

# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH LIVING LAB GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH Ở CẢNG BIỂN VIỆT NAM

## RESEARCH ON DEVELOPING A LIVING LAB MODEL FOR REDUCING GREENHOUSE EMISSIONS IN VIETNAMESE SEAPORTS

NGÔ NHƯ TẠ, PHAN VĂN HƯNG\*, ĐẶNG ĐỨC HOÀNG PHƯƠNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

\*Email liên hệ: phanvanhung@vimaru.edu

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.947>

### Tóm tắt

Ô nhiễm không khí từ hoạt động khai thác cảng đang là thách thức lớn đối với mục tiêu phát triển bền vững tại Việt Nam. Bài báo này đề xuất áp dụng mô hình Living Lab một phương pháp tiếp cận đổi mới sáng tạo mở để giải quyết vấn đề phát thải khí thải tại cảng biển. Dựa trên phân tích lý thuyết và khảo sát thực địa tại Cảng Nam Đình Vũ, nghiên cứu tiến hành tính toán lượng phát thải thực tế từ tàu và các phương tiện xếp dỡ. Kết quả nghiên cứu đề xuất quy trình xây dựng Living Lab phù hợp với bối cảnh Việt Nam gồm ba giai đoạn: Thiết lập, Thực hiện và Đánh giá/Mở rộng. Trọng tâm của mô hình là cơ chế hợp tác 4P (Nhà nước - Doanh nghiệp - Nhà khoa học - Cộng đồng), tạo điều kiện cho các bên liên quan đồng sáng tạo và thử nghiệm các giải pháp công nghệ giảm phát thải ngay trong môi trường vận hành thực tế. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng để thúc đẩy mô hình cảng xanh và bền vững tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Living Lab, giảm phát thải, cảng biển Việt Nam, Cảng Nam Đình Vũ, đổi mới sáng tạo mở.

### Abstract

Air pollution from port operation activities is a major challenge to sustainable development goals in Vietnam. This paper proposes applying the Living Lab model, an open innovation approach, to address the issue of gas emissions at seaports. Based on theoretical analysis and a field survey at Nam Dinh Vu Port, the study calculated the actual emissions from vessels and cargo handling equipment. The research results propose a Living Lab implementation process suitable for the Vietnamese context, consisting of three phases: Setup, Implementation, and Evaluation/Scaling-up. The focus of the model is the 4P cooperation mechanism (State - Enterprise - Scientists -

Community), which facilitates stakeholders to co-create and test technological solutions for emission reduction directly within the real operating environment. The study provides an important scientific and practical basis for promoting the green and sustainable port model in Vietnam.

**Keywords:** Living Lab, emission reduction, Vietnamese seaports, Nam Dinh Vu Port, open innovation.

### 1. Mở đầu

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và thương mại quốc tế phát triển mạnh mẽ, hệ thống cảng biển đóng vai trò là những mắt xích quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Tuy nhiên, sự phát triển này đi kèm với những thách thức to lớn về môi trường. Các cảng biển không chỉ là nơi trung chuyển hàng hóa mà còn là nguồn phát sinh đáng kể khí nhà kính (GHG) và các chất ô nhiễm không khí khác, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng dân cư ven biển và góp phần vào biến đổi khí hậu toàn cầu [1-2]. Theo các nghiên cứu gần đây, tính dễ bị tổn thương của hệ thống cảng trước các biến đổi khí hậu và thời tiết cực đoan đang ngày càng gia tăng, đòi hỏi các biện pháp thích ứng và giảm thiểu tác động môi trường phải được triển khai cấp bách.

Tại Việt Nam, cùng với tốc độ đô thị hóa nhanh chóng và chiến lược phát triển kinh tế biển, các thành phố cảng đang đối mặt với những vấn đề nan giải liên quan đến môi trường sống, sự cạnh tranh thu hút đầu tư và yêu cầu phát triển bền vững. Mặc dù Chính phủ Việt Nam đã ban hành các chương trình Chuyển đổi số quốc gia và đề án phát triển đô thị thông minh bền vững nhằm tối ưu hóa nguồn lực và bảo vệ môi trường, việc áp dụng các giải pháp công nghệ xanh tại các cảng biển vẫn gặp nhiều rào cản. Các phương pháp quản lý truyền thống theo hướng "từ trên xuống" (top-down) thường bộc lộ hạn chế khi giải quyết các vấn đề môi trường phức tạp, do thiếu sự tham gia sâu rộng của các bên liên quan tại địa phương và chưa phân ảnh

đúng nhu cầu thực tế của người vận hành cảng cũng như cộng đồng dân cư chịu ảnh hưởng [3-5].

Để giải quyết những thách thức nêu trên, mô hình Living Lab đã nổi lên như một phương pháp tiếp cận hiệu quả, thúc đẩy đổi mới sáng tạo mở. Về mặt định nghĩa, Living Lab là một hệ sinh thái thực nghiệm nơi các giải pháp được đồng sáng tạo và thử nghiệm trong bối cảnh thực tế. Thay vì chỉ là đối tượng thụ hưởng, người dùng cuối đóng vai trò trung tâm trong quá trình phát triển giải pháp. Tại Việt Nam, việc thiếu một quy trình bài bản để thử nghiệm các giải pháp giảm phát thải (như điện bờ, nhiên liệu sạch) trong điều kiện vận hành thực tế là rào cản lớn.

Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xây dựng và đề xuất mô hình Living Lab phù hợp với bối cảnh Việt Nam nhằm giảm thiểu khí thải tại cảng biển. Nghiên cứu lấy Cảng Container Nam Đình Vũ (NDV-CT) làm trường hợp nghiên cứu điển hình để khảo sát, tính toán lượng khí thải thực tế và thử nghiệm mô hình đề xuất.

