



Working Paper 2025.2.6.6

- Vol. 2, No. 6

**TIỀM NĂNG GIẢM PHÁT THẢI CO₂ TỪ GIẢI PHÁP NHIÊN LIỆU SẠCH VÀ
ĐIỆN BỜ TRONG HÀNH LANG VẬN TẢI BIỂN XANH: NGHIÊN CỨU
TUYẾN CÁI MÉP – THỊ VẢI (VIỆT NAM) ĐẾN CẢNG LONG BEACH, LOS
ANGELES (MỸ)**

Trịnh Nam Anh¹, Phạm Ngọc Mai

Sinh viên K62 TC Kinh tế đối ngoại – Viện Kinh tế & Kinh doanh Quốc tế

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Hoàng Ngọc Anh

Sinh viên K62 TC Tiếng Nhật thương mại - Khoa tiếng Nhật

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Ngô Tuấn Ngọc

Sinh viên K61 TC Kinh tế đối ngoại – Viện Kinh tế & Kinh doanh Quốc tế

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Nguyễn Thị Yến

Giảng viên Bộ môn Quản lý Chuỗi cung ứng – Viện Kinh tế & Kinh doanh quốc tế

Trường Đại học Ngoại Thương, Hà Nội, Việt Nam

**TIỀM NĂNG GIẢM PHÁT THẢI CO₂ TỪ GIẢI PHÁP NHIÊN LIỆU SẠCH VÀ
ĐIỆN BỜ TRONG HÀNH LANG VẬN TẢI BIỂN XANH: NGHIÊN CỨU
TUYẾN CÁI MÉP – THỊ VẢI (VIỆT NAM) ĐẾN CẢNG LONG BEACH, LOS
ANGELES (MỸ)**

¹ Tác giả liên hệ, Email: k62.2311110016@ftu.edu.vn

Tóm tắt

Trong bối cảnh ngành hàng hải toàn cầu đang chịu áp lực lớn từ mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính, việc nghiên cứu và triển khai các giải pháp xanh trong vận tải biển ngày càng trở nên cấp thiết. Trên cơ sở phân tích các kịch bản sử dụng nhiên liệu hóa thạch truyền thống và các giải pháp thay thế như e-methanol, amoniac xanh, nhiên liệu sinh học bền vững kết hợp với điện bờ trên tuyến Cái Mép – Thị Vải (Việt Nam) đến cảng Long Beach, cảng Los Angeles (Mỹ), nghiên cứu chỉ ra tiềm năng giảm phát thải CO₂ cũng như các chất ô nhiễm không khí (SO_x, NO_x, bụi mịn). Từ đó, bài viết đưa ra những gợi ý có giá trị tham khảo trong việc xây dựng hành lang vận tải biển xanh giữa Việt Nam và Hoa Kỳ, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh và đáp ứng xu thế phát triển bền vững của ngành hàng hải toàn cầu.

Từ khoá: hành lang vận tải biển xanh, nhiên liệu sạch, điện bờ

POTENTIAL FOR CO₂ MITIGATION THROUGH ALTERNATIVE FUELS AND ONSHORE POWER SUPPLY IN GREEN SHIPPING CORRIDORS: A CASE STUDY OF THE CÁI MÉP–THỊ VẢI (VIETNAM) – PORT OF LONG BEACH, LOS ANGELES (USA) ROUTE

Abstract

In the context of mounting global pressure on the maritime industry to reduce greenhouse gas emissions, the study and implementation of green solutions in shipping have become increasingly urgent. Based on an analysis of scenarios comparing traditional fossil fuels with alternative options such as e-methanol, green ammonia, and sustainable biofuels combined with onshore power supply along the Cái Mép–Thị Vải (Vietnam) to Long Beach, Los Angeles (USA) route, this research highlights the potential to reduce CO₂ emissions as well as air pollutants (SO_x, NO_x, and particulate matter). Accordingly, the paper provides valuable insights for developing a green maritime corridor between Vietnam and the United States, contributing to enhanced competitiveness and alignment with the global maritime sector's sustainable development trajectory.

Keywords: green shipping corridor, alternative fuels, onshore power supply

1. Giới thiệu

Ngành vận tải biển hiện đảm nhận hơn 80% khối lượng hàng hóa quốc tế (UNCTAD, 2023) và phát thải khoảng 3% CO₂ toàn cầu (IMO, 2023) đã trở thành trọng tâm trong chiến lược giảm phát thải khí nhà kính. Các cam kết toàn cầu như Thỏa thuận Paris (2015), COP26 và Tuyên bố Clydebank (2021) đã thúc đẩy sự hình thành *hành lang vận tải biển xanh* (Green Shipping Corridor – GSC) nhằm hướng tới Net Zero. Trong đó, nhiên liệu thay thế (e-methanol, amoniac xanh, nhiên liệu sinh học bền vững) và hệ thống cung cấp điện bờ (Onshore Power Supply – OPS) được xem là giải pháp then chốt (Buhaug & cộng sự, 2023).

Nhiều hành lang xanh thí điểm, tiêu biểu như Rotterdam–Singapore và Los Angeles–Long Beach, đã chứng minh hiệu quả trong giảm phát thải, đồng thời thúc đẩy vận tải đa phương thức và công nghệ số (Olmer & cộng sự, 2022). Tại Việt Nam, Chính phủ đã ban hành các quyết định về chuyển đổi năng lượng xanh trong giao thông vận tải và phát triển cảng xanh (Quyết định 876/QĐ-TTg, 2022; Quyết định 2027/QĐ-BGTVT, 2023). Đồng thời, quan hệ Việt Nam–Hoa Kỳ được nâng cấp thành Đối tác chiến lược toàn diện, nhấn mạnh hợp tác năng lượng sạch và chống biến đổi khí hậu.

