■ Ngày nộp bài: 05/9/2026 ■ Ngày sửa bài: 14/9/2026 ■ Ngày chấp nhận đăng: 02/10/2026

# Nghiên cứu tổng quan các chiến lược giảm thiểu phát thải và bài học cho ngành Xây dựng Việt Nam

## A literature review of emission mitigation strategies and lessons for the Vietnamese Construction sector

**> THS TRẦN ĐỨC ĐẠT[1], TS ĐỖ VĂN THUẬN[1,*], PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI[2]**
[1]Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng
[2]Trường Đại học Giao thông vận tải
[*]Email: thuanqlcb@gmail.com

**TÓM TẮT**

Bài báo hệ thống hóa các kết quả nghiên cứu quốc tế về chiến lược giảm nhẹ phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực xây dựng nhằm rút ra bài học cho Việt Nam trong bối cảnh thực hiện cam kết phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Phương pháp tổng quan tích hợp được áp dụng cho 29 tài liệu công bố giai đoạn 2008 - 2025, phân thành 5 hướng: Phát thải tiềm ẩn và đánh giá vòng đời; hiệu quả năng lượng vận hành; vật liệu xanh và kinh tế tuần hoàn; thiết kế thụ động; công cụ kinh tế và tài chính xanh. Kết quả cho thấy phần lớn giải pháp kỹ thuật đã sẵn có, song hiệu quả thực tế phụ thuộc vào 4 nhóm điều kiện: Thể chế - pháp lý, kinh tế - tài chính, kỹ thuật - công nghệ và năng lực con người. Bài báo chỉ ra các khoảng trống nghiên cứu và đề xuất định hướng cho ngành Xây dựng Việt Nam về quy chuẩn phát thải toàn vòng đời, dữ liệu vật liệu, tài chính xanh và nguồn nhân lực.

**Từ khóa:** Công trình xanh; giảm phát thải; công trình chống chịu; biến đổi khí hậu; xây dựng bền vững.

**ABSTRACT**

This paper synthesises international research on greenhouse gas mitigation strategies in the building sector to draw lessons for Vietnam's 2050 net-zero commitment. An integrative review of 29 publications (2008 - 2025) covers five streams: Embodied carbon and life cycle assessment; operational energy efficiency; green materials and the circular economy; passive design; economic instruments and green finance. Most technical solutions already exist, but their effectiveness depends on four groups of enabling conditions: Institutional, financial, technological and human capacity. Research gaps are identified and directions are proposed for Vietnam on whole-life carbon regulation, material data, green finance and workforce capacity.

**Keywords:** Green building; emission reduction; resilient building; climate change; sustainable construction.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại các nền kinh tế phát triển, tòa nhà tiêu thụ khoảng 20 - 40% tổng năng lượng cuối cùng [1]. Ngoài năng lượng vận hành, mỗi công trình còn gắn với lượng phát thải phát sinh từ khai thác, sản xuất, vận chuyển vật liệu và thi công, gọi là phát thải tiềm ẩn (embodied carbon - EC). Khi công trình càng tiết kiệm năng lượng, tỷ trọng EC trong tổng phát thải vòng đời càng tăng [2]. Vì vậy, mục tiêu trung hòa carbon trong xây dựng chỉ đạt được khi tiếp cận theo toàn vòng đời công trình, thay vì chỉ tập trung vào giai đoạn vận hành như cách làm phổ biến trước đây.

Hai thập kỷ qua, nghiên cứu quốc tế về giảm phát thải trong xây dựng mở rộng sang nhiều hướng, từ đánh giá vòng đời, công trình năng lượng ròng bằng "0", vật liệu sinh học, kinh tế tuần hoàn đến thiết kế thụ động và định giá carbon. Tuy nhiên, các kết quả còn phân tán theo chuyên ngành: Phần lớn nghiên cứu về EC chỉ xét giai đoạn sản xuất vật liệu [3], trong khi kinh nghiệm chính sách của Liên minh châu Âu (EU) cho thấy giải pháp kỹ thuật chỉ phát huy tác dụng khi có quy định bắt buộc và lộ trình dài hạn [4]. Việc đặt các hướng nghiên cứu này trong một khung phân tích thống nhất vì thế có ý nghĩa cả về lý luận lẫn thực tiễn, nhất là đối với các quốc gia đang xây dựng chính sách như Việt Nam.