Cụ thể, bài báo sẽ tập trung vào các nội dung chính sau:

- Phân tích cơ sở lý luận về Living Lab và các bài học kinh nghiệm quốc tế trong việc ứng dụng mô hình này tại các khu vực cảng biển và ven biển.
- Đánh giá thực trạng và tính toán lượng phát thải khí thải tại khu vực NDV-CT để xác định các vấn đề ưu tiên cần giải quyết.
- Đề xuất quy trình thiết lập và vận hành Living Lab giảm phát thải tại cảng biển Việt Nam, dựa trên sự điều chỉnh các quy trình chuẩn của thế giới cho phù hợp với thể chế và văn hóa địa phương.

Kết quả của nghiên cứu này kỳ vọng sẽ cung cấp một khung tham chiếu khoa học và thực tiễn cho các

nhà quản lý cảng, cơ quan hoạch định chính sách và các nhà nghiên cứu trong việc thúc đẩy chuyển đổi xanh tại hệ thống cảng biển Việt Nam thông qua cơ chế đổi mới sáng tạo mở.

## 2. Cơ sở lý luận về Living Lab

### 2.1. Định nghĩa và đặc trưng của Living Lab

Trong bối cảnh đô thị hóa và biến đổi khí hậu diễn ra nhanh chóng, các phương pháp quản lý truyền thống theo hướng "từ trên xuống" (top-down) thường bộc lộ hạn chế khi giải quyết các vấn đề phức tạp tại địa phương. Để khắc phục điều này, mô hình Living Lab đã ra đời như một phương pháp tiếp cận "đổi mới sáng tạo mở" tiên tiến. Living Lab được định nghĩa là một hệ sinh thái thực nghiệm, nơi các giải pháp, công nghệ, sản phẩm hoặc dịch vụ mới được phát triển, thử nghiệm và hoàn thiện ngay trong bối cảnh thực tế.

Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này đề xuất mô hình Living Lab dựa trên cơ chế hợp tác Xoắn ốc bộ tứ (Quadruple Helix) phù hợp với bối cảnh thể chế tại Việt Nam nhằm giảm thiểu khí nhà kính tại cảng biển [6-8]. Điểm cốt lõi của Living Lab là đưa người dùng cuối trở thành người đồng sáng tạo, thay vì chỉ là đối tượng thụ hưởng thụ động. Mô hình này vận hành dựa vào hợp tác 4P (Public - Private - People - Partnership). Tại châu Âu, mô hình Living Lab đã chứng minh được hiệu quả trong việc giải quyết các vấn đề đô thị và môi trường thông qua việc tạo ra một không gian tương tác thực tế, nơi các công nghệ mới được đánh giá tính khả thi trước khi triển khai rộng rãi. Sự hợp tác này đặc biệt phù hợp với bối cảnh các thành phố cảng, nơi các vấn đề về khí thải và biến đổi khí hậu đòi hỏi sự phối hợp đa ngành và đa phương [8-9].

Trên thế giới, việc ứng dụng Living Lab trong lĩnh

**Bảng 1. Phân loại các mô hình Living Lab và định vị mô hình cho Cảng Nam Đình Vũ**

Loại hình Living Lab	Đơn vị khởi xướng	Mục tiêu chính	Phù hợp với Cảng Nam Đình Vũ?
Utilizer-driven	Doanh nghiệp	Thử nghiệm sản phẩm thương mại nhanh chóng.	Thấp (Mục tiêu là môi trường, không chỉ là sản phẩm)
Enabler-driven	Chính quyền/Cơ quan công quyền	Giải quyết vấn đề địa phương/xã hội (Quy hoạch vùng).	Cao (Phù hợp định hướng Cảng Xanh của TP. Hải Phòng)
Provider-driven	Trường Đại học/Viện nghiên cứu	Gia tăng tri thức và đổi mới sáng tạo.	Rất Cao (Do Trường ĐH Hàng hải chủ trì nghiên cứu),
User-driven	Cộng đồng dân cư	Giải quyết vấn đề đời sống thường nhật.	Thấp (Do tính chất kỹ thuật cao của cảng biển)

vực quản lý vùng ven biển và cảng biển đang trở thành xu hướng nhằm tăng cường khả năng thích ứng với rủi ro khí hậu [9-12]. Các nghiên cứu tại châu Âu, điển hình là dự án SCORE tại các thành phố ven biển của Ireland, Ý và Thổ Nhĩ Kỳ, đã sử dụng mô hình Living Lab để đồng thiết kế các giải pháp thích ứng dựa trên hệ sinh thái (Ecosystem-based adaptation - EBA) nhằm giảm thiểu rủi ro lũ lụt và xói mòn [9]. Tại Hy Lạp, các Living Lab đã được thiết lập tại ba cảng trọng điểm (Chios, Volos và Heraklion) để đánh giá khả năng phục hồi của cảng trước các hiểm họa khí hậu, thông qua việc thu thập ý kiến chuyên gia và các bên liên quan để xây dựng chỉ số phục hồi cảng [11-12].

Những kinh nghiệm quốc tế này chỉ ra rằng, Living Lab không chỉ là một công cụ thử nghiệm công nghệ mà còn là một cơ chế quản trị, giúp kết nối các mục tiêu kinh tế của doanh nghiệp cảng với các mục tiêu xã hội và môi trường của cộng đồng. Các loại hình Living Lab phổ biến như Enabler-driven (do chính quyền/cơ quan nghiên cứu khởi xướng để giải quyết vấn đề địa phương) hay Provider-driven (do các trường đại học/viện nghiên cứu khởi xướng) đang được xem xét là phù hợp để giải quyết các thách thức cụ thể tại từng khu vực.