Nghiên cứu phân tích hiện trạng sử dụng nhiên liệu và phát thải trên tuyến CM-TV – Long Beach/Los Angeles, đánh giá khả năng triển khai OPS kết hợp nhiên liệu sạch và định lượng mức giảm phát thải CO₂ so với nhiên liệu truyền thống. Từ đó, nghiên cứu đề xuất khung giải pháp tích hợp về công nghệ, hạ tầng và chính sách, đồng thời xây dựng lộ trình triển khai khả thi cho hành lang vận tải biển xanh Việt Nam–Hoa Kỳ.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Cơ sở lý luận về phát thải từ ngành vận tải biển

Ngành vận tải biển hiện chiếm khoảng 2.8–3% tổng lượng phát thải khí nhà kính toàn cầu (Akhavan, 2025). Con số này tương đương với tổng phát thải của một quốc gia có quy mô trung bình, và nếu không có biện pháp can thiệp, tỷ trọng có thể tăng lên đến 17% vào năm 2050 (Akhavan, 2025). Mặc dù vận tải biển được đánh giá là phương thức vận tải hiệu quả nhất về năng lượng trên mỗi tấn-km, sự gia tăng nhanh chóng khối lượng vận tải hàng hóa quốc tế đã làm tổng phát thải ngày càng cao.

Cơ sở lý luận phổ biến trong nghiên cứu phát thải của ngành hàng hải thường dựa trên hai trụ cột: (i) cường độ carbon (carbon intensity – lượng CO₂ phát thải trên mỗi đơn vị vận tải), và (ii) phân tích vòng đời nhiên liệu (Life Cycle Assessment – LCA) nhằm đánh giá tổng thể tác động phát thải từ khâu sản xuất, vận chuyển, lưu trữ đến sử dụng

nhiên liệu. Khung phân tích này cho phép so sánh hiệu quả môi trường giữa nhiên liệu truyền thống (HFO, MDO) và nhiên liệu thay thế, đồng thời nhấn mạnh tầm quan trọng của tối ưu hóa vận hành, cải tiến kỹ thuật và chuyển đổi năng lượng (Jugović & cộng sự, 2025).

2.2. Khái niệm hành lang vận tải biển xanh

Khái niệm hành lang vận tải biển xanh (Green Shipping Corridor – GSC) xuất hiện như một giải pháp mang tính chiến lược nhằm giảm phát thải khí nhà kính từ ngành hàng hải toàn cầu. Theo Global Maritime Forum (2021), GSC là các tuyến vận tải giữa hai hoặc nhiều cảng lớn, nơi các sáng kiến công-tư được triển khai để thử nghiệm, áp dụng và nhân rộng các công nghệ, nhiên liệu và giải pháp vận hành ít hoặc không phát thải. Khác với cách tiếp cận đơn lẻ, GSC hoạt động như “không gian thử nghiệm” (living lab), trong đó các rủi ro thương mại và kỹ thuật được chia sẻ qua hợp tác đa bên (Raucci, 2022; Akhavan, 2025).

Theo Akhavan (2025), tiến trình hình thành và phát triển GSC có thể được chia thành hai giai đoạn: (i) emergence – tập trung vào thử nghiệm chính sách, nghiên cứu và phát triển (R&D), và (ii) diffusion – mở rộng phạm vi áp dụng nhiên liệu không phát thải và tích hợp vào chuỗi cung ứng toàn cầu. Như vậy, GSC có thể được xem như một công cụ chuyển đổi cấu trúc, đóng vai trò cầu nối giữa mục tiêu giảm phát thải toàn cầu với bối cảnh đặc thù của từng cảng và tuyến vận tải (Akhavan, 2025).

2.3. Khung pháp lý và cam kết quốc tế về hành lang vận tải biển xanh

Trên bình diện quốc tế, Clydebank Declaration (COP26, 2021) là mốc quan trọng khi các quốc gia tiên phong cam kết thiết lập ít nhất sáu hành lang vận tải biển xanh vào năm 2025 (UNESCAP, 2022). Song song, Chiến lược GHG sửa đổi của IMO (2023) đặt mục tiêu giảm cường độ carbon ít nhất 40% vào năm 2030 (so với 2008), hướng tới phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050, đồng thời yêu cầu ít nhất 5–10% tổng nhiên liệu hàng hải toàn cầu đến từ nguồn không phát thải vào năm 2030 (IMO, 2023). Các sáng kiến khác như Los Angeles–Shanghai Green Shipping Corridor cũng minh chứng vai trò của hợp tác quốc tế trong việc thử nghiệm tàu sử dụng nhiên liệu mới và triển khai OPS tại cảng nhằm cắt giảm phát thải ở các điểm nút quan trọng của chuỗi vận tải xuyên Thái Bình Dương (Port of Los Angeles, 2023).

Đối với Việt Nam, nhiều nghiên cứu chỉ ra khung pháp lý hiện hành về cảng biển xanh, OPS và an toàn nhiên liệu mới còn thiếu và chưa đồng bộ (Trần Thị Tú Anh & cộng

sự, 2025). Tham gia các GSC quốc tế không chỉ mở ra cơ hội tiếp cận công nghệ và thị trường mới, mà còn tạo động lực hoàn thiện thể chế, đưa Việt Nam trở thành mắt xích quan trọng trong mạng lưới vận tải biển xanh toàn cầu.