Với Việt Nam, yêu cầu tổng hợp này càng cấp thiết. Tại COP26 năm 2021, Việt Nam cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Khung pháp lý đã từng bước hình thành với Nghị định số 06/2022/NĐ-CP về giảm nhẹ phát thải khí nhà kính [5] và QCVN 09:2017/BXD về công trình sử dụng năng lượng hiệu quả [6]. Song, các công cụ này chủ yếu hướng tới năng lượng vận hành; EC, vật liệu carbon thấp và tài chính cho công trình xanh chưa được đề cập đầy đủ. Trong khi đó, quá trình

đô thị hóa khiến nhu cầu xây mới vẫn ở mức cao, nên các quyết định về thiết kế, vật liệu và chính sách hôm nay sẽ quyết định mức phát thải của ngành trong nhiều thập kỷ tới.

Bài báo hướng tới 3 mục tiêu: (1) Hệ thống hóa các nghiên cứu quốc tế tiêu biểu theo năm hướng chủ đề; (2) nhận diện các điều kiện quyết định khả năng triển khai và các khoảng trống nghiên cứu; (3) rút ra bài học cho ngành Xây dựng Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tổng quan tích hợp (integrative review) kết hợp phân tích nội dung theo chủ đề. Phương pháp này phù hợp vì bằng chứng trong lĩnh vực tồn tại dưới nhiều dạng: Nghiên cứu thực nghiệm, mô hình hóa, tổng quan hệ thống, phân tích tổng hợp và báo cáo chính sách. Khác với phân tích tổng hợp (meta-analysis), nghiên cứu không gộp các chỉ số định lượng; số liệu nêu trong bài là kết quả do tác giả gốc công bố, được dùng làm minh chứng cho từng nhận định.

### 2.2. Nguồn tài liệu và tiêu chí lựa chọn

Tài liệu được chọn lọc từ các tạp chí quốc tế có bình duyệt (Energy and Buildings, Applied Energy, Journal of Cleaner Production, Nature Sustainability, Nature Climate Change…) và báo cáo kỹ thuật của các tổ chức như NIST hay Climate Bonds Initiative. Tiêu chí lựa chọn gồm: (a) Đề cập trực tiếp giải pháp hoặc công cụ chính sách giảm phát thải liên quan đến xây dựng; (b) ưu tiên tổng quan hệ thống, phân tích tổng hợp hoặc nghiên cứu dựa trên tập dữ liệu lớn; (c) có kết quả định lượng hoặc khung lý luận có thể đối chiếu; (d) bổ sung một số công trình nền tảng. Kết quả có 29 tài liệu công bố giai đoạn 2008 - 2025 được đưa vào phân tích. Các văn bản pháp lý của Việt Nam chỉ dùng để mô tả bối cảnh.

### 2.3. Khung phân tích

Mỗi tài liệu được ghi nhận theo đối tượng, phương pháp, phát hiện chính và hàm ý chính sách, sau đó phân loại theo hai chiều: Hướng chủ đề (Bảng 1) và nhóm điều kiện triển khai mà tài liệu cung cấp bằng chứng (thể chế - pháp lý; kinh tế - tài chính; kỹ thuật - công nghệ; năng lực con người). Các phát hiện được so sánh để xác định điểm đồng thuận và khoảng trống, rồi đối chiếu với bối cảnh Việt Nam. Bài học rút ra mang tính định hướng và cần được kiểm chứng thêm bằng nghiên cứu thực nghiệm trong nước.

