



Nghiên cứu kiểm soát lượng khí thải phát thải ở cảng MPC Hải Phòng A study on emission control at MPC Hai Phong seaport

Ngô Như Tại*, Bùi Thanh Huân, Nguyễn Văn Đức

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Từ khóa:

Kiểm soát khí thải cảng biển
Trung hòa carbon
Giảm phát thải khí thải cảng biển

TÓM TẮT

Thực hiện cam kết của chính phủ về Thỏa thuận Paris đạt được tại COP26 là trung hòa carbon vào năm 2050. Trong đó, ngành hàng hải thực hiện Chiến lược Giảm phát thải khí nhà kính từ tàu của Tổ chức Hàng hải Quốc tế năm 2023. Trong bối cảnh đó, yêu cầu đối với cảng biển Việt Nam phải thực hiện như cam kết của Thủ tướng Chính phủ là trung hòa carbon trước năm 2050. Vì vậy, nghiên cứu về kiểm soát lượng phát thải khí thải từ các tàu hoạt động ở cảng biển MPC Hải Phòng là cấp thiết. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng lượng khí thải phát thải tổng thể ở cảng biển là rất lớn, đến 183948,29 kg trong tháng 11 năm 2024, và đang có xu hướng tăng lên. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để doanh nghiệp cảng biển xây dựng lộ trình và các giải pháp giảm phát thải khí thải từ các hoạt động ở cảng biển, hướng tới mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050 của cảng biển Việt Nam.

Keywords:

Port emission control
Carbon neutrality
Reducing port emissions

ABSTRACT

Implementing the government's commitment to the Paris Agreement reached at COP26 is to be carbon neutral by 2050. In particular, the maritime sector implements the IMO's Strategy for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships in 2023. In that context, the requirement for Vietnamese seaports to implement the prime minister's commitment is to be carbon neutral before 2050. Therefore, research on controlling emissions from ships operating at MPC Hai Phong seaport is an urgent requirement. The research results show that the total emissions at the seaport are very large, 183,948.29 kg in November 2024, and are on the rise. This result is the basis for seaport enterprises to build a roadmap and solutions to reduce emissions from seaport activities towards the goal of carbon neutrality by 2050 at Vietnamese seaports.

1. Giới thiệu

Vận tải biển đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế toàn cầu, đảm nhận khoảng 80% đến 90% khối lượng và giá trị thương mại quốc tế [1]. Tổng giá trị của hoạt động thương mại hàng hải ước đạt khoảng 14

nghìn tỷ USD mỗi năm, với tốc độ tăng trưởng khoảng 7% hàng năm [1]. Hiện nay, có khoảng 50.000 tàu biển hoạt động trên toàn cầu, tạo thành một mạng lưới vận tải rộng lớn và phức tạp [1]. Vận tải biển không chỉ là phương thức vận chuyển hàng hóa chủ

* Ngô Như Tại. Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
Email: ngonhutai@vamaru.edu.vn

[https://www.doi.org/10.55228/JTST.14\(2\).37-46](https://www.doi.org/10.55228/JTST.14(2).37-46)

Ngày nhận bài: 09/02/2025; Ngày nhận bài sửa: 26/02/2025; Ngày chấp nhận đăng: 02/3/2025

Ngày xuất bản trực tuyến: 15/3/2025

pISSN: 1859-4263; eISSN: 3030-4261

yếu còn đóng vai trò là cầu nối thương mại giữa các quốc gia và khu vực. Hoạt động này góp phần thúc đẩy xuất nhập khẩu, giảm chi phí vận chuyển và tăng cường sự cạnh tranh của các doanh nghiệp trên thị trường quốc tế. Ngoài ra, sự phát triển của ngành vận tải biển cũng tạo ra nhiều cơ hội nghề nghiệp và đóng góp đáng kể vào tổng sản phẩm quốc nội (GDP) của các quốc gia [2].

Có thể khẳng định rằng, mặc dù, vận tải hàng hải đóng vai trò quan trọng trong kinh tế, song hoạt động này cũng gây ra những tác động tiêu cực đến môi trường. Ước tính, ngành hàng hải phát thải khoảng 1 tỷ tấn CO₂ mỗi năm, chiếm khoảng 2,7% lượng khí nhà kính toàn cầu năm 2018 [3]. Con số này có thể tăng lên 17% vào năm 2050 do sự gia tăng của nhu cầu hàng hóa kéo theo nhu cầu vận tải biển ngày càng lớn [3], [4].

Mỗi tàu container lớn có thể phát thải khí thải tương đương với 50 triệu chiếc xe ô tô, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng không khí và môi trường. Tác động môi trường của vận tải biển không chỉ dừng lại ở phát thải khí nhà kính còn bao gồm các chất ô nhiễm khác như CO₂, N₂O, NO_x, SO_x, CH₄, bụi mịn (PM) và muội than (BC), gây ra các vấn đề về sức khỏe ở người và ô nhiễm môi trường. Những tác động này không chỉ ảnh hưởng đến các khu vực ven biển còn góp phần vào biến đổi khí hậu toàn cầu [5].

Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) và các chính phủ trên thế giới đang nỗ lực xây dựng những quy định và tiêu chuẩn mới để giảm thiểu phát thải từ tàu biển và bảo vệ môi trường biển. Ủy ban Bảo vệ Môi trường Hàng hải của IMO (MEPC) 80 đã sửa đổi Chiến lược Giảm phát thải khí nhà kính (GHG) năm 2023 với mục tiêu đạt được phát thải ròng bằng không vào năm 2050, đây là một sự tăng tốc mạnh mẽ so với mục tiêu trong chiến lược GHG ban đầu năm 2018 là đạt phát thải ròng bằng không vào năm 2100. Việt Nam đã cam

kết thực hiện “net zero” vào năm 2050 tại COP26 và thực hiện nghĩa vụ thành viên ở Phụ lục VI, MARPOL 73/78, vì vậy, việc kiểm soát phát thải khí thải từ tàu biển ở cảng biển Việt Nam là yêu cầu cấp thiết hiện nay.

Qua đó, nghiên cứu này áp dụng phương pháp kiểm kê khí thải từ các tàu (Bảng 1), phương tiện, thiết bị hoạt động ở cảng MPC. Từ đó, kiến nghị các giải pháp kiểm soát khí thải ở cảng biển MPC nói riêng và cảng biển Việt Nam nói chung, góp phần phát triển bền vững hệ thống cảng biển Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Nguồn phát thải ở cảng biển

Cảng biển là một trong những khu vực tập trung nhiều nguồn phát thải khác nhau, từ tàu thủy đến thiết bị xếp dỡ và phương tiện nội bộ. Dưới đây là chi tiết về các nguồn phát thải chính tại cảng biển.

2.1.1. Phát thải từ tàu thủy

Tàu thủy sử dụng động cơ diesel hạng nặng, hiệu suất nhiên liệu của các động cơ này trong khoảng 40 - 50%. Các loại nhiên liệu được sử dụng bao gồm dầu DO, dầu HFO. Nguồn phát thải chính từ tàu thủy gồm CO₂ thông qua quá trình đốt cháy nhiên liệu, chiếm 95 - 98% tổng lượng khí thải. Ngoài ra, NO_x phát thải đóng góp vào sự hình thành sương mù quang hóa và ô nhiễm không khí. Phát thải SO_x phụ thuộc vào hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu. Bụi mịn thải ra gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người và môi trường.

2.1.2. Phương tiện thiết bị nội bộ cảng

Tàu lai hỗ trợ tàu cập và rời cầu an toàn cũng đóng góp lượng khí thải đáng kể. Tàu lai phục vụ tại cảng MPC gồm 6 tàu, với công suất chi tiết gồm Hai Au 17 là 1280 hp, Hai Au 18 là 800 hp, Hai Au 19 với 1200 hp, Hai Au 35 với 2386 kW, Tiền Phong 02 là 1470 kW và Tiền Phong 03 là 1470 kW.

Bảng 1. Dữ liệu các tàu hoạt động ở cảng MPC tháng 11 năm 2024.

| Thông số | Tàu 1 | Tàu 2 | Tàu 3 | Tàu 4 | Tàu 5 | Tàu 6 | Tàu 7 | Tàu 8 |
|--------------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Tên tàu | Malaysia Star | Sigma Venture | Dafni | TC MESSENGER | DANUM 173 | ULTIMA | HAIAN PARK | HAIAN TIME |
| Loại tàu | Vehicles Carrier | General Cargo | General Cargo | Container ship | Container ship | Container ship | Container ship | Container ship |
| Trọng tải (GT) | 16839 | 24212 | 22998 | 9549 | 8766 | 9568 | 9431 | 13267 |
| Năm đóng | 1992 | 2012 | 2011 | 2007 | 2006 | 2013 | 2000 | 2001 |
| Công suất máy chính (Kw) | 4118 | 6569 | 6569 | 9200 | 9200 | 8280 | 8098 | 11440 |
| Công suất máy phụ (Kw) | 4x213 | 3x440 A.C | 3x470 A.C | 1x2000 2x910 | 1x2000 2x900 | 4 AC 2400 total | 1x440 2x560 1x99 | 3x960 1x60 |
| Ngày đến cảng MPC | 02/11 | 07/11 | 10/11 | 13/11 | 14/11 | 19/11 | 14/11 | 28/11 |
| Ngày rời cảng MPC | 03/11 | 10/11 | 12/11 | 14/11 | 15/11 | 20/11 | 14/11 | 29/11 |

Thiết bị xếp dỡ tại cảng biển bao gồm cầu container và xe nâng hạ container. Các thiết bị này đang chuyển dịch từ sử dụng dầu sang điện. Mặc dù, không có khí thải trực tiếp vì sử dụng năng lượng điện, nhưng có thể phát thải gián tiếp từ nguồn điện. Ở cảng MPC bao gồm QC chạy điện công suất 1000 kW, MHC công suất động cơ 750kW sử dụng DO; xe nâng hàng với 1 xe Konecrane 235 kW, 1 xe Kalmar 235 kW, 1 xe Kalmar 256 kW, 3 xe Kalmar 310 cv.