3. Thực trạng sử dụng nhiên liệu trong hành lang vận tải biển từ Cái Mép - Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

3.1 Bối cảnh thực tế của ngành hàng hải Việt Nam

Việt Nam sở hữu vị trí địa lý thuận lợi với đường bờ biển dài trên 3.200 km, nằm trên tuyến hàng hải quốc tế quan trọng nối Thái Bình Dương với Ấn Độ Dương. Hệ thống cảng biển trải dài từ Bắc vào Nam, trong đó có những cảng cửa ngõ quy mô lớn như Hải Phòng – Lạch Huyện và Cái Mép – Thị Vải. Theo số liệu của Bộ Giao thông vận tải, đến cuối năm 2023 đội tàu biển Việt Nam có 1.447 chiếc với tổng trọng tải hơn 10 triệu DWT, xếp thứ ba trong khu vực ASEAN và thứ 27 trên thế giới. Tuy nhiên, theo kết quả nghiên cứu năm 2019, đội tàu vận tải biển Việt Nam đã phát thải khoảng 4,03 nghìn tấn CO₂, 66,27 tấn NO_x, 34,47 nghìn tấn SO_x và 5,29 nghìn tấn PM (Phan Văn Hưng & Nguyễn Minh Đức, 2019), cho thấy bên cạnh sự phát triển về quy mô, ngành hàng hải Việt Nam cũng đang phải đối mặt với những thách thức đáng kể về môi trường.

3.2 Tổng quan về hành lang vận tải từ cảng Cái Mép – Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

3.2.1 Tổng quan về cảng Cái Mép - Thị Vải

Cảng Cái Mép – Thị Vải nằm tại cửa sông Thị Vải và sông Cái Mép, thuộc thị xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, là cụm cảng biển nước sâu lớn nhất Việt Nam với tổng chiều dài hơn 14 km. Cảng có luồng tàu sâu -14 m, khu bến cảng -16,8 m và vũng quay rộng 500 m, đủ sức tiếp nhận tàu container trọng tải đến 250.000 tấn (khoảng 24.000 TEU). Hạ tầng cảng gồm 3 cầu tàu dài 890 m, 3 bến sà lan dài 270 m, bãi container 55 ha sức chứa khoảng 51.500 TEU, 10 cầu bờ STS, 22 cầu bãi, 3 cầu sà lan cùng hơn 80 phương tiện bốc xếp. Đây là 1 trong 2 cảng biển loại đặc biệt của quốc gia, giữ vai trò trung tâm trung chuyển quốc tế.

3.2.2 Tổng quan về cảng Long Beach, Los Angeles

Cảng Long Beach nằm tại thành phố Long Beach, bang California, sát cạnh cảng Los Angeles trong vịnh San Pedro, là cảng container lớn thứ hai của Hoa Kỳ và cửa ngõ thương mại quan trọng kết nối trực tiếp với các cảng châu Á. Theo Chính quyền Cảng Long Beach, cảng có diện tích khoảng 8.120 acres (gồm 4.600 acres mặt nước và 3.520

acres đất liền), sở hữu 12 cầu cảng và 80 bến neo, với hạ tầng hiện đại cho phép tiếp nhận các tàu container siêu trọng. Nhờ lợi thế vị trí và cơ sở vật chất, cảng Long Beach giữ vai trò then chốt trong vận tải xuyên Thái Bình Dương và chuỗi cung ứng toàn cầu.

Cảng Los Angeles, thành lập năm 1907, là cảng container lớn nhất Hoa Kỳ và khu vực Tây Bán Cầu, cũng nằm trong vịnh San Pedro, ngay cạnh cảng Long Beach. Theo số liệu của Chính quyền Cảng Los Angeles, cảng có tổng diện tích khoảng 7.500 acres (trong đó 4.300 acres đất liền và 3.200 acres mặt nước) cùng 43 dặm bờ biển. Hạ tầng cảng bao gồm 25 bến hàng hóa (trong đó có 7 bến container), 84 cần cầu bờ, hơn 2.100 thiết bị xếp dỡ, cùng 122 dặm đường sắt với 5 ga đường sắt nằm trong cảng. Với quy mô này, năm 2024 cảng Los Angeles đã xử lý 10,3 triệu TEU, tiếp tục giữ vững vị trí là cảng container nhộn nhịp nhất tại Hoa Kỳ.

3.2.3 Hành lang vận tải từ cảng Cái Mép – Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

Theo thông tin từ bộ giao thông vận tải, hiện nay có 13 tuyến vận tải kết nối cảng Cái Mép – Thị Vải tới cảng Long Beach và Los Angeles mỗi tuần. Tuyến hàng hải vận chuyển container nhanh nhất từ Việt Nam đến Mỹ hiện nay là từ Cái Mép - Thị Vải (tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu) đến Los Angeles chỉ mất 18 ngày, theo thông tin từ hãng tàu ZIM.

Ngoài ZIM, một số hãng tàu lớn thuộc Ocean Alliance như CMA CGM, COSCO Shipping, Evergreen và OOCL cũng đang khai thác tuyến vận tải trực tiếp từ Cái Mép – Thị Vải đến Long Beach và Los Angeles. Sự tham gia của các hãng tàu hàng đầu thế giới khẳng định vị thế chiến lược của Cái Mép – Thị Vải trong mạng lưới vận tải biển toàn cầu, đặc biệt trên hành lang thương mại Việt Nam – Hoa Kỳ.

3.3 Các loại nhiên liệu chính được sử dụng

Trong hành lang vận tải biển từ Cái Mép – Thị Vải (Việt Nam) đến cảng Long Beach và Los Angeles (Hoa Kỳ), nhiên liệu chủ yếu hiện nay là dầu nhiên liệu hàng hải có hàm lượng lưu huỳnh thấp (VLSFO) và Marine Gas Oil (MGO), phù hợp với quy định IMO 2020 về giới hạn hàm lượng lưu huỳnh $\leq 0,5\%$ trong nhiên liệu hàng hải (IMO, 2020; Cục Hàng hải Việt Nam). Đây là nguồn nhiên liệu truyền thống nhưng đã được tinh chế để đáp ứng yêu cầu kiểm soát phát thải SO_x toàn cầu.