Mặc dù các thành phố thông minh và cảng biển trên thế giới đã thành công trong việc sử dụng hệ thống Living Lab, mô hình này vẫn còn khá mới mẻ và chưa được áp dụng rộng rãi tại Việt Nam. Các nghiên cứu trong nước hiện nay chủ yếu tập trung vào lý thuyết tổng quan hoặc ứng dụng trong các lĩnh vực đô thị nói chung, mà chưa có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về việc áp dụng Living Lab để giảm phát thải khí thải đặc thù tại cảng biển.

Trong khi đó, nhu cầu giảm phát thải tại các cảng biển Việt Nam đang trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết để đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế (như quy định của IMO) và cam kết của Chính phủ về Net Zero. Việc thiếu một quy trình bài bản để thử nghiệm các giải pháp giảm phát thải (như điện bờ, nhiên liệu sạch, tối ưu hóa logistics) trong điều kiện vận hành thực tế tại Việt Nam là một rào cản lớn. Các dự án thường gặp khó khăn khi triển khai ra thực tế do thiếu các kế hoạch kỹ lưỡng và sự tham gia từ đầu của các bên liên quan, dẫn đến khó lường trước các tình huống phát sinh.

Điểm khác biệt cốt lõi của Living Lab so với các phòng thí nghiệm truyền thống là vai trò của người dùng. Trong mô hình này, người dùng cuối không chỉ là đối tượng thụ hưởng thụ động mà trở thành người đồng sáng tạo, tham gia trực tiếp vào toàn bộ quá trình từ lên ý tưởng đến thử nghiệm.

Về mặt vận hành, Living Lab dựa theo mô hình hợp tác 4P, cơ chế này huy động sự tương tác giữa bốn nhóm tác nhân chính:

- Chính quyền: Đóng vai trò kiến tạo chính sách và hỗ trợ pháp lý.
- Doanh nghiệp: Cung cấp công nghệ và nguồn lực kinh tế.
- Nhà nghiên cứu/Trường đại học: Cung cấp cơ sở khoa học, phương pháp luận và phân tích dữ liệu.
- Cộng đồng/Xã hội dân sự: Đóng góp tri thức bản địa và phản hồi thực tế.

Sự hợp tác đa phương này đặc biệt quan trọng trong các dự án môi trường, giúp đảm bảo các giải pháp công nghệ không chỉ khả thi về mặt kỹ thuật mà còn được xã hội chấp nhận và phù hợp với nhu cầu địa phương.

## 2.2. Phân loại mô hình Living Lab và định hướng cho cảng biển Việt Nam

Dựa trên mục tiêu, cấu trúc và đơn vị khởi xướng, các nghiên cứu đã phân loại Living Lab thành bốn loại hình chính (xem Bảng 1): Utilizer-driven (do doanh nghiệp khởi xướng để phát triển sản phẩm), Enabler-driven (do chính quyền khởi xướng để giải quyết vấn đề xã hội), Provider-driven (do viện nghiên cứu khởi xướng để gia tăng tri thức), và User-driven (do cộng đồng tự khởi xướng).

Đối với bối cảnh nghiên cứu giảm phát thải tại cảng biển Việt Nam, mô hình phù hợp thường thiên về hai loại hình:

Enabler-driven (Được kích hoạt bởi cơ quan quản lý): Phù hợp khi chính quyền hoặc ban quản lý cảng khởi xướng dự án nhằm giải quyết các vấn đề cấp bách của địa phương như ô nhiễm không khí hay phát triển cảng xanh. Mục tiêu chính là nâng cao chất lượng sống và thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong quản lý nhà nước.

Provider-driven (Được thúc đẩy bởi nhà cung cấp tri thức): Phù hợp với các dự án nghiên cứu khoa học do các trường đại học (như Đại học Hàng hải Việt Nam) chủ trì. Trong mô hình này, nhà trường đóng vai trò trung tâm trong việc kết nối các bên liên quan, phát triển tri thức mới và đề xuất các giải pháp công nghệ để thử nghiệm tại cảng.

Việc xác định đúng loại hình giúp thiết lập cơ chế quản trị và phân bổ nguồn lực hợp lý ngay từ giai đoạn đầu của dự án.

## 2.3. Kinh nghiệm quốc tế về Living Lab tại cảng biển và vùng ven biển

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy Living Lab là công cụ hiệu quả để giải quyết các thách thức về biến đổi

khí hậu và môi trường tại các khu vực cảng biển.

Tại châu Âu, dự án Coastal City Living Labs (CCLLs) thuộc chương trình SCORE đã triển khai thành công mô hình này tại các thành phố ven biển của Ireland, Ý, Thổ Nhĩ Kỳ và Bồ Đào Nha. Thông qua cơ chế Quadruple Helix, các CCLLs này tập trung vào việc đồng thiết kế các EBA để giảm thiểu rủi ro lũ lụt và xói mòn. Nghiên cứu chỉ ra rằng việc sử dụng Living Lab giúp tích hợp tri thức địa phương vào quá trình ra quyết định, từ đó lựa chọn được các giải pháp EBA phù hợp nhất về mặt chi phí và lợi ích xã hội.

Đặc biệt, tại Hy Lạp, mô hình Living Lab đã được thiết lập tại ba cảng trọng điểm là Chios, Volos và Heraklion để xây dựng Chỉ số Phục hồi Cảng. Các Living Lab này đóng vai trò là môi trường thực tế để các bên liên quan (cơ quan cảng, chính quyền, nhà khoa học) cùng xác định và đánh giá mức độ nguy cấp của các hiểm họa khí hậu như sóng nhiệt, nước biển dâng và bão. Kết quả từ các Living Lab này cho thấy sự tham gia của các bên liên quan giúp lượng hóa các rủi ro một cách chính xác hơn, từ đó đề xuất các chiến lược thích ứng cụ thể cho từng cảng, như nâng cấp cơ sở hạ tầng hay cải thiện quy trình vận hành.