2.1.3. Phương tiện vận tải đường bộ

Chủ yếu là xe tải container đạt tiêu chuẩn phát thải Euro V và Euro VI. Mức phát thải khoảng 300 - 500 g CO₂/km. Tuy rằng, đóng vai trò quan trọng trong hoạt động vận chuyển hàng hóa tại cảng, các phương tiện này cũng là nguồn phát thải đáng kể. Việc áp dụng các tiêu chuẩn phát thải nghiêm ngặt, kết hợp với chuyển đổi sang sử dụng các

phương tiện điện hoặc hybrid có thể giúp giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

2.2. Phương pháp ước tính khí thải

2.2.1. Phương pháp tính khí thải từ tàu

Có hai phương pháp chính để ước tính lượng khí thải từ tàu biển gồm phương pháp top-down, dựa trên dữ liệu tiêu thụ nhiên liệu do chủ tàu hoặc người khai thác báo cáo, và phương pháp bottom-up, sử dụng thông số kỹ thuật của tàu kết hợp với dữ liệu hoạt động thu thập từ hệ thống nhận dạng tự động (AIS) theo thời gian thực. Trong đó, phương pháp bottom-up được đánh giá có độ chính xác cao hơn [3]. Theo Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA), công thức tính toán lượng khí thải [6] được xác định như sau:

$$E_{tàu} = P \times F \times h \times e \quad (1)$$

Trong đó:

$E_{tàu}$ là lượng khí thải từ tàu (g);

P là công suất máy (kW);

h là thời gian hoạt động (giờ);

e là hệ số phát thải (g/Wh), xem [Bảng 2](#);

F là hệ số tải máy (%).

Đối với máy chính [6]:

$$F = (\text{Tốc độ thực tế} / \text{Tốc độ tối đa})^3 \quad (2)$$

Đối với các máy phụ:

$F = 0,24$ khi tàu chạy biển; $F = 0,28$ khi tàu hành trình tốc độ hạn chế; $F = 0,33$ khi tàu điều động; $F = 0,26$ khi tàu neo đậu [6].

Công thức (1) có nhiều ưu điểm vượt trội về độ chính xác, tính toàn diện và khả năng ứng dụng thực tiễn cao trong đánh giá phát thải khí nhà kính từ hoạt động hàng hải. Trước hết, công thức này tích hợp nhiều biến số quan trọng, bao gồm công suất máy, thời gian hoạt động, tải trọng vận chuyển và cấp độ công nghệ động cơ (từ Tier 0 đến Tier 4). Sự tích hợp này cho phép phản ánh một cách xác thực và linh hoạt các điều kiện vận hành khác nhau của tàu biển. Bên cạnh đó, công thức còn phân loại chi tiết các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải thông qua việc áp dụng hệ số phát thải (Emission Factor - EF) riêng biệt cho từng loại động cơ (động cơ chính, động cơ phụ), loại nhiên liệu sử dụng (Diesel Oil - DO, Fuel Oil - FO), cũng như từng giai đoạn hành trình cụ thể của tàu (hành trình đều - cruising, điều động - manoeuvring, neo đậu - hotelling). Nhờ vậy, công thức (1) không chỉ đảm bảo độ chính xác cao còn có khả năng mô tả linh hoạt các kịch bản vận hành thực tế, phục vụ hiệu quả cho mục tiêu nghiên cứu và quản lý phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực hàng hải.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu lựa chọn công thức (1) để tính lượng khí thải

từ các tàu hoạt động ở cảng MPC với các lý do sau đây:

Thứ nhất, công thức đảm bảo tính toàn diện khi bao quát đầy đủ các nguồn phát thải. Cụ thể, EPA đã thực hiện tính toán riêng biệt cho động cơ chính, động cơ phụ, và nồi hơi [6], [7], trong khi các phương pháp khác thường bỏ qua động cơ phụ. Ngoài ra, EFA còn xét đến yếu tố địa lý để phân biệt phát thải trong vùng ECA (0.1% sulfur) và ngoài ECA (0.5% sulfur), phù hợp với các quy định của Phụ lục VI tại Công ước MARPOL.

Thứ hai, công thức phù hợp chuẩn quốc tế khi tương thích với EEDI/EEEXI. EPA sử dụng hệ số EF theo tiêu chuẩn khí thải Tier của IMO, giúp tàu biển chứng minh sự tuân thủ EEEXI [8], [9]. Đồng thời, công thức cũng tính toán phát thải khi tàu kết nối điện tại cảng, phù hợp với xu hướng giảm dùng máy phát điện [6].