Bên cạnh đó, theo Clean Marine Fuels White Paper (2022) của Port of Long Beach, xu hướng chuyển đổi sang khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) đang được đẩy mạnh, cùng với nghiên cứu methanol, ammonia, hydrogen và biofuel. Đồng thời, Clean Air Action

Plan (CAAP) do cảng Los Angeles và Long Beach cùng ban hành cũng nhấn mạnh việc thúc đẩy nhiên liệu thay thế nhằm giảm phát thải trong vận tải biển.

3.4 Những hạn chế hiện tại

3.4.1 Hạn chế

VLSFO là loại nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh $\leq 0.5\%$, là loại dầu pha trộn từ nhiều dòng sản phẩm tinh chế. Do vậy, chất lượng không đồng nhất, nhiều lô VLSFO không ổn định, gây tạo cặn, tắc bộ lọc, nguy cơ hỏng động cơ. Mức phát thải vòng đời (well-to-wake) trung bình của VLSFO khi sử dụng động cơ tốc độ thấp (SSD) và động cơ tốc độ trung bình (MSD): 3,734 g CO₂/g nhiên liệu.

MGO là loại nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh rất thấp ($\leq 0.1\%$), là nhiên liệu chung cất sạch hơn, có đặc tính tương tự dầu diesel hàng hải. Tuy nhiên, chi phí nhiên liệu này cao hơn nhiều so với các loại dầu nặng, dao động cao hơn khoảng 200–300 USD/tấn so với HFO và VLSFO trong giai đoạn 2020–2023. Mức phát thải vòng đời (well-to-wake) trung bình của MGO khi sử dụng động cơ tốc độ thấp (SSD) và động cơ tốc độ trung bình (MSD): 3.782 g CO₂/g nhiên liệu.

3.4.2 Đánh giá tác động

Việc sử dụng VLSFO giúp tuân thủ quy định IMO 2020 nhờ đó giảm đáng kể phát thải SO_x và bụi mịn, góp phần cải thiện chất lượng không khí tại khu vực cảng và tuyến vận tải biển. Tuy nhiên, VLSFO vẫn tạo ra lượng phát thải CO₂ cao, duy trì áp lực lớn đối với mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính toàn cầu. Về kinh tế, giá thành VLSFO thường cao hơn so với nhiên liệu truyền thống, khiến chi phí vận tải biển gia tăng trong bối cảnh thị trường biến động. Bên cạnh đó, do chất lượng VLSFO không đồng đều, có nguy cơ gây tạo cặn, tắc nghẽn hệ thống lọc nhiên liệu, giảm hiệu suất động cơ, từ đó làm tăng chi phí bảo trì và vận hành.

Việc sử dụng MGO mang lại lợi ích lớn về môi trường khi giảm mạnh phát thải SO_x và hạt mịn PM, đáp ứng yêu cầu nghiêm ngặt tại Emission Control Areas (ECAs) (IMO, 2020). Tuy nhiên, MGO vẫn tạo ra lượng CO₂ và NO_x đáng kể, tương tự các nhiên liệu hóa thạch khác. Về kinh tế, hạn chế lớn nhất là chi phí cao, gây áp lực tài chính lên các hãng tàu khi áp dụng rộng rãi. Ngoài ra, do năng lượng riêng thấp hơn dầu nặng, MGO có thể dẫn đến chi phí vận hành tăng trong dài hạn.

4. Tiềm năng và giải pháp giảm phát thải cho hành lang vận tải biển từ Cái Mép - Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

Việc chuyển đổi sang các nhiên liệu hàng hải ít carbon không chỉ là yêu cầu tuân thủ khung quy định IMO 2023–2050, mà còn là cơ hội chiến lược để xây dựng hành lang vận tải biển xanh, bền vững. Đặc biệt, đối với tuyến vận tải container dài và có tần suất lớn như Cái Mép – Thị Vải đến Long Beach/Los Angeles, việc áp dụng nhiên liệu thay thế hứa hẹn mang lại lợi ích rõ rệt về môi trường, chi phí tuân thủ và uy tín quốc tế.

4.1. Ứng dụng nhiên liệu thay thế trong vận tải biển

Việc chuyển đổi sang các nhiên liệu hàng hải ít carbon không chỉ là phản ứng bắt buộc trước khung quy định IMO 2023–2050, mà còn mở ra cơ hội hiện thực hóa một hành lang vận tải biển xanh và bền vững. Đặc biệt, trên tuyến vận tải container dài và nhộn nhịp như Cái Mép - Thị Vải đến cảng Long Beach/Los Angeles, việc áp dụng nhiên liệu thay thế hứa hẹn mang lại những lợi ích rõ rệt về môi trường, kinh tế và uy tín quốc tế.