Bài học từ các trường hợp trên khẳng định rằng, Living Lab không chỉ là không gian thử nghiệm công nghệ mà còn là một cơ chế quản trị tiên tiến. Nó cho phép chuyển đổi từ cách tiếp cận thụ động sang chủ động, nơi các giải pháp giảm phát thải và thích ứng khí hậu được xây dựng dựa trên sự đồng thuận và hợp tác chặt chẽ giữa nhà nước, doanh nghiệp và cộng đồng. Đây là cơ sở thực tiễn quan trọng để áp dụng mô hình này vào việc giảm phát thải khí thải tại các cảng biển Việt Nam.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận hỗn hợp, kết hợp giữa phân tích định lượng về khí thải và phương pháp định tính trong việc xây dựng khung quản trị Living Lab. Quy trình nghiên cứu được thiết kế để đảm bảo tính khoa học và khả năng ứng dụng thực tiễn tại các cảng biển Việt Nam, cụ thể NDV-CT.

#### 3.1. Quy trình tiếp cận mô hình Living Lab

Để xây dựng mô hình phù hợp với bối cảnh đặc thù về thể chế và xã hội, nghiên cứu áp dụng quy trình phát triển Living Lab theo ba giai đoạn được đề xuất cho Việt Nam, bao gồm:

- Giai đoạn thiết lập: Tập trung xác định vấn đề cốt lõi là ô nhiễm không khí tại cảng và lựa chọn mô hình Living Lab phù hợp (ví dụ: Enabler-driven do cơ quan quản lý/nghiên cứu khởi xướng). Giai đoạn này cũng

thiết lập cơ cấu quản lý và xác định các bên tham gia chủ chốt.

- Giai đoạn thực hiện: Đây là giai đoạn trọng tâm, huy động nguồn lực tài chính và nhân sự để triển khai cơ chế đồng sáng tạo. Các giải pháp công nghệ giảm phát thải sẽ được đề xuất và thử nghiệm trực tiếp trong môi trường vận hành thực tế của cảng nhằm kiểm chứng tính khả thi.

- Giai đoạn đánh giá và mở rộng: Đánh giá hiệu quả của giải pháp dựa trên các chỉ số định lượng (lượng khí thải giảm được) và định tính (mức độ chấp nhận của người dùng). Từ đó, rút ra bài học kinh nghiệm để nhân rộng mô hình sang các cảng biển khác.

#### 3.2. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

Nghiên cứu áp dụng phương pháp kiểm kê khí nhà kính theo hướng dẫn của IPCC 2006 và Nghị định thư khí nhà kính [13]. Ranh giới hệ thống của nghiên cứu được xác định là phạm vi Công tới Công, tập trung vào các hoạt động khai thác trên bờ. Tổng lượng phát thải (E) được tính toán theo công thức:

$$E_{GHG} = \sum_i (FC_i \times EF_i \times GWP) \quad (1)$$

Trong đó:

$FC_i$ : Lượng tiêu thụ nhiên liệu (lít dầu) hoặc năng lượng (kWh lượng điện tiêu thụ) của nguồn  $i$ .

$EF_i$ : Hệ số phát thải của nguồn năng lượng  $i$  (kg CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O trên đơn vị hoạt động).

GWP: Tiềm năng nóng lên toàn cầu. Nghiên cứu sử dụng giá trị GWP theo Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (IPCC AR5) (CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=28, N<sub>2</sub>O=265) để đảm bảo tính đồng bộ và nhất quán với “Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam năm 2022” do Cục Biến đổi khí hậu công bố năm 2024 và các quy định hiện hành về kiểm kê khí nhà kính quốc gia của Việt Nam (Nghị định 06/2022/NĐ-CP) [14-15]. Các nguồn thải được phân loại theo phạm vi (Scope):

Scope 1 (Trực tiếp): Áp dụng cho dầu Diesel (DO) tiêu thụ bởi cầu RTG, xe nâng, xe đầu kéo. Hệ số phát thải mặc định:  $EF_{CO_2} = 74,1 \text{ kg/TJ}$ ,  $EF_{CH_4} = 3,9 \text{ kg/TJ}$ ,  $EF_{N_2O} = 3,2 \text{ kg/TJ}$  [13].

Scope 2 (Gián tiếp): Áp dụng cho điện năng tiêu thụ. Sử dụng Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam năm 2022 là 0,6766 tCO<sub>2</sub>e/MWh (Nguồn: Cục Biến đổi khí hậu, 2024) [14].

Scope 3: Phát thải từ tàu khi neo đậu và các phương tiện vận tải ngoại vi không nằm trong phạm vi tính toán của nghiên cứu này do giới hạn về khả năng tiếp cận dữ liệu tàu tại thời điểm khảo sát.

Công thức tính (2) cường độ phát thải carbon (Carbon Intensity Indicator - CII) cho cảng [4-5] như

sau:

$$CII_{port} = \frac{\Sigma E_{GHG}}{Total\ throughput\ (TEU)} \quad (2)$$

Các dữ liệu này được sử dụng để tính toán tổng lượng phát thải khí thải hiện trạng, làm cơ sở định lượng để đánh giá hiệu quả của các giải pháp Living Lab sau này. Tổ chức các buổi hội thảo và phỏng vấn sâu với các chuyên gia có kinh nghiệm trong lĩnh vực cảng biển và môi trường. Phương pháp này giúp xác định mức độ ưu tiên của các rủi ro khí hậu và các vấn đề vận hành, tương tự như quy trình đã được áp dụng tại các Living Lab cảng biển quốc tế (như tại Hy Lạp), nơi các bên liên quan cùng đánh giá mức độ nghiêm trọng và tần suất của các hiểm họa.