Thứ ba, EFA cung cấp công cụ hỗ trợ mạnh mẽ thông qua phần mềm Marine Emissions Tool. Điều này, giúp tự động tính toán P và LF dựa trên dữ liệu AIS và thông số kỹ thuật tàu, giảm thiểu sai số thủ công và cập nhật hệ số EF định kỳ theo tiến bộ kỹ thuật [6], [8].

Với độ tin cậy cao, khả năng tùy chỉnh, và tuân thủ quy định toàn cầu, công thức của EPA là lựa chọn tối ưu. Trên thực tế, nhiều nghiên cứu về tính lượng khí thải tàu biển hoạt động ở cảng biển Việt Nam đã áp dụng công thức này [9].

Khi sử dụng nhiên liệu lưu huỳnh thấp (MDO 0.1% lưu huỳnh), hệ số phát thải của máy chính, máy phụ được xác định theo loại máy, năm sản xuất. Từ [3] có thể phân loại gồm tàu 1 (Tier 0); tàu 4, tàu 5, tàu 7, tàu 8 (Tier I); tàu 2, tàu 3, tàu 6 (Tier II). Hệ số phát thải của từng tàu theo thể hệ máy được thể hiện ở [Bảng 2](#) [3].

Bảng 2. Hệ số phát thải máy tàu Tier II.

| Loại khí thải | Máy chính (tốc độ chậm) | Máy chính (tốc độ trung bình) | Máy phụ |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------|---------|
| NO _x | 14,4 | 10,5 | 7,7 |
| PM ₁₀ | 0,184 | 0,187 | 0,19 |
| PM _{2,5} | 0,169 | 0,172 | 0,17 |
| HC | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| CO | 1,4 | 1,1 | 1,1 |
| CO ₂ | 593 | 657 | 696 |
| SO _x | 0,362 | 0,401 | 0,42 |
| N ₂ O | 0,029 | 0,029 | 0,029 |

2.2.2 Phương pháp tính lượng khí thải từ các thiết bị trong nội vi cảng

Để tính lượng khí thải CO₂ trong nội vi cảng, có thể áp dụng công thức được sử dụng tại cảng Valencia (Tây Ban Nha) [6]:

$$E_x = \sum_{i=1}^k (a_i \times F_f) + \sum_{j=1}^k (b_j \times F_e) \quad (3)$$

Trong đó:

E_x là tổng trọng lượng khí thải CO₂ phát sinh tại cảng (tấn);

a_i là lượng tiêu thụ nhiên liệu hàng năm tính bằng tấn dầu tương đương (TOEs) với thiết bị i ;

F_f là hệ số phát thải tính bằng tấn CO₂ phát thải trên mỗi tấn dầu tương đương (TOE);

b_j là lượng tiêu thụ điện hàng năm, tính bằng kWh với thiết bị j ;

F_e là hệ số phát thải tính bằng tấn CO₂ phát thải trên mỗi kWh.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả tính toán lượng khí thải của tàu Dafni ở cảng MPC Hải Phòng từ ngày 10 tháng 11 năm 2024 đến ngày 12 tháng 11 năm 2024 với tổng lượng khí thải là 14339,4

kg. Chi tiết lượng khí thải của tàu Dafni gồm 278,1 kg NO_x; 3,8 kg PM₁₀; 3,43 kg PM_{2,5}; 8,2 kg HC; 22,2 kg CO; 14014,5 kg CO₂; 8,5 kg SO_x; 0,58 kg N₂O. Tổng lượng khí thải của 8 tàu hoạt động ở cảng MPC Hải Phòng tháng 11 năm 2024 là 183948,3 kg, trong đó, tổng lượng khí thải CO₂ là 179783,6 kg.

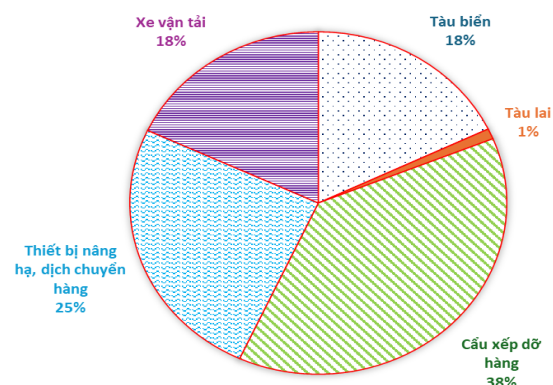
Kết quả lượng khí thải của các tàu lai thực hiện hỗ trợ tàu ra vào cảng MPC trong tháng 11 năm 2024, với tổng lượng khí thải là 10219,35 kg, trong đó, lượng khí thải CO₂ là 9987,98 kg. Kết quả tính toán tổng lượng khí thải tương đương từ các phương tiện nội vi cảng trong tháng 11 năm 2024 theo số giờ hoạt động là 649,06 kg bao gồm QC với 181750 kg; MHC là 209012 kg; Konecrane là 41750 kg; Kalmar256 là 45550 kg; Kalmar235 là 41830 kg; 3 thiết bị Kalmar310 là 129170 kg. Tổng lượng khí thải ước tính của các phương tiện đường bộ hoạt động trong phạm vi cảng MPC tháng 11 năm 2024 là 185460,3 kg (Hình 1). Theo đó, tổng lượng khí thải từ hoạt động của tàu biển, tàu lai, phương tiện thiết bị nội vi cảng và phương tiện vận tải đường bộ ở cảng MPC Hải Phòng trong tháng 11 năm 2024 là 819882,1kg.