4.1.1. E-methanol

E-methanol, được sản xuất từ hydrogen xanh và CO₂ thu hồi qua công nghệ thu giữ và lưu trữ carbon (CCUS), đang nổi lên như một trong những giải pháp khả thi nhất để khử carbon trong vận tải biển. Khác với dầu nặng (HFO) vốn phổ biến trong các tuyến xuyên Thái Bình Dương, e-methanol có đặc tính cháy với mức phát thải thấp, giúp góp phần giảm thiểu đáng kể phát thải khí độc hại. Báo cáo của Methanol Institute (2023) cho thấy việc sử dụng methanol có thể giảm tới 80% NO_x, gần như loại bỏ hoàn toàn SO_x và bụi mịn (PM). Ở góc độ vòng đời (well-to-wake), methanol tái tạo có thể mang lại mức giảm 70–80% khí nhà kính (GHG) so với nhiên liệu hóa thạch (Tripathi, 2025). Các hãng vận tải lớn đã bắt đầu đặt tàu “methanol-ready” hoặc dual-fuel, và những hợp đồng dài hạn về cung ứng methanol xanh đang dần hình thành, điều này hàm ý khả năng nguồn cung cho các tuyến xuyên Thái Bình Dương sẽ tăng trong thập niên tới (Maersk; CMA CGM).

Với tuyến Cái Mép – Long Beach, vốn kéo dài hơn 12.000 km, việc thay thế HFO bằng e-methanol có thể giúp một tàu container 14.000 TEU giảm hàng chục nghìn tấn CO₂ mỗi năm. Điều này không chỉ giúp các hãng tàu tuân thủ chuẩn CII mà nâng cao uy tín trong chuỗi cung ứng toàn cầu ngày càng đề cao các chuẩn mực bền vững.

Tuy nhiên, hiện nay Việt Nam chưa có cơ sở hạ tầng bunker methanol tại các cảng. Do đó, nếu muốn tham gia hành lang xanh, Cái Mép – Thị Vải cần định hướng sớm phát triển kho chứa và trạm tiếp nhiên liệu methanol, kết hợp thu hút hợp tác quốc tế, nhằm không bị tụt hậu so với các cảng lớn trong khu vực như Singapore hay Thượng Hải.

4.1.2. Amoniac xanh

Amoniac xanh, sản xuất từ hydrogen tái tạo và nitơ, mang lại tiềm năng đặc biệt khi gần như không phát thải CO₂ trong quá trình sử dụng. Theo Lloyd's Register (2022), amoniac không chứa carbon, do đó cũng loại bỏ phát thải SO_x và bụi. Đây là ưu điểm vượt trội so với các nhiên liệu hóa thạch truyền thống. Tuy vậy, những thách thức kỹ thuật vẫn tồn tại, đặc biệt là việc kiểm soát phát thải NO_x và nguy cơ phát sinh N₂O – một loại khí nhà kính có tiềm năng làm nóng toàn cầu cao gấp hàng trăm lần CO₂ (EDF, 2025).

Trong bối cảnh hành lang Cái Mép – Long Beach, amoniac xanh có thể trở thành giải pháp trung hạn và dài hạn, nhất là khi Mỹ và Nhật Bản đang đầu tư mạnh vào hạ tầng chuỗi cung ứng amoniac. Nếu Việt Nam chủ động hội nhập vào mạng lưới này, đội tàu tuyến Thái Bình Dương sẽ được hưởng lợi cả về khả năng tiếp nhiên liệu (bunkering) lẫn chi phí tuân thủ quy định quốc tế trong dài hạn.

4.1.3. Nhiên liệu sinh học bền vững

Trong khi e-methanol và amoniac xanh đòi hỏi sự thay đổi lớn về công nghệ động cơ và hạ tầng, biofuel lại mang ưu thế “drop-in” – nghĩa là có thể sử dụng trực tiếp hoặc pha trộn với nhiên liệu truyền thống mà không cần điều chỉnh đáng kể. DNV (2025) nhận định biofuel hiện là một trong những giải pháp nhanh nhất để giảm phát thải CO₂ trong ngành hàng hải. Nghiên cứu vòng đời cho thấy biofuel có thể giúp giảm 41–163% khí nhà kính tùy theo nguồn gốc nguyên liệu (Masum, 2023). Thử nghiệm tại Rotterdam với hỗn hợp B30 đã chứng minh mức giảm phát thải gần 28% so với VLSFO (Reuters, 2024).

Đối với hành lang Cái Mép – Long Beach, nơi các hãng tàu thường vận hành đội tàu quy mô lớn, biofuel có thể đóng vai trò “cầu nối” quan trọng. Việc sử dụng B30 hoặc B50 sẽ cho phép giảm phát thải ngay lập tức, đồng thời tạo bước đệm cho quá trình chuyển đổi dần sang nhiên liệu thế hệ mới như methanol hay amoniac.

Trong khi đó, Việt Nam sở hữu lợi thế nguồn nguyên liệu sinh khối dồi dào (như dầu cọ, phụ phẩm nông nghiệp, mỡ động vật) nhưng hiện chưa có công nghiệp tinh chế biofuel đạt chuẩn quốc tế. Việc liên kết với các doanh nghiệp lọc hóa dầu trong khu vực để sản xuất hoặc nhập khẩu biofuel có thể giúp tuyến Cái Mép – Thị Vải giảm phát thải ngay lập

tức, đồng thời tạo bước đệm cho quá trình chuyển đổi sang methanol hoặc amoniac trong dài hạn.

4.2. Tiềm năng sử dụng điện bờ

4.2.1. Khung kỹ thuật và kinh nghiệm quốc tế

Hệ thống cung cấp điện bờ (Onshore Power Supply – OPS), còn gọi là “cold ironing”, cho phép tàu neo đậu tại cảng chuyển sang sử dụng điện từ bờ thay vì máy phát diesel, từ đó giảm đáng kể phát thải ô nhiễm không khí và khí nhà kính. OPS vận hành theo tiêu chuẩn quốc tế ISO/IEC/IEEE 80005, đảm bảo tính nhất quán về kỹ thuật kết nối, phong cách thời gian thực và an toàn (IEC, 2020). Tại khu vực Long Beach – Los Angeles, OPS đã trở thành một phần bắt buộc trong mối quan hệ giữa tàu và cảng theo quy định “At-Berth Regulation” được duy trì bởi California Air Resources Board (CARB), nằm trong khuôn khổ kế hoạch Clean Air Action Plan nhằm kiểm soát ô nhiễm không khí tại vùng cảng lớn nhất Hoa Kỳ (ICCT, 2024).