### 3.3. Xác định các bên liên quan

Sự thành công của Living Lab phụ thuộc vào cơ chế hợp tác xoắn ốc bộ tứ, bao gồm: Chính quyền, Doanh nghiệp, Nhà nghiên cứu và Cộng đồng. Để quản lý hiệu quả mạng lưới này, nghiên cứu sử dụng Ma trận Quyền lực - Lợi ích để phân loại và xác định chiến lược tiếp cận:

**Nhóm quản lý chặt chẽ:** Bao gồm Ban quản lý cảng Nam Đình Vũ và Cảng vụ Hải Phòng. Đây là nhóm có quyền ra quyết định và chịu ảnh hưởng trực tiếp từ hiệu quả hoạt động của cảng.

**Nhóm cần làm hài lòng:** Các cơ quan hoạch định chính sách cấp cao, cần được báo cáo định kỳ để đảm bảo sự ủng hộ về mặt pháp lý.

**Nhóm cần thông tin:** Các doanh nghiệp vận tải, cư dân khu vực lân cận chịu ảnh hưởng bởi khói bụi và tiếng ồn. Việc thu hút sự tham gia của nhóm này là cốt lõi của triết lý Living Lab nhằm đảm bảo tính xã hội của giải pháp.

**Nhóm giám sát:** Các nhóm quan sát viên khác cần được theo dõi để kịp thời điều chỉnh chiến lược khi vị thế của họ thay đổi.

Việc phân tích kỹ lưỡng này giúp thiết lập một cơ chế quản trị minh bạch, khuyến khích sự tham gia thực

chất của các bên, thay vì chỉ là hình thức, đảm bảo mô hình Living Lab vận hành hiệu quả trong thực tế.

Quá trình tham vấn được thực hiện với 12 chuyên gia được lựa chọn theo phương pháp lấy mẫu có chủ đích để đảm bảo tính đại diện cho mô hình 4P, bao gồm: (i) 03 đại diện Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, và Sở Nông nghiệp và Môi trường Hải Phòng (Nhà nước); (ii) 04 Giám đốc kỹ thuật/khai thác từ các doanh nghiệp cảng (Doanh nghiệp); (iii) 03 Chuyên gia từ Đại học Hàng hải Việt Nam (Nhà khoa học); và (iv) 02 Đại diện Hiệp hội Logistics (đại diện cho tiếng nói cộng đồng doanh nghiệp sử dụng dịch vụ).

## 4. Kết quả và thảo luận

### 4.1. Phân tích hiện trạng phát thải và hiệu quả năng lượng tại cảng Nam Đình Vũ

Kết quả kiểm kê khí thải dựa trên dữ liệu vận hành thực tế năm 2024 tại NDV-CT cho thấy tổng lượng phát thải khí nhà kính (GHG) hàng năm đạt mức 4947,36 tCO<sub>2e</sub>. Phân tích cơ cấu nguồn thải chỉ ra sự mất cân đối rõ rệt giữa các phạm vi phát thải: phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện (Scope 2) chiếm tỷ trọng áp đảo với 75,36% (tương đương 3728,47 tCO<sub>2e</sub>), trong khi phát thải trực tiếp từ đốt nhiên liệu (Scope 1) và các nguồn rò rỉ khác chỉ chiếm 24,64%.

Cụ thể, trong nhóm phát thải trực tiếp, các thiết bị di động sử dụng nhiên liệu diesel (như xe đầu kéo nội bộ, xe nâng) đóng góp khoảng 19,69% tổng lượng phát thải. Đáng chú ý, mặc dù cảng có mức độ điện khí hóa cao với các cầu RTG sử dụng điện, nhưng do hệ số phát thải của lưới điện quốc gia Việt Nam còn cao (phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch), lượng phát thải từ Scope 2 vẫn là thách thức lớn nhất.

Kết quả tính toán (Bảng 2) cho thấy cường độ phát thải của NDV-CT đạt 4,12 kg CO<sub>2e</sub>/TEU. Cần lưu ý rằng, con số này phản ánh hiệu quả phát thải từ hoạt động khai thác trên bãi và chưa bao gồm phát thải từ tàu (Scope 3). Khi so sánh với Cảng Busan (Hàn Quốc) có cường độ khoảng 4,0 kg CO<sub>2e</sub>/TEU (số liệu

**Bảng 2. So sánh hiệu quả phát thải trước và sau khi áp mô hình Living Lab**

Chỉ số	Busan	Cái Mép - Thị Vải	NDV-CT hiện tại	Mục tiêu Living Lab
Cường độ phát thải	4,0 kg CO <sub>2e</sub> /TEU	6,8 kg CO <sub>2e</sub> /TEU	4,12 kg CO <sub>2e</sub> /TEU	< 3,8 kg CO <sub>2e</sub> /TEU
Nguồn điện	Lưới điện + Điện bờ	Lưới điện	Lưới điện quốc gia (than/khí)	Tích hợp ĐMT + Lưới điện
Thiết bị sân bãi	Điện khí hóa cao	Chạy dầu	Chạy dầu Diesel (19,7%)	Hybrid/Điện hóa xe đầu kéo