Kết quả chỉ ra rằng, có hai nguồn năng lượng được sử dụng có các giá trị khác nhau của hệ số phát thải tương ứng. Mức phát thải mỗi loại phụ thuộc vào lượng container hàng hóa xếp dỡ và quản lý tại cảng. Trong đó, lượng khí thải CO₂ phát thải lớn hơn đáng kể so với các loại khí thải khác cũng như so với thiết bị điện.

Kết quả tính toán lượng khí thải tại cảng MPC trong tháng 11 năm 2024 cho thấy lượng khí thải từ tàu biển chiếm 18%; tàu lai 1%; thiết bị nội vi cảng (cầu, xe nâng hạ, dịch chuyển hàng trong cảng) chiếm 63%; xe tải hoạt động ở cảng là 18%. Với kết quả này, lượng khí thải ở cảng chủ yếu là thiết bị nội vi cảng, vì vậy, cần ưu tiên các biện pháp giảm khí thải cho các thiết bị nội vi cảng. Các giải pháp này có thể tạo ra giá trị về mặt kinh tế, cải thiện hiệu quả năng lượng. Hiện nay, tỷ lệ sử dụng phương tiện thiết bị trong cảng MPC Hải Phòng phát thải khí tương đương khoảng 17,67% tổng lượng phát thải từ các hoạt động tại cảng, chiếm 28,01% lượng phát thải của thiết bị, phương tiện nội vi cảng. Mặc dù, tỷ lệ thiết bị điện hiện tại chưa cao, song nhiều nghiên cứu đã cho thấy tính ưu việt và xanh hóa của thiết bị này. Do đó, lãnh đạo cảng MPC Hải Phòng cần xây dựng chính sách và kế hoạch thay thế dần các thiết bị, phương tiện nội vi cảng sử dụng nhiên liệu truyền thống. Lưu lượng hàng hóa qua cảng và mức tiêu thụ năng lượng của cảng có mối quan hệ tương quan trực tiếp. Khi lưu lượng hàng hóa tăng, tần suất hoạt động của các phương tiện, thiết bị vì thế nhiều hơn, dẫn đến mức tiêu thụ năng lượng lớn hơn. Trong đó, các thiết bị sử dụng dầu diesel chiếm tỷ trọng lớn và hiệu suất năng lượng thấp. Do đó, các giải pháp xanh thay thế cho việc sử dụng loại nhiên liệu này cần được nghiên cứu để đánh giá tính khả thi trong quá trình triển khai. Việc duy trì các phương tiện thiết bị nội vi cảng sử dụng nhiên liệu hóa thạch làm hiệu

quả năng lượng thấp, đồng thời, góp phần gia tăng phát thải khí gây ô nhiễm. Những khí thải từ sử dụng nhiên liệu hóa thạch trong hoạt động của cảng tác động tiêu cực đến hiệu quả kinh tế, môi trường và xã hội.

Về mặt kinh tế, lượng khí thải trong toàn bộ chuỗi vận tải hàng hải ước tính gây thiệt hại khoảng 123 triệu USD mỗi năm [10]. Hiệu quả năng lượng có mối quan hệ trực tiếp đến chi phí năng lượng khi vận hành, do đó, các nhà khai thác cảng cần tìm phương án cải thiện hiệu quả năng lượng không chỉ giúp giảm thiểu các tác động tiêu cực bên ngoài còn đạt được mức tiết kiệm chi phí vận hành cao. Về mặt xã hội, các cảng thường bố trí gần các khu đô thị đông dân, cho nên, trong tương lai, dân cư tại khu vực gần cảng có thể bị ảnh hưởng sức khỏe bởi nồng độ CO₂ và các loại khí khác tăng cao.



Hình 1. Lượng khí thải thành phần tháng 11 năm 2024.

4. Giải pháp xanh giảm phát thải khí thải ở cảng container

Những năm gần đây, vấn đề môi trường trong quản lý cảng biển ngày càng được quan tâm. Các cơ quan quản lý nhà nước về cảng biển đã và đang thúc đẩy xây dựng các chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu và thực hiện các giải pháp xanh nhằm giảm thiểu những tác động tiêu cực đến con người và môi trường.

Nhiều cảng trên thế giới đã áp dụng các biện pháp cụ thể có thể kể đến như cảng Hamburg và Zeebrugge thúc đẩy sử dụng các nguồn năng lượng thay thế; một số cảng khác xây dựng kế hoạch năng lượng môi trường cảng hoặc chương trình cảng xanh như tại Genoa và Singapore [11], [12]. Cảng Antwerp và Zeebrugge cung cấp điện cho tàu tại cảng; cảng Los Angeles đã phát triển chương trình giảm tốc độ tàu thuyền và chương trình xe tải sạch; chính quyền cảng của Singapore, Antwerp, Rotterdam và Thượng Hải thực hiện chương trình giám sát và đo lường khí thải carbon [12], [13].