Ngoài ra, Cảng Los Angeles hiện đang đóng vai trò tiên phong trong sáng kiến “Los Angeles–Long Beach–Shanghai Green Shipping Corridor”, một chương trình hợp tác đa phương với các cảng lớn ở châu Á nhằm thúc đẩy sử dụng nhiên liệu thay thế và công nghệ vận tải ít carbon. Sáng kiến này không chỉ tập trung vào khía cạnh nhiên liệu mới mà còn tích hợp triển khai Onshore Power Supply để giảm phát thải tại cảng. Theo Kế hoạch Triển khai công bố tháng 9/2023, hành lang xanh đặt mục tiêu đến năm 2025 đưa vào vận hành các tàu có mức phát thải vòng đời carbon thấp, và đến năm 2030 thử nghiệm các tàu không phát thải hoàn toàn, tạo tiền lệ quan trọng cho các tuyến vận tải xuyên Thái Bình Dương (Port of Los Angeles, 2023; C40 Cities, 2024).

4.2.2. Lợi ích giảm phát thải và cải thiện môi trường tại cảng

Các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng đều khẳng định OPS có hiệu quả giảm phát thải cực cao khi tàu neo đậu tại bến. Một nghiên cứu tại Anh cho thấy OPS có thể giảm hơn 70 % phát thải CO₂, đồng thời loại trừ gần như hoàn toàn SO_x, NO_x và bụi mịn (PM) trong thời gian tàu nằm bến (Wang, 2024). Ở châu Âu, các cảng có OPS hệ thống tích hợp gần như ghi nhận mức giảm 95–98% tổng phát thải tại cảng (Rogosic, 2025). Bên cạnh giảm phát thải, OPS còn giúp giảm tiếng ồn, nâng cao chất lượng môi trường sống cho cư dân ven cảng, một vấn đề đặc biệt quan trọng khi nhiều cảng nằm sát khu đô thị lớn.

4.2.3. Giải pháp cho hành lang Cái Mép-Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

Hành lang vận tải biển Cái Mép–Thị Vải đến Long Beach/Los Angeles có thể triển khai hệ thống Onshore Power Supply (OPS) theo lộ trình hai giai đoạn chiến lược. Trong giai đoạn đầu (2025–2027), dự án thí điểm tại một đến hai bến container trọng yếu ở Cái Mép sẽ áp dụng công nghệ kết nối tàu–bờ theo tiêu chuẩn quốc tế IEC/IEEE 80005, cho phép tàu sử dụng điện bờ thay vì máy phát diesel, đồng thời thử nghiệm mô hình OPS di động nhằm giảm chi phí đầu tư ban đầu (IEEE, 2020; Port of Rotterdam, 2023). Giai đoạn hai (2028–2035) sẽ mở rộng phạm vi OPS cho toàn cụm cảng và tích hợp nguồn điện tái tạo hoặc hợp đồng mua bán điện xanh nhằm tối ưu hóa lợi ích môi trường, hướng tới hình thành “hành lang OPS xuyên Thái Bình Dương” song song với phía Long Beach, vốn đã có hạ tầng OPS hoàn thiện và quy định bắt buộc đối với tàu container (California Air Resources Board [CARB], 2024; Port of Long Beach [POLB], 2024).

4.3. Khung giải pháp tích hợp áp dụng cho hành lang Cái Mép-Thị Vải đến cảng Long Beach, Los Angeles

4.3.1. Hiện đại hoá đội tàu với động cơ hai nhiên liệu (dual-fuel)

Việc chuyển đổi đội tàu sang động cơ dual-fuel có khả năng sử dụng cả nhiên liệu truyền thống lẫn xanh như methanol hoặc ammonia, đang là xu hướng then chốt trong ngành vận tải biển toàn cầu. A.P. Moller-Maersk đã hoàn tất đơn đặt hàng 20 tàu dual-fuel (methanol/LNG) có tổng công suất 300.000 TEU, dự kiến bàn giao từ năm 2028 đến 2030; thêm vào đó, tàu “Berlin Mærsk” lớp 17.480 TEU dual-fuel đã gia nhập đội tàu vào giữa năm 2025 (Maersk, 2024; Maersk, 2025). Đồng thời, CMA CGM cũng đã đưa vào sử dụng tàu CMA CGM Argon - một tàu dual-fuel methanol công suất 13.000 TEU nằm trong một loạt 12 tàu được bàn giao vào giai đoạn 2025–2026 (CMA CGM, 2025).

Áp dụng thực tiễn này cho tuyến Cái Mép–Thị Vải đến Long Beach/Los Angeles sẽ yêu cầu thí điểm hoặc ưu tiên tàu dual-fuel gọi bến, kết hợp với cơ sở hạ tầng bunker methanol/ammonia tại cảng Cái Mép để đảm bảo nguồn nhiên liệu xanh phù hợp cho hoạt động xuyên Thái Bình Dương.

4.3.2. Xây dựng hạ tầng cảng và kết nối lưới điện xanh

Doanh nghiệp và nhà nước tại Việt Nam đang khuyến khích phát triển cảng xanh, bao gồm hỗ trợ tín dụng ưu đãi lãi suất thấp và miễn giảm thuế nhập khẩu cho các công trình như OPS, cầu tàu điện, nhà máy xử lý nước thải (Vietnam Briefing, 2025). Để khai thác hiệu quả nhiên liệu thay thế, cảng CM–TV cần đầu tư nhà ga cung cấp bunker methanol và ammonia, đồng thời phát triển hạ tầng OPS phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế.