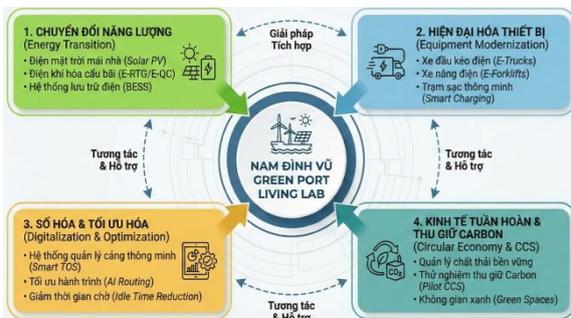
*Nguồn: Tổng hợp từ [4-5] và tính toán của nhóm tác giả.*

của Busan được trích xuất riêng cho phần thiết bị bãi để đảm bảo tính tương đồng), Cảng Nam Đình Vũ cho thấy hiệu suất năng lượng khá tốt nhờ tỷ lệ điện khí hóa cao ở các cầu giàn. Tuy nhiên, nếu xét trên tổng thể bao gồm cả tàu ra vào, tổng lượng phát thải của Nam Đình Vũ sẽ cao hơn đáng kể do chưa có hệ thống điện bờ để giảm phát thải từ tàu khi neo đậu - nguồn thải chiếm tới 87% tại các cảng lớn như Busan. Do đó, con số 4,12 kg CO<sub>2e</sub>/TEU nên được xem là chỉ số cơ sở cho hiệu quả vận hành thiết bị cảng, làm tiền đề cho các giải pháp can thiệp của Living Lab.

#### 4.2. Thiết lập mô hình Living Lab phù hợp cho cảng biển Việt Nam

Mặc dù mô hình Living Lab của PSA Singapore đã chứng minh hiệu quả vượt trội trong việc thử nghiệm các công nghệ tiên tiến, đây là mô hình điển hình của loại hình Utilizer-driven với nguồn lực tài chính và công nghệ khổng lồ từ doanh nghiệp. Đối chiếu với điều kiện tại Cảng Nam Đình Vũ, nơi nguồn lực đầu tư cho R&D còn hạn chế, việc áp dụng nguyên mẫu mô hình của PSA là không khả thi. Thay vào đó, nghiên cứu đề xuất áp dụng khung quản trị Enabler-driven (được kích hoạt bởi cơ quan quản lý) hoặc Provider-driven (do trường đại học dẫn dắt). Trong mô hình này, NDV-CT không cần đầu tư hạ tầng thử nghiệm quy mô lớn ngay từ đầu như PSA, mà tận dụng nguồn tri thức từ trường đại học và cơ chế hỗ trợ từ chính quyền để giải quyết các vấn đề cụ thể, cấp thiết như chuyển đổi năng lượng cho thiết bị nâng hạ. Cách tiếp cận này cho phép tối ưu hóa chi phí và phù hợp với quy mô hiện tại của các cảng biển tầm trung tại Việt Nam. Trong bối cảnh Việt Nam, sự tham gia của trường đại học (như Đại học Hàng hải Việt Nam) đóng vai trò trung tâm trong việc khởi xướng, cung cấp nền tảng tri thức và kết nối các bên liên quan (Hình 1 và Hình 2).

Quy trình vận hành Living Lab được đề xuất gồm



Hình 1. Quy trình đề xuất xây dựng Living Lab giảm phát thải tại Cảng biển Việt Nam

ba giai đoạn thích ứng với điều kiện địa phương:

**Giai đoạn 1 - Thiết lập:** Xác định vấn đề cốt lõi là giảm phát thải Scope 2 và Scope 1. Thiết lập cơ chế quản trị dựa trên mô hình Xoắn ốc bộ tứ gồm: (1) Chính quyền (Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, Sở NN&MT); (2) Doanh nghiệp (NDV-CT, các hãng tàu); (3) Nhà nghiên cứu (Trường ĐH Hàng hải Việt Nam); và (4) Cộng đồng (cư dân chịu ảnh hưởng, người lao động tại cảng).

**Giai đoạn 2 - Thực hiện:** Đây là giai đoạn đồng sáng tạo trong môi trường thực tế. Dựa trên dữ liệu phát thải, Living Lab sẽ thử nghiệm các giải pháp cụ thể:

**Chuyển đổi năng lượng:** Thử nghiệm lắp đặt điện mặt trời mái nhà để giảm phụ thuộc vào lưới điện quốc gia (dự kiến giảm 10-15% lượng điện tiêu thụ từ lưới điện dựa trên diện tích mái nhà kho tại NDV-CT có thể lắp đặt điện mặt trời).

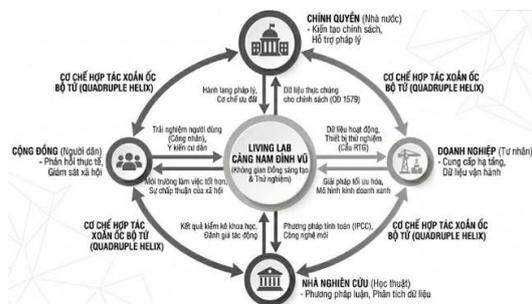
**Hiện đại hóa thiết bị:** Chuyển đổi xe đầu kéo chạy diesel sang xe điện hoặc nhiên liệu sạch, nhằm vào mục tiêu giảm 20% lượng phát thải trực tiếp dựa trên lộ trình thay thế xe đầu kéo diesel sang xe điện theo kế hoạch của doanh nghiệp đến 2030.

**Giám sát thông minh:** Ứng dụng IoT để đo lường năng lượng thời gian thực, cho phép tối ưu hóa lịch trình vận hành của các thiết bị tiêu thụ điện lớn như cầu và bãi lạnh.