Bảng 1. Phân bố tài liệu tổng quan theo hướng chủ đề

| STT | Hướng chủ đề | Số tài liệu | Tài liệu | Giai đoạn |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Phát thải tiềm ẩn và đánh giá vòng đời | 6 | [2, 3, 7-10] | 2010 - 2024 |
| 2 | Hiệu quả năng lượng vận hành và NZEB | 6 | [1, 4, 11-14] | 2008 - 2023 |
| 3 | Vật liệu xanh và kinh tế tuần hoàn | 6 | [15-20] | 2013 - 2025 |
| 4 | Thiết kế thụ động và vi khí hậu đô thị | 4 | [21-24] | 2008 - 2018 |
| 5 | Công cụ kinh tế, tài chính xanh, định giá carbon | 7 | [25-31] | 2022 - 2025 |
| | **Tổng cộng** | 29 | | 2008 - 2025 |

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

### 3.1. Phát thải tiềm ẩn và đánh giá vòng đời

Nền tảng lý luận của hướng này được đặt ra bởi Dixit và cộng sự [7], khi xác định 6 nhóm tham số chi phối độ chính xác của phép đo năng lượng tiềm ẩn: Ranh giới hệ thống, phương pháp phân tích, nguồn dữ liệu, loại vật liệu, công nghệ sản xuất và bối cảnh địa lý. Rà soát hơn 400 công trình, Pomponi và Moncaster [3] nhận thấy đa số chỉ đánh giá giai đoạn sản xuất vật liệu (mô-đun A1-A3 theo EN 15978), bỏ qua thi công, vận hành, bảo dưỡng và cuối vòng đời, dẫn đến đánh giá thấp EC thực tế, từ đó các tác giả đề nghị áp dụng đánh giá vòng đời toàn diện (whole-life LCA).

Dựa trên dữ liệu khoảng 650 công trình, Röck và cộng sự [2] chứng minh tỷ trọng EC tăng theo mức cải thiện hiệu suất vận hành và dự báo đến năm 2050, EC có thể chiếm tới 50% tổng phát thải của các tòa nhà xây mới. EC vì thế được gọi là "thách thức ẩn" của chiến lược giảm nhẹ và phát hiện này đã thúc đẩy nhiều quốc gia đưa yêu cầu EC vào quy chuẩn xây dựng. Hàm ý quan trọng là các chính sách chỉ dựa trên hiệu quả năng lượng vận hành sẽ ngày càng bỏ sót phần phát thải lớn của công trình.

Về quan hệ giữa carbon và chi phí, phân tích độ nhạy của Gauch và cộng sự [8] cho tòa nhà nhiều tầng cho thấy lựa chọn vật liệu kết cấu ảnh hưởng lớn nhất đến dấu chân carbon và có thể tối ưu đồng thời EC, chi phí xây dựng và năng lượng vận hành mà không cần đánh đổi. Kết quả này phản bác quan niệm công trình xanh tất yếu đắt hơn công trình thông thường, đồng thời cho thấy giai đoạn thiết kế sơ bộ là thời điểm có nhiều dư địa giảm phát thải nhất. Báo cáo NIST SP 1324 của Zhang và cộng sự [9] rà soát hơn 5.000 tài liệu từ 40 quốc gia, khẳng định việc kết hợp điện đã khử carbon, thép và bê tông carbon thấp, gỗ kỹ thuật và tối ưu thiết kế có thể đưa EC về mức "0" vào năm 2050 bằng công nghệ hiện có, với LCA theo EN 15978 là nền tảng phương pháp.

Ở cấp quản lý, Zhu và cộng sự [10] xây dựng bộ dữ liệu chuẩn EC cho 28 loại tòa nhà tại Trung Quốc, làm ngưỡng tham chiếu cho quy chuẩn quốc gia. Nhìn chung, phương pháp luận toàn vòng đời đã đạt đồng thuận cao, nhưng mỗi quốc gia cần dữ liệu vật liệu và ngưỡng tham chiếu riêng mới có thể áp dụng. Đây là điều kiện mà các nước đang phát triển, vốn thiếu dữ liệu vật liệu trong nước, cần đặc biệt quan tâm.