Ngoài ra, khi đánh giá lượng khí thải giảm được thông qua thực hiện các hành động phát triển cảng xanh, trong đó nêu bật những hoạt động phát thải có nguồn gốc từ vận hành của cảng. Chẳng hạn, thực hiện thay thế động cơ diesel đối với thiết bị nâng hạ hàng bằng động cơ lai diesel - điện có thể giảm lượng CO₂ và NO_x phát thải khoảng 68%. Sử dụng nhiên liệu sinh học pha với dầu diesel giảm phát thải CO₂ khoảng 26%. Hiện nay, các nghiên cứu tập trung phân tích những phương án sử dụng nhiên liệu thay thế cho các thiết bị tại cảng và triển khai các giải pháp kỹ thuật để cải thiện hiệu quả năng lượng, nguồn phát thải CO₂ chính. Các giải pháp được trình bày, cung cấp thông tin quan trọng về mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế của phương án thay thế, cũng như tiềm năng để giảm phát thải khí thải.

4.1. Thay thế các thiết bị sử dụng dầu diesel bằng các thiết bị sử dụng khí thiên nhiên hóa lỏng

Các thiết bị sử dụng nhiên liệu hóa thạch được đề xuất thay mới thiết bị vận hành từ khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG). Việc triển khai đầy đủ hệ thống cung cấp LNG cho nội vi cảng và phương tiện nâng hạ, vận chuyển hàng sử dụng LNG cần đến khoản đầu tư lớn

và phải tiến hành thí điểm trước khi nhân rộng áp dụng.

Một nghiên cứu đã được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả của phương tiện nâng hạ hàng sử dụng LNG và dầu diesel trong các hoạt động tại cảng [14]. Các phương tiện, thiết bị sử dụng LNG được thử nghiệm trong các hoạt động cảng thực tế như vận chuyển container theo chiều ngang, làm vệ sinh, giao nhận container. Quá trình vận hành được theo dõi và đo lường về thời gian hoạt động, mức tiêu thụ năng lượng và lượng khí thải nhằm thu thập các thông tin liên quan tác động thực tế của chúng đối với môi trường. Kết quả có thể thay đổi tùy thuộc vào thiết bị được so sánh nhưng cho thấy mức giảm phát thải có thể đạt tới 24% tổng lượng khí thải. Hơn nữa, xét đến các thiết bị chạy LNG, mức giảm phát thải có thể tăng lên khi sử dụng năng lượng sạch. Kết quả thử nghiệm này cung cấp cơ sở để đưa ra quyết định đầu tư trạm LNG hoàn chỉnh.

4.2. Giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch đối với cầu xếp dỡ hàng

Giải pháp này tập trung vào cải tạo cầu trục MCH nhằm giảm đáng kể mức tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải. Giải pháp được phân tích toàn diện về môi trường, kinh tế và vận hành để đánh giá lợi ích mang lại, hỗ trợ các nhà quản lý cảng và nhà hoạch định chính sách trong quá trình ra quyết định.

Trước tiên, một phân tích sơ bộ về mức tiêu thụ nhiên liệu của MCH đã được thực hiện để xác định đặc điểm chính của thiết bị. Kết quả cho thấy vấn đề lớn nhất của MCH tại cảng MPC là hiệu suất năng lượng thấp. Theo nghiên cứu, các thiết bị này thường hoạt động ngoài phạm vi tối ưu trong khoảng 95% thời gian vận hành. Ngoài ra, một số mẫu MCH sử dụng máy phát điện quá khổ, cung cấp nhiều điện hơn mức cần thiết, làm tăng mức tiêu thụ nhiên liệu và khí thải. Do đó,

điều chỉnh cấu hình động cơ của máy phát điện MCH được xác định là một giải pháp khả thi và hiệu quả về kỹ thuật và môi trường.

Để thu thập dữ liệu cho thử nghiệm, nhóm nghiên cứu đã phân tích thực tế trên một số MCH để xác định các yếu tố làm tăng mức tiêu thụ nhiên liệu. Các bài kiểm tra bao gồm đo mức tiêu thụ nhiên liệu trong chế độ không tải và có tải, với tải trọng container tối đa. Qua đó, nhóm dựa trên kịch bản cơ sở với MCH tiêu thụ khoảng 28 lít nhiên liệu mỗi giờ trong quá trình vận hành để đề xuất hai phương án cải tiến nhằm tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu tác động môi trường:

Phương án 1: Giải pháp được áp dụng bao gồm lắp đặt một máy phát điện nhỏ hơn với công suất 450 kW và mức tiêu thụ thấp hơn, ước tính là 16 - 18 l/h, trong khi thiết bị hiện tại tiêu thụ gần 28 - 30 l/h. Phương án này sẽ giảm lượng khí thải CO₂ xuống 43%.