Việc kết nối OPS cùng nguồn điện tái tạo thông qua hệ thống PPA hoặc trang trại năng lượng tại chỗ, sẽ tối ưu hóa lợi ích môi trường.

4.3.3. Chính sách hỗ trợ và hợp tác quốc tế hiệu quả

Một khung chính sách hiệu quả cho hành lang Cái Mép–Thị Vải đến Long Beach/Los Angeles cần tập trung vào việc chuẩn hóa các quy định về “cảng biển xanh” và “cảng biển thông minh”, bao gồm tiêu chí sử dụng năng lượng tái tạo, thiết bị bóc xếp điện, nhiên liệu thay thế, quản lý chất thải theo mô hình tuần hoàn, cùng áp dụng công nghệ số và tự động hóa trong vận hành. Đồng thời, Việt Nam cần xây dựng cơ chế pháp lý rõ ràng cho tàu biển sử dụng nhiên liệu bền vững như LNG, methanol, amoniac và hydrogen, bao gồm quy định an toàn, kiểm định kỹ thuật và chính sách ưu đãi thuế, phí cho các tàu áp dụng công nghệ sạch. Việc ban hành hệ thống tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật quốc gia hài hòa với IMO, EU và các đối tác khu vực, đặc biệt về điện bờ, tiếp nhận và lưu trữ nhiên liệu mới sẽ vừa tạo thuận lợi cho doanh nghiệp, vừa giúp Việt Nam hội nhập với mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050.

Song song với đó, cần thiết lập các cơ chế tài chính khuyến khích chuyển đổi xanh, gồm ưu đãi lãi suất, miễn giảm thuế nhập khẩu và thuế thu nhập doanh nghiệp, hỗ trợ tín dụng xanh và thúc đẩy hợp tác công-tư để thu hút vốn xã hội hóa và nguồn tài trợ quốc tế cho hạ tầng nhiên liệu sạch. Việc đầu tư vào đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao như vận hành thiết bị điện bờ, tiếp nhận nhiên liệu bền vững, huấn luyện thuyền viên tàu nhiên liệu kép, phải đi kèm hợp tác với các tổ chức quốc tế (IMO, EU, Mỹ, Nhật Bản, Singapore...). Đồng thời, Việt Nam nên tích cực tham gia các tuyến vận tải biển xanh quốc tế để tiếp cận công nghệ tiên tiến, thu hút nguồn hàng giá trị cao và nâng cao vị thế cạnh tranh.

5. Kết luận

Nghiên cứu này cho thấy hành lang vận tải biển Cái Mép–Thị Vải đến Long Beach/Los Angeles hiện vẫn phụ thuộc vào nhiên liệu truyền thống dù đã đáp ứng quy định hàm lượng lưu huỳnh của IMO 2020, nhưng cường độ carbon vẫn cao, gây áp lực lên mục tiêu giảm phát thải GHG. Các phân tích cho thấy e-methanol và nhiên liệu sinh học bền vững có tiềm năng giảm đáng kể phát thải CO₂; amoniac xanh hứa hẹn loại bỏ gần như hoàn toàn phát thải carbon nhưng đi kèm yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn; trong khi đó, điện bờ (OPS) có khả năng giảm tới 95–98% phát thải khi tàu neo đậu, theo kinh nghiệm tại Long Beach. Lộ trình khả thi nhất cho tuyến Cái Mép–Thị Vải đến Long

Beach/Los Angeles là kết hợp nhiều giải pháp: chuyển đổi dần sang nhiên liệu ít carbon, triển khai OPS ở cảng, đồng bộ hóa hạ tầng tiếp nhiên liệu và tối ưu hóa vận hành.

Về mặt học thuật, nghiên cứu xây dựng khung đánh giá tích hợp giữa hiện trạng nhiên liệu, tiềm năng giảm phát thải và vai trò của OPS, từ đó đề xuất kịch bản chuyển đổi cụ thể. Về thực tiễn, kết quả nghiên cứu cung cấp các khuyến nghị có thể áp dụng ngay cho cơ quan quản lý và doanh nghiệp, bao gồm thí điểm OPS, ưu đãi tài chính, chuẩn bị hạ tầng bunker methanol/amoniac, cũng như đào tạo nhân lực và thúc đẩy hợp tác quốc tế. Đây là những đầu vào quan trọng giúp hoạch định chính sách, thu hút đầu tư và triển khai các sáng kiến vận tải biển xanh ở Việt Nam.

Tuy vậy, nghiên cứu còn hạn chế do dữ liệu phát thải chủ yếu dựa trên nguồn thứ cấp và chưa có phân tích kinh tế-kỹ thuật chi tiết cho từng kịch bản. Hướng nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào thu thập dữ liệu thực địa từ tàu và cảng, thực hiện đánh giá vòng đời (LCA) kết hợp phân tích chi phí-lợi ích (CBA), cũng như nghiên cứu sâu về kỹ thuật và rủi ro an toàn trong cung ứng nhiên liệu amoniac. Những bước đi này sẽ giúp hoàn thiện cơ sở khoa học và hỗ trợ việc thiết kế các chính sách vận tải biển bền vững cho Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Akhavan, M. (2025). Decarbonising maritime transport: The role of green shipping corridors in making sustainable port-city ecosystems. *Ocean and Society*, 2, 1–16.

Bengue, F., Silveira, S., & Vieira, J. (2024). Decision support model for green shipping corridors: A fuzzy AHP approach. *Sustainability*, 16(21), 9563.