### 3.2. Hiệu quả năng lượng vận hành và công trình năng lượng ròng bằng "0"

Đây là hướng nghiên cứu lâu đời nhất. Tỷ trọng 20 - 40% năng lượng cuối cùng do Pérez-Lombard và cộng sự [1] xác lập đã đưa tòa nhà vào trung tâm chính sách năng lượng - khí hậu. Khi mục tiêu chuyển sang công trình năng lượng ròng bằng "0" (NZEB), Marszal và cộng sự [11] phân tích 30 định nghĩa từ 14 quốc gia và chỉ ra sự thiếu nhất quán về ranh giới hệ thống, nguồn năng lượng tái tạo được tính và phương pháp cân bằng; nhu cầu chuẩn hóa này sau đó được EU giải quyết qua Chỉ thị Hiệu quả Năng lượng công trình (EPBD) sửa đổi.

Đánh giá 36 công cụ mô phỏng, Attia và cộng sự [12] kết luận khoảng trống lớn nhất là năng lực sử dụng công cụ của đội ngũ thiết kế chứ không phải sự thiếu công cụ. Nói cách khác, đầu tư cho đào tạo có ý nghĩa không kém đầu tư cho công nghệ. Dữ liệu về các dự án NZEB tại châu Âu [13] cho thấy tốc độ triển khai giữa các nước EU chênh lệch lớn, phụ thuộc vào mức nghiêm ngặt của quy chuẩn, hỗ trợ tài chính và năng lực kỹ thuật của ngành.

Phân tích 50 năm chính sách của EU dựa trên hơn 1.000 tài liệu, Economidou và cộng sự [4] kết luận tiêu chuẩn hiệu suất bắt buộc, khi được thực thi nghiêm, hiệu quả hơn ưu đãi tự nguyện. Nghiên cứu còn ghi nhận "hiệu ứng kỳ vọng": Tiêu chuẩn được công bố trước khi có hiệu lực khiến thị trường điều chỉnh sớm, cho thấy giá trị của lộ trình chính sách dài hạn. Tổng quan 248 nghiên cứu của Hafez và cộng sự [14] phân loại 15 chiến lược kỹ thuật và cho rằng con đường khả thi nhất là kết hợp cam kết chính sách quốc gia với đổi mới hệ thống HVAC và vỏ bao che; ba nhóm rào cản chính là kỹ thuật (hiệu suất thực tế thấp hơn thiết kế), kinh tế (chi phí đầu tư ban đầu cao) và thể chế (thiếu quy chuẩn bắt buộc). Như vậy, các nghiên cứu trong hướng này cùng hội tụ ở nhận định rằng hiệu quả năng lượng vận hành không còn là vấn đề thuần túy kỹ thuật, mà là kết quả phối hợp giữa quy chuẩn, tài chính và năng lực con người.

**3.3. Vật liệu xanh và kinh tế tuần hoàn**

Munaro và Tavares [15] cùng Hernández [16] cho rằng khả năng tái sử dụng kết cấu thép và bê tông cuối vòng đời là điều kiện then chốt của kinh tế tuần hoàn trong xây dựng; nguyên tắc "thiết kế để tháo dỡ" (DfD) đang trở thành nguyên tắc cốt lõi của xây dựng xanh thế hệ mới. Với gỗ kỹ thuật (CLT), mô hình của Churkina và cộng sự [17] cho thấy nếu 90% tòa nhà xây mới giai đoạn 2020 - 2050 dùng gỗ kỹ thuật, ngành Xây dựng có thể lưu trữ 0,01 - 0,68 tỷ tấn carbon mỗi năm, tức chuyển từ nguồn phát thải thành bể chứa carbon. Kết quả này là cơ sở khoa học cho các chính sách khuyến khích vật liệu sinh học, dù khả năng áp dụng còn phụ thuộc vào nguồn cung gỗ bền vững.