Phương án 2: Lắp đặt một máy phát điện nhỏ hơn với công suất thấp hơn 450 kW và mức tiêu thụ thấp khoảng 13 - 14 l/h sẽ giúp giảm 53% lượng khí thải CO₂. Tuy nhiên, triển khai phương án này gặp nhiều phức tạp vì cần lập trình hệ thống điện tử của cần cầu. Do vậy, phương án 2 không được xem là giải pháp thực sự để triển khai tại MPC. Thực tế, ngành công nghiệp cảng ngày càng đặt nhiều quan tâm đến hiệu quả năng lượng, điều này tạo áp lực đối với các nhà sản xuất thiết bị để thiết kế các động cơ hiệu quả hơn. Vì vậy, sản xuất thiết bị MCH cho ngành công nghiệp cảng đã cải thiện hiệu quả năng lượng của cần cầu và một số thiết bị khác, mức tiêu thụ nhiên liệu gần với phương án này đặt ra, không ảnh hưởng đến thời gian vận hành.

Khuyến nghị được đưa ra là thay thế các động cơ hiện có bằng các động cơ có công suất nhỏ hơn nhằm giúp giảm lượng khí thải nhờ mức tiêu thụ nhiên liệu thấp hơn. Về mặt kinh tế và vận hành, phương án 1 đã cải thiện

hiệu quả năng lượng của MCH bằng cách giảm 6,06 l/h, đạt được mức tiết kiệm hàng năm ước tính là 1,131 tỉ đồng trên mỗi đơn vị. Một trong những điểm quan trọng nhất đối với các nhà khai thác thiết bị cảng khi triển khai biện pháp này là hiệu suất hoạt động và phương án 1 sẽ duy trì hiệu suất vận hành. Triển khai cải tạo MCH theo phương án này, do xét thấy đến những lợi ích về môi trường và kinh tế mang lại.

Thế nhưng, các cảng khác trên thế giới đã lựa chọn triển khai các giải pháp khác. Các nhà khai thác cảng và chính quyền cảng thường theo dõi chặt chẽ những phát triển mới trong sản xuất thiết bị cảng nhằm đạt mục tiêu giảm phát thải môi trường. Xu hướng hiện nay của ngành công nghiệp cảng bao gồm chuyển từ nhiên liệu diesel sang các nguồn năng lượng xanh hơn. Cụ thể, các loại động cơ của QC, MCH, RTG đã được thay đổi từ diesel sang điện, áp dụng công nghệ lai diesel - điện, kết hợp giữa động cơ diesel, động cơ điện, LNG và hydro xanh. Năng lượng xanh được phát triển để giảm đáng kể lượng khí thải CO₂, NO_x và SO_x. Tuy nhiên, khi triển khai các giải pháp này cần đến mức đầu tư cao hơn so với việc cải tạo thiết bị hiện có.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã phân tích các thành phần phát thải tại cảng MPC Hải Phòng gồm tàu biển, tàu lai dắt hỗ trợ, thiết bị phương tiện nội vi cảng để xếp dỡ và di chuyển hàng hóa trong cảng, phương tiện vận tải đường bộ hoạt động trong cảng. Dữ liệu thực tế tại cảng MPC Hải Phòng trong tháng 11 năm 2024 đã được tổng hợp dựa trên kết quả khảo sát, phân tích dữ liệu thống kê và phỏng vấn tại cảng. Kết quả tính toán lượng khí cho thấy, lượng khí thải tổng thể phát sinh từ hoạt động của tàu biển, tàu lai, phương tiện thiết bị nội vi cảng và phương tiện vận tải đường bộ tại cảng trong tháng 11 năm 2024 là 819882,1kg. Cụ thể, tàu biển là 183948,3 kg,

tàu lai là 10219,35 kg, QC là 181750 kg; MHC là 209012 kg; Konecrane là 41750 kg; Kalmar256 là 45550 kg; Kalmar235 là 41830 kg; 3 thiết bị Kalmar310 là 129170 kg, các phương tiện đường bộ là 185460,3 kg. Đáng chú ý, thiết bị nội vi cảng chiếm 63% lượng khí thải. Theo đó, nhóm tác giả đề xuất một số giải pháp xanh để giảm phát thải cho cảng tập trung vào các thiết bị phương tiện nội vi cảng như thay thế các thiết bị sử dụng dầu diesel bằng các thiết bị sử dụng LNG; giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch đối với cấu xếp dỡ hàng với hai phương án khả thi. Kết quả nghiên cứu này được kỳ vọng sẽ là cơ sở quan trọng để cảng container nói riêng và cảng biển Việt Nam xây dựng kế hoạch xanh hóa. Từ đó, đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững, nâng cao hiệu quả hoạt động của cảng, hình ảnh và trách nhiệm xã hội của doanh nghiệp cảng biển.