**Giai đoạn 3 - Đánh giá và mở rộng:** Đánh giá hiệu quả dựa trên các chỉ số định lượng (kg CO<sub>2e</sub>/TEU) và định tính (mức độ chấp nhận của các bên liên quan). Kết quả từ NDV-CT sẽ được đóng gói thành quy trình chuẩn để nhân rộng ra hệ thống cảng biển Hải Phòng.

#### 4.3. Thảo luận về vai trò của các bên liên quan và tính khả thi

Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng mô hình Living Lab là công cụ hữu hiệu để khắc phục hạn chế



Hình 2. Khung lý thuyết và cơ chế vận hành mô hình Living Lab giảm phát thải khí nhà kính tại cảng Nam Đình Vũ

của các phương pháp quản lý "từ trên xuống" (top-down) vốn thường thiếu sự tham gia của người dùng cuối. Tại NDV-CT, việc huy động sự tham gia của các bên liên quan thông qua Living Lab giúp giải quyết các rào cản cụ thể.

Kết quả thực nghiệm từ mô hình Living Lab cung cấp cơ sở khoa học quan trọng để hiện thực hóa Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam. Quyết định này đặt mục tiêu đến năm 2030, hệ thống cảng biển Việt Nam phải cơ bản hình thành mạng lưới cảng xanh. Tuy nhiên, Quyết định 1579 mới chỉ đưa ra định hướng vĩ mô mà chưa có các hướng dẫn kỹ thuật cụ thể về lộ trình chuyển đổi công nghệ. Dữ liệu từ nghiên cứu này (như kết quả tính toán sơ bộ dựa trên chi phí năng lượng hiện hành cho thấy thời gian hoàn vốn ước tính khoảng 2,2 năm khi điện khí hóa cầu RTG) là minh chứng thực tiễn giúp các nhà hoạch định chính sách xây dựng các cơ chế ưu đãi tài chính (như tín dụng xanh) để khuyến khích doanh nghiệp thực thi quy hoạch theo Quyết định 1579/QĐ-TTg, chuyển từ tuân thủ bắt buộc sang chủ động đổi mới [16].

So sánh với các bài học quốc tế như Living Lab tại các cảng Hy Lạp (Chios, Volos), nơi sự tham gia của các bên liên quan giúp xác định chính xác các rủi ro khí hậu đặc thù, mô hình đề xuất tại Việt Nam nhấn mạnh hơn vào khía cạnh hiệu quả năng lượng và giảm phát thải carbon. Tuy nhiên, thách thức lớn nhất được nhận diện là sự phụ thuộc vào lưới điện quốc gia. Do đó, thành công của mô hình Living Lab tại cảng biển Việt Nam không chỉ phụ thuộc vào nỗ lực tại chỗ mà còn cần sự đồng bộ với chiến lược chuyển dịch năng lượng quốc gia.

Cộng đồng được đại diện bởi Người lao động tại cảng (những người trực tiếp chịu ảnh hưởng bởi khí thải/tiếng ồn thiết bị) và cư dân khu vực lân cận (thông qua đại diện tổ dân phố/phường trong các buổi tham vấn đánh giá tác động môi trường). Thay vì áp đặt giải pháp từ trên xuống, Living Lab cho phép công nhân lái cầu (người dùng cuối) phản hồi về tính năng/độ trễ của cầu điện, từ đó doanh nghiệp và nhà khoa học hiệu chỉnh quy trình vận hành tối ưu. Đây là điểm khác biệt so với kịch bản giảm phát thải truyền thống.

Trong khuôn khổ mô hình Living Lab tại NDV-CT, vai trò của cộng đồng được cụ thể hóa thông qua sự tham gia của người lao động trực tiếp và cư dân địa phương. Cụ thể, trong giai đoạn thử nghiệm chuyển đổi cầu RTG sang chạy điện, nhóm 50 công nhân vận hành cầu đã tham gia đánh giá trải nghiệm người dùng, cung cấp phản hồi về độ rung, tiếng ồn và khả năng thao tác. Những dữ liệu thực tế này giúp các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp điều chỉnh chế độ vận hành thiết bị, đảm

bảo giải pháp giảm phát thải không làm giảm năng suất lao động - một yếu tố đồng kiến tạo thường bị bỏ qua trong các dự án đầu tư công nghệ thuần túy.

Tóm lại, việc áp dụng mô hình Living Lab tại NDV-CT không chỉ khả thi về mặt kỹ thuật và kinh tế mà còn tạo ra một hệ sinh thái đổi mới sáng tạo, nơi các giải pháp giảm phát thải được phát triển dựa trên nhu cầu thực tế và sự đồng thuận của đa bên. Đây là bước đi tiên quyết để hiện thực hóa mục tiêu cảng xanh và bền vững tại Việt Nam.

## 5. Kết luận và kiến nghị

### 5.1. Kết luận

Nghiên cứu đã khẳng định mô hình Living Lab là một phương pháp tiếp cận khả thi và hiệu quả để giải quyết thách thức giảm phát thải khí thải tại các cảng biển Việt Nam. Kết quả thực nghiệm tại NDV-CT đã lượng hóa được tổng phát thải CO<sub>2</sub> hàng năm là 4947,36 tCO<sub>2</sub>e, với cường độ phát thải đạt 4,12 kg CO<sub>2</sub>e/TEU. Phân tích cho thấy sự phụ thuộc lớn vào lưới điện quốc gia (chiếm 75,36% tổng phát thải) và các thiết bị di động chạy dầu diesel (chiếm gần 20%). Thông qua cơ chế hợp tác xoắn ốc bộ tứ mô hình Living Lab đã tạo ra không gian để các bên liên quan đồng sáng tạo và thử nghiệm các giải pháp cụ thể như điện khí hóa cầu RTG (với thời gian hoàn vốn khả thi khoảng 2,2 năm) và tích hợp năng lượng mặt trời. Quy trình 3 giai đoạn (Thiết lập - Thực hiện - Đánh giá) được đề xuất đã cung cấp một khung khổ khoa học, giúp chuyển đổi từ quản lý môi trường thụ động sang chủ động đổi mới sáng tạo.