Bureau of Transportation Statistics. (2022). *Shore power adoption at U.S. ports*. U.S. Department of Transportation.

California Air Resources Board (CARB). (2021). *Evaluation of shore power emission reductions in California*.

California Air Resources Board. (2024). *Final revised Port of Long Beach plan for the At-Berth Regulation July 2024*.

C40 Cities. (2022). *Decarbonising maritime transport: The role of green shipping corridors in making sustainable port-city ecosystems*.

Clydebank Declaration. (2021). *Supporting the establishment of green shipping corridors*.

CMA CGM. (2025, 5 tháng 5). Shipping giant CMA CGM takes delivery of a new methanol-powered 13,000 TEU container ship. *Manifold Times*. Truy cập từ <https://www.manifoldtimes.com/news/cma-cgm-takes-delivery-of-new-methanol-dual-fuel-boxship-argon/>

DNV. (2023). *Maritime forecast to 2050*. DNV GL.

European Commission. (2021). *Renewable energy progress report*. Brussels: EC.

Global Maritime Forum. (2021). *Annual progress report on green shipping corridors*. GMF Publications.

Global Maritime Forum. (2021). *The next wave: Green corridors*.

Hendriksen, J. (2023). *Critical success factors for green shipping corridors: The case of Rotterdam–Singapore* (Luận văn thạc sĩ). Erasmus University Rotterdam.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2020). *IEC/IEEE 80005: High voltage shore connection systems*. Truy cập từ <https://standards.ieee.org/ieee/80005-1/5835>

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2021). *Accounting for well-to-wake carbon dioxide equivalent emissions in maritime transportation climate policies*.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2020). *ISO/IEC/IEEE 80005: High voltage shore connection systems*.

International Energy Agency (IEA). (2021). *The role of e-fuels in decarbonizing shipping*.

International Energy Agency (IEA). (2022). *Ammonia as a marine fuel: Opportunities and challenges*.

International Maritime Organization (IMO). (2023). *IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships (Revised 2023)*.

Jugović, A., Lajić, I., & Žgaljić, D. (2025). Green shipping corridors: A bibliometric and network analysis. *Applied Sciences*, 15(6), 3304.

Lâm Nguyễn. (2025, 25 tháng 1). Chuyển đổi cảng xanh – Bài 1: Tạo hành lang pháp lý thuận lợi. *Bnews*.

Lloyd's Register. (2022). *Fuel for thought: The potential of ammonia in shipping*. LR.

Maersk. (2024, 2 tháng 12). Maersk completes order of 20 dual-fuel vessels. Truy cập từ <https://www.maersk.com/news/articles/2024/12/02/maersk-completes-order-of-20-dual-fuel-vessels>

Maersk. (2025, 18 tháng 6). New Maersk vessel class to enter service. Truy cập từ <https://www.maersk.com/news/articles/2025/06/18/new-maersk-vessel-class-to-enter-service>

Methanol Institute. (2023). *Marine methanol report*.

Ministry of Transport of Vietnam. (2021). *Master plan for Vietnam's seaport system to 2030, vision to 2050*. Hà Nội.

Nguyen, A., & Hoang, M. (2024). Prospects for green shipping corridors in Southeast Asia. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 40(1), 45–59.

Olmer, N., Comer, B., Roy, B., & Rutherford, D. (2022). *Green corridors as a strategy for decarbonizing shipping*. International Council on Clean Transportation (ICCT).

Phan Trang. (2023, 5 tháng 9). Hành lang vận tải biển xanh nối Việt Nam–Hoa Kỳ. *Báo Điện tử Chính phủ*.

Phan Văn Hưng & Nguyễn Minh Đức. (2022). Tính lượng khí thải từ đội tàu vận tải biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, 66(66), 94–98.

Port of Long Beach. (2024). *Green port progress report*.

Port of Long Beach. (2024). *Shore power program*. Truy cập từ <https://polb.com/environment/shore-power>

Port of Los Angeles. (2022). *Shore power requirements and compliance*.

Port of Los Angeles. (2023). *Los Angeles–Shanghai Green Shipping Corridor implementation plan*.

Port of Rotterdam. (2023). Successful pilot moveable shore power for sea-going vessels. Truy cập từ <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/successful-pilot-moveable-shore-power-sea-going-vessels>

Raucci, C. (2022). *Public-private collaboration in green shipping corridors*.

Singh, A., & Shanthakumar, S. (2021). Operational concerns from compliance of IMO 2020 sulphur limit through VLSFO. *Journal of Marine Science and Application*, 20(3), 291–303.

Trần Thị Tú Anh, Trần Thị Tuyết Mai Anh, & Nguyễn Xuân Kỳ. (2025). *Chuyển đổi xanh trong lĩnh vực hàng hải Việt Nam: Hiện trạng, thách thức và định hướng hoàn thiện khung pháp lý*. Báo cáo NCKH, Hà Nội.

UNCTAD. (2022). *Review of maritime transport*. Geneva: UNCTAD.

UNCTAD. (2023). *Review of maritime transport 2023*.

UNESCAP. (2022). *Green shipping corridors in the Asia-Pacific*. United Nations ESCAP.

UNESCAP. (2022). *Clydebank Declaration and implications for Asia-Pacific ports*.

Vietnam Briefing. (2025, 7 tháng 8). Vietnam's green maritime sector sails the growth tide: An industry guide. Truy cập từ <https://www.vietnam-briefing.com/news/vietnams-green-maritime-sector-sails-the-growth-tide-an-industry-guide.html>

Zhang, H., & Feng, Y. (2024). Evolutionary game analysis of stakeholder participation in green shipping corridors. *International Journal of Low-Carbon Technologies*.