Đóng góp của các tác giả trong bài báo

Ngô Như Tại: Phương pháp, Quản lý dữ liệu, Phân tích chính thức, Điều tra, Xác thực, Phản hồi ý kiến phản biện, Viết – bản thảo gốc. **Bùi Thanh Huân:** Phân tích dữ liệu, Điều tra, Xác thực, Viết – bản thảo gốc. **Nguyễn Văn Đức:** Phương pháp, Giám sát, Chỉnh sửa bản thảo.

Tuyên bố không xung đột lợi ích và cam kết bản quyền

Các tác giả tuyên bố về sự không xuất hiện những xung đột tiềm ẩn từ nghiên cứu này, và cam kết bài báo chưa từng được công bố trước đây.

Chia sẻ dữ liệu theo yêu cầu

Dữ liệu sẽ được cung cấp theo yêu cầu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.11.

Ngô Như Tại, Faculty of Navigation, Vietnam Maritime University

Bùi Thanh Huan. Faculty of Navigation, Vietnam Maritime University

Nguyen Van Duc. Faculty of Navigation, Vietnam Maritime University

*Corresponding author:
ngonhutai@vamaru.edu.vn

Tài liệu tham khảo

- [1] UNCTAD, "Statistics and data." unctad.org, Accessed: Jan. 9, 2025. [Online]. Available: <https://unctad.org/statistics>
- [2] Y. Kwon, H. Lim, Y. Lim, and H. Lee, "Implication of activity-based vessel emission to improve regional air inventory in a port area," *Atmospheric Environment*, vol. 203, pp. 262-270, 2019, doi: [10.1016/j.atmosenv.2019.01.036](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.036).
- [3] International Maritime Organization, "Fourth Greenhouse Gas Study 2020," London, UK, 2020. Accessed: Feb. 1, 2025. [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>
- [4] H. Lee, D. Park, S. Choo, and H. T. Pham, "Estimation of the non-greenhouse gas emissions inventory from ships in the Port of Incheon," *Sustainability*, vol. 12, no. 19, 2020, Art. no. 8231, doi: [10.3390/su12198231](https://doi.org/10.3390/su12198231).
- [5] C. Gallego, M. Rodríguez, and J. R. Pérez, "The carbon footprint of Valencia Port: A case study of the Port Authority of Valencia (Spain)," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 21, 2020, Art. no. 8157, doi: [10.3390/ijerph17218157](https://doi.org/10.3390/ijerph17218157).
- [6] U.S. Environmental Protection Agency, "Category 3 Commercial Marine Vessel 2020 Emissions Inventory," Ann Arbor, MI, USA. Accessed: Jan. 9, 2025. [Online]. Available: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-01/2020%20C3%20Marine%20Emissions%20Tool%20%20Documentation.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-01/2020%20C3%20Marine%20Emissions%20Tool%20%20Documentation.pdf)
- [7] C. Trozzi, "Emission estimate methodology for maritime navigation," presented at the U.S. EPA 19th International Emissions Inventory Conference, San Antonio, TX, USA, Sep. 27-30, 2010.

- [8] P. M. Stathatou et al., “Marine scrubbers vs low-sulfur fuels: A comprehensive well-to-wake life cycle assessment supported by measurements aboard an ocean-going vessel,” *Environmental Science & Technology*, vol. 59, no. 14, pp. 7066-7080, 2025, doi: [10.1021/acs.est.4c10006](https://doi.org/10.1021/acs.est.4c10006).
- [9] P. V. Hưng và P. T. Đức, “Hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải giảm thiểu ô nhiễm không khí ở khu vực cảng Hải Phòng,” *Tạp Chí KHCN Hàng Hải*, số 81, tr. 156–161, 2025.
- [10] J. Berechman and P. H. Tseng, “Estimating the environmental costs of port related emissions: the case of Kaohsiung,” *Transp. Res Transp. Env.*, vol. 17, no. 1, pp. 35–38, 2012.
- [11] K. Andersson, S. Brynolf, L. Granhag, and J. F. Lindgren, “Shipping and the Environment,” in *International Encyclopedia of Transportation*, R. Vickerman, Ed., Oxford, UK: Elsevier, 2021, pp. 286-293, doi: [10.1016/B978-0-08-102671-7.10257-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10257-X).
- [12] E. A. Bouman, E. Lindstad, A. I. Riialand, and A. H. Strømman, “State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review,” *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, vol. 52, part A, pp. 408–421, May 2017, doi: [10.1016/j.trd.2017.03.022](https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.022).
- [13] D. Freitas and H. Gervásio, “The challenge of benchmarking carbon emissions in maritime ports,” *Environ. Pollut.*, vol. 363, 2024, Art. no. 125170, doi: [10.1016/j.envpol.2024.125170](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125170).
- [14] R. Jean-Paul, N. Theo, and P. Athanasios, “Ports and energy transition,” in *Port Economics, Management and Policy*. London, UK: Routledge, 2022, ch. 3.4.