Trên nền tảng do MacArthur [18] đặt ra, Ghisellini và cộng sự [19] xác định ba chiến lược tuần hoàn cho ngành: Giảm vật liệu đầu vào qua tối ưu thiết kế, tái sử dụng cấu kiện nguyên vẹn và tái chế phế thải, đồng thời nhấn mạnh yêu cầu thay đổi mô hình kinh doanh trên toàn chuỗi giá trị. Các chương trình quốc tế, trong đó có Chương trình Xây dựng Bền vững của UNEP và dự án Annex 57 của IEA EBC [20] đều coi phương pháp đánh giá thống nhất và tuyên bố môi trường sản phẩm (EPD) được kiểm chứng độc lập là điều kiện tiên quyết cho thị trường vật liệu xanh. Như vậy, giảm phát thải từ vật liệu phụ thuộc không chỉ vào công nghệ mà còn vào hạ tầng dữ liệu và tổ chức chuỗi cung ứng.

**3.4. Thiết kế thụ động và vi khí hậu đô thị**

Santamouris [21] định lượng rằng mỗi độ C tăng thêm do đảo nhiệt đô thị làm nhu cầu làm mát tăng 1,5 - 4% và giảm hiệu suất hệ thống lạnh; các biện pháp như bề mặt phản xạ, cây xanh, mái xanh vì vậy vừa giảm tiêu thụ năng lượng vừa bảo vệ sức khỏe cộng đồng trong các đợt nắng nóng, tức đồng thời phục vụ mục tiêu giảm nhẹ và thích ứng. Akbari và cộng sự [22, 23] ước tính nếu 80% mái nhà và 50% mặt đường đô thị toàn cầu chuyển sang bề mặt có độ phản xạ cao, hiệu ứng làm mát tương đương loại bỏ 44 tỷ tấn $CO_2$, lớn hơn tổng phát thải toàn cầu trong hơn một năm. Thiết kế bề mặt đô thị vì vậy có thể trở thành một chiến lược khí hậu chi phí thấp nhưng hiệu quả cao.

Ở cấp công trình, Toutou và cộng sự [24] dùng tối ưu hóa tham số với thuật toán di truyền cho nhà ở vùng khí hậu nóng, xác định hướng nhà, che nắng và thông gió tự nhiên là ba yếu tố tác động mạnh nhất đến tải làm mát; phương án tối ưu giảm 40 - 60% tải làm mát mà không tăng đáng kể chi phí. Kết quả có giá trị tham khảo cho Việt Nam nhưng cần kiểm chứng trong điều kiện nhiệt đới nóng ẩm. Đây là nhóm giải pháp chi phí thấp, ít phụ thuộc công nghệ nhập khẩu và phục vụ đồng thời giảm nhẹ lẫn thích ứng.

**3.5. Công cụ kinh tế, tài chính xanh và định giá carbon**

Sử dụng học máy trên dữ liệu hơn 30 ngành trong 20 năm, Abrell và cộng sự [25] cho thấy định giá carbon thúc đẩy hiệu quả đổi mới công nghệ và giảm phát thải, nhất là khi giá vượt 50 USD/t$CO_2$. Phân tích tổng hợp 65 nghiên cứu từ 20 quốc gia của Ahmad và cộng sự [26] cho thấy thuế carbon tạo ổn định chi phí cho đầu tư dài hạn, còn hệ thống giao dịch phát thải (ETS) linh hoạt hơn trong kiểm soát tổng lượng; hiệu quả của cả hai phụ thuộc vào tính nhất quán của mục tiêu quốc gia (NDC). Với ngành Xây dựng, dữ liệu bảng 30 tỉnh của Trung Quốc [27] cho thấy giao dịch carbon cải thiện năng suất nhân tố tổng hợp xanh, chủ yếu qua đổi mới công nghệ xanh và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực. Đáng chú ý, tác động mạnh hơn ở các địa phương có chất lượng quản trị tốt, cho thấy năng lực thể chế là điều kiện để công cụ kinh tế chuyển hóa thành kết quả thực tế.