### 5.2. Kiến nghị

Để thúc đẩy mô hình Living Lab và mục tiêu cảng xanh, nghiên cứu đề xuất các kiến nghị sau:

Đối với cơ quan quản lý nhà nước: Cần ban hành các hướng dẫn tiêu chuẩn hóa về kiểm kê khí thải (bottom-up) cho hệ thống cảng biển và thiết lập cơ chế tài chính xanh (ưu đãi thuế, tín dụng) để hỗ trợ các dự án chuyển đổi công nghệ có thời gian hoàn vốn nhanh như tại NDV-CT, phù hợp với Quyết định 1579/QĐ-TTg.

Đối với doanh nghiệp cảng: Cần tích hợp chỉ số hiệu quả năng lượng vào KPI vận hành, triển khai hệ thống giám sát năng lượng thời gian thực (IoT) và ưu tiên đầu tư năng lượng tái tạo tại chỗ để giảm rủi ro từ hệ số phát thải của lưới điện.

Hướng nghiên cứu tiếp theo: Cần mở rộng phạm vi nghiên cứu sang phát thải Scope 3 (bao gồm tàu ra vào và vận tải ngoại vi) và áp dụng mô hình Living Lab cho mạng lưới cảng rộng hơn để xây dựng cơ sở dữ liệu đối sánh quốc gia.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT25-26.16**.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Guangnian Xiao, T. Wang, Xinqiang Chen, and Lizhen Zhou (2022), *Evaluation of Ship Pollutant Emissions in the Ports of Los Angeles and Long Beach*, Journal of Marine Science and Engineering, Vol.10, No.9, pp.1206-1206. doi: 10.3390/jmse10091206.
- [2] H. P. Nguyen, P. Q. P. Nguyen, and T. P. Nguyen (2022), *Green Port Strategies in Developed Coastal Countries as Useful Lessons for the Path of Sustainable Development: A case study in Vietnam*, International Journal of Renewable Energy Development, Vol.11, No.4, pp. 950-962. doi: 10.14710/ijred.2022.46539.
- [3] W.-K. Hsu, S.-H. S. Huang, T. N. Ngoc Le, and N. T. Huynh (2024), *Evaluating Vietnam's container terminal efficiency considering carbon neutrality*, Utilities Policy, Vol.90, p. 101809. doi: 10.1016/j.jup.2024.101809.
- [4] J.-W. Kwon, S. Yeo, and W.-J. Lee (2023), *Assessment of Shipping Emissions on Busan Port of South Korea*, Journal of Marine Science and Engineering, Vol.11, No.4, p. 716. doi: 10.3390/jmse11040716.
- [5] N. X. Long and P. V. Hung (2025), *Energy efficiency and carbon emissions assessment of container terminal equipment at Tan Cang - Cai Mep Thi Vai*, International Journal of Sustainable Engineering, Vol.18, No.1, p. 2580726. doi: 10.1080/19397038.2025.2580726.
- [6] C. F. F. Abentin Estim (2025), *Living Lab Approach to Ocean Citizenship in Sustainable Development of the Blue Economy and Food Security*, Journal of Hunan University Natural Sciences, Vol.51, No.6, 2024, Accessed: Dec. 24, 2025. [Online]. Available: <https://jonuns.com/index.php/journal/article/view/1597>
- [7] R. Saravia de los Reyes, G. Fernández-Sánchez, M. D. Esteban, and R. R. Rodríguez (2020), *Carbon Footprint of a Port Infrastructure from a Life Cycle Approach*, Int J Environ Res Public Health, Vol.17, No.20, p. 7414. doi: 10.3390/ijerph17207414.
- [8] Singapore's PSA (2025), *Singapore's PSA launches \$74m Living Lab initiative for port*. Accessed: Dec. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.seatrade-maritime.com/maritime-logistics/singapore-s-psa-launches-74m-living-lab-initiative-for-port-and-logistics-industry>
- [9] Nguyen, H. T., & Marques, P. (2022), *The promise of living labs to the Quadruple Helix stakeholders: Exploring the sources of (dis) satisfaction*, European Planning Studies, Vol.30(6), pp.1124-1143. doi:10.1080/09654313.2021.1968798.
- [10] Van den Heuvel, R., Braun, S., de Bruin, M., & Daniëls, R. (2021), *A closer look at living labs and higher education using a scoping review*. Technology Innovation Management Review, Vol.11(9/10), pp.30-40. doi:10.22215/timreview/1463.
- [11] Paskaleva, K., & Cooper, I. (2021), *Are living labs effective? Exploring the evidence*. Technovation, Vol.106, Article 102311. doi:j.technovation.2021.102311
- [12] Kim, S., & Kim, Y. (2020), *Research trend analysis on living lab using text mining*. Journal of Digital Convergence, Vol.18(8), pp.37-48. doi:10.14400/JDC.2020.18.8.037.
- [13] IPCC (2008), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer\\_2006GLs.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf)
- [14] Cục Biến đổi khí hậu (2024), *Số 327/BDKH-PTCBT V/v công bố kết quả tính toán hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2022*.
- [15] Thủ tướng Chính phủ (2022), *Nghị định số 06/2022/NĐ-CP Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn*.
- [16] Thủ tướng Chính phủ (2021), *Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*.

Ngày nhận bài:	30/12/2025
Ngày nhận bản sửa:	14/01/2026
Ngày duyệt đăng:	16/01/2026