] Y. Kwon, H. Lim, Y. Lim, H. Lee. (2019). Implication of activity-based vessel emission to improve regional air inventory in a port area. *Atmospheric Environment*, 203, 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.036>
- [8] E.E. Agency. (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. European Environment Agency.
- [9] M.R. Aosaif, Y. Wang, K. Du. (2022). Comparison of the emission factors of air pollutants from gasoline, CNG, LPG and diesel fueled vehicles at idle speed. *Environmental Pollution*, 305, 119296. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119296>
- [10] J. Wang, H. Dai, H. Feng, V. Zyljanov, Z. Feng, J. Cui. (2025). Carbon emission of urban vehicles based on carbon emission factor correlation analysis. *Scientific Reports*, 15,

2037. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-86119-3>
- [11] ICF International. (2009). Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories Final Report. U.S. Environmental Protection Agency.
- [12] H.D. Tung, H.Y. Tong, W.T. Hung, N.T.N. Anh. (2011). Development of emission factors and emission inventories for motorcycles and light duty vehicles in the urban region in Vietnam. *Science of The Total Environment*, 409(14), 2761-2767. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.013>
- [13] Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2021). Công văn 3051/BTNMT-TCMT hướng dẫn kỹ thuật xây dựng Kế hoạch quản lý chất lượng môi trường không khí cấp tỉnh.
- [14] L.N. Huy, N.T.K. Oanh, C.T.T. Huong, T.T. Huyen. (2023). Analysis of atmospheric emissions associated with on-road and inland waterway transport in Vietnam: Past, current and future control scenarios. *Atmospheric Pollution Research*, 14(8), 101810. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101810>
- [15] N.T. Dung, N.T.L. Yen, L.A. Tuan, B.N. Dung, P.H. Tuyen. (2019). Development of the specific emission factors for buses in Hanoi, Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 24176-24189. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05634-9>
- [16] U.S. Environmental Protection Agency. (2008). Idling Vehicle Emissions for Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Heavy-Duty Trucks Emission Facts.
- [17] A.E. Farrell, D.H. Redman, J.J. Corbett, J.J. Winebrake. (2003). Comparing air pollution from ferry and landside commuting. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(5), 343-360. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(03\)00021-X](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(03)00021-X)
- [18] K. Mersin, M. Yıldırım, A.A. Alola. (2023). Comparative analysis of the USA's Washington Ferries and road transport carbon emissions using the Trozzi and Vaccaro and Greatest Integer functions. *Environ Sci Pollut Res*, 30(36), 85113-85124. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28281-7>
- [19] W.D. Cottrell. (2011). Comparison of Ferry Boat and Highway Bridge Energy Use. *Energies*, 4(2), 239-253. <http://dx.doi.org/10.3390/en4020239>
- [20] P.T. Tuấn, H.Q. Bằng, H.M. Dũng, N.T. Tâm, N.K. Định. (2025). Nghiên cứu và đề xuất giải pháp quản lý chất lượng không khí phù hợp tại nhóm cảng biển số 4, Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, 81, 168-177.