Về tài chính xanh, tổng quan 94 nghiên cứu của Akomea-Frimpong và cộng sự [28] xác định động lực là lợi ích kinh tế, quy định rõ ràng và nhận thức cao; rào cản là chi phí ban đầu lớn, nhận thức hạn chế về lợi ích dài hạn và thiếu minh bạch thị trường. Nghiên cứu tại Ghana [29], một nước đang phát triển có nhiều điểm tương đồng với Việt Nam, bổ sung rằng thiếu vốn và thiếu hỗ trợ quản lý là rào cản đặc thù của thị trường mới nổi và khó giải quyết chỉ bằng cơ chế thị trường. Báo cáo của Climate Bonds Initiative [30] về hơn 1.200 đợt phát hành trái phiếu xanh giai đoạn 2010 - 2023 chỉ ra 3 rủi ro: "tẩy xanh", thanh khoản và thay đổi chính sách, qua đó khẳng định vai trò của hệ thống đo đạc, báo cáo, thẩm định (MRV) và bộ phân loại xanh. Cuối cùng, Linsenmeier và cộng sự [31] chứng minh lan tỏa định giá carbon sang các nước đang phát triển qua hợp tác quốc tế mang lại lợi ích toàn cầu lớn hơn tổng hành động riêng lẻ, nhờ tác động lan tỏa về công nghệ và thị trường, qua đó củng cố cơ sở cho các cơ chế hợp tác theo Điều 6 Thỏa thuận Paris.

**3.6. Bàn luận tổng hợp**

Các hướng nghiên cứu hội tụ ở ba điểm: Giải pháp công nghệ cho giảm sâu phát thải phần lớn đã sẵn có [9]; giảm phát thải không nhất thiết tăng chi phí nếu tích hợp từ khâu thiết kế [8, 24]; khoảng cách giữa tiềm năng kỹ thuật với kết quả thực tế do các điều kiện triển khai quyết định (Bảng 2).

Bảng 2. Nhóm điều kiện triển khai và bằng chứng tiêu biểu

| Nhóm điều kiện | Nội dung chủ yếu | Tài liệu |
|---|---|---|
| Thể chế - pháp lý | Quy chuẩn bắt buộc, lộ trình dài hạn, NDC, MRV, phân loại xanh | [4, 10, 11, 13, 14, 26, 30] |
| Kinh tế - tài chính | Định giá carbon, ETS, tài chính và trái phiếu xanh, hỗ trợ vốn ban đầu | [25-29, 31] |
| Kỹ thuật - công nghệ | LCA, vật liệu carbon thấp, gỗ kỹ thuật, HVAC, vỏ bao che, thiết kế thụ động | [2, 3, 7-9, 17, 21, 22, 24] |
| Năng lực con người | Kỹ năng mô phỏng và LCA, nhận thức của chủ đầu tư, nhà tài trợ | [12, 13, 28] |

Các nhóm điều kiện này tác động qua lại: Chất lượng thể chế quyết định hiệu quả công cụ kinh tế [27]; quy chuẩn, tài chính và năng lực cùng chi phối tốc độ triển khai NZEB [13]; công cụ kỹ thuật chỉ phát huy khi có người đủ năng lực sử dụng [12]. Do đó, chiến lược giảm phát thải cần được thiết kế như một hệ thống chính sách đồng bộ, thay vì tập hợp các giải pháp rời rạc do từng cơ quan hoặc từng chuyên ngành đề xuất.

Hướng nghiên cứu này còn bốn hạn chế: (i) Cách tiếp cận thiên về công nghệ, chưa tích hợp đầy đủ rào cản thể chế và thị trường; (ii) bằng chứng chủ yếu từ các nước phát triển, rất hạn chế ở Đông Nam Á; (iii) yếu tố hành vi, xã hội và năng lực con người chưa được nghiên cứu có hệ thống; (iv) mục tiêu giảm nhẹ hầu như chưa được xem xét cùng mục tiêu thích ứng, khiến một số giải pháp có nguy cơ mất hiệu quả trước thời tiết cực đoan. Đây cũng chính là những khoảng trống mà các nghiên cứu tại Việt Nam có thể đóng góp, đặc biệt về bằng chứng thực nghiệm trong điều kiện khí hậu nhiệt đới và thể chế của một nền kinh tế đang chuyển đổi.

**3.7. Bài học cho ngành Xây dựng Việt Nam**

Từ kết quả tổng quan, có thể rút ra một số bài học cho ngành Xây dựng Việt Nam như sau.

Thứ nhất, mở rộng quy chuẩn từ năng lượng vận hành sang phát thải toàn vòng đời. QCVN 09:2017/BXD [6] chưa bao quát EC; kinh nghiệm quốc tế [2, 4] gợi ý đưa yêu cầu EC vào theo lộ trình, bắt đầu bằng nghĩa vụ báo cáo với công trình vốn nhà nước hoặc quy mô lớn rồi tiến tới ngưỡng giới hạn và công bố lộ trình sớm để tận dụng hiệu ứng kỳ vọng.

Thứ hai, xây dựng cơ sở dữ liệu phát thải vật liệu và ngưỡng tham chiếu quốc gia. Kinh nghiệm của Trung Quốc [10] và các khuyến nghị quốc tế [20] cho thấy không thể quản lý EC nếu thiếu dữ liệu phản ánh đúng công nghệ sản xuất trong nước; bước khởi đầu cần thiết là khuyến khích các nhà sản xuất xi măng, thép, gạch, kính công bố EPD được kiểm chứng độc lập.

Thứ ba, ưu tiên thiết kế thụ động và chống nóng đô thị phù hợp khí hậu nhiệt đới [21, 22, 24], cụ thể hóa hướng dẫn về hướng nhà, che nắng, thông gió tự nhiên, mái phản xạ và cây xanh cho từng

vùng khí hậu. Đây là nhóm giải pháp có thể triển khai ngay, chi phí thấp và tận dụng được kinh nghiệm kiến trúc truyền thống.

Thứ tư, thúc đẩy kinh tế tuần hoàn bằng cách lồng ghép nguyên tắc thiết kế để tháo dỡ, tái sử dụng và tái chế [15, 19] vào quản lý chất thải xây dựng và chính sách công nghiệp hóa xây dựng; riêng gỗ kỹ thuật [17] cần đánh giá khả thi về nguồn nguyên liệu, phòng cháy và năng lực sản xuất trong nước.

Thứ năm, hoàn thiện công cụ kinh tế - tài chính. Lộ trình thị trường carbon theo Nghị định 06/2022/NĐ-CP [5] là cơ hội đưa cơ sở sản xuất vật liệu phát thải lớn vào phạm vi kiểm kê và giao dịch, đi kèm hệ thống MRV và bộ phân loại xanh [30]; đồng thời cần tín dụng ưu đãi, bảo lãnh hoặc tài chính hỗn hợp vì cơ chế thị trường khó tự tháo gỡ rào cản vốn [29].

Thứ sáu, đầu tư vào năng lực con người [12]: Đưa LCA, mô phỏng năng lượng và thiết kế carbon thấp vào đào tạo đại học và bồi dưỡng cán bộ quản lý xây dựng. Cuối cùng, lồng ghép giảm nhẹ với thích ứng. Với mức độ dễ bị tổn thương cao trước biến đổi khí hậu, Việt Nam cần ưu tiên các giải pháp vừa giảm phát thải vừa tăng khả năng chống chịu của công trình, tránh để khoản đầu tư giảm nhẹ bị vô hiệu hóa bởi thiên tai và thời tiết cực đoan.

## 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng quan 29 tài liệu quốc tế về chiến lược giảm nhẹ phát thải trong xây dựng theo 5 hướng chủ đề: Phát thải tiềm ẩn và đánh giá vòng đời; hiệu quả năng lượng vận hành; vật liệu xanh và kinh tế tuần hoàn; thiết kế thụ động; công cụ kinh tế và tài chính xanh. Kết quả cho thấy giảm phát thải cần tiếp cận theo toàn vòng đời công trình, vì phát thải tiềm ẩn ngày càng chiếm tỷ trọng lớn khi hiệu quả vận hành được cải thiện. Phần lớn giải pháp kỹ thuật đã sẵn có và không nhất thiết làm tăng chi phí nếu được tích hợp từ khâu thiết kế; song hiệu quả thực tế phụ thuộc vào sự đồng bộ của 4 nhóm điều kiện: Thể chế - pháp lý, kinh tế - tài chính, kỹ thuật - công nghệ và năng lực con người, trong đó quy chuẩn bắt buộc gắn với lộ trình dài hạn, dữ liệu minh bạch và năng lực chuyên môn giữ vai trò nền tảng.

Bài báo cũng chỉ ra 4 khoảng trống nghiên cứu: Cách tiếp cận thiên về công nghệ, thiếu bằng chứng từ Đông Nam Á, chưa chú trọng yếu tố hành vi và năng lực con người và sự tách rời giữa giảm nhẹ với thích ứng.

Đối với Việt Nam, các định hướng đề xuất gồm: Mở rộng quy chuẩn sang phát thải toàn vòng đời; xây dựng cơ sở dữ liệu phát thải vật liệu; ưu tiên thiết kế thụ động; thúc đẩy kinh tế tuần hoàn; hoàn thiện định giá carbon và tài chính xanh đi kèm MRV; phát triển nguồn nhân lực; lồng ghép giảm nhẹ với thích ứng. Do các định hướng này được suy luận từ bằng chứng quốc tế, nghiên cứu tiếp theo cần lượng hóa phát thải tiềm ẩn của công trình điển hình tại Việt Nam, đánh giá chi phí - lợi ích của các giải pháp trong điều kiện trong nước và khảo sát năng lực của các chủ thể trong ngành, làm cơ sở cụ thể hóa lộ trình giảm phát thải cho ngành Xây dựng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO


[1] Pérez-Lombard, L., J. Ortiz and C. Pout. A review on buildings energy consumption information. Energy and buildings, 40(3): pp. 394-398, 2008.

[2]Röck, M., et al. Embodied GHG emissions of buildings-The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied energy, 258: p. 114107, 2020.

[3] Pomponi, F. and A. Moncaster. Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment-What does the evidence say? Journal of environmental management, 181: pp. 687-700, 2016.

[4] Economidou, M., et al. Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings. Energy and buildings, 225: p. 110322, 2020.

[5] Chính phủ. Nghị định số 06/2022/NĐ-CP quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn, 2022.

[6] Bộ Xây dựng. QCVN 09:2017/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả, 2017.

[7] Dixit, M.K., et al. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and buildings, 42(8): pp. 1238-1247, 2010.

[8] Gauch, H., et al. What really matters in multi-storey building design? A simultaneous sensitivity study of embodied carbon, construction cost and operational energy. Applied Energy, 333: p. 120585, 2023.

[9] Zhang, Y., et al. Systematic review of embodied carbon assessment and reduction in building life cycles. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology . . ., 2024.

[10] Zhu, C., et al. Embodied carbon emissions and mitigation potential in China's building sector: An outlook to 2060. Energy Policy, 170: p. 113222, 2022.

[11] Marszal, A.J., et al. Zero Energy Building-A review of definitions and calculation methodologies. Energy and buildings, 43(4): pp. 971-979, 2011.

[12] Attia, S., et al. Assessing gaps and needs for integrating building performance optimization tools in net zero energy buildings design. Energy and buildings, 60: pp. 110-124, 2013.

[13] D'Agostino, D., et al. Data on nearly zero energy buildings (NZEBs) projects and best practices in Europe. Data in Brief, 39: p. 107641, 2021.

[14] Hafez, F.S., et al. Energy efficiency in sustainable buildings: a systematic review with taxonomy, challenges, motivations, methodological aspects, recommendations and pathways for future research. Energy strategy reviews, 45: p. 101013, 2023.

[15] Munaro, M.R. and S.F. Tavares. Design for adaptability and disassembly: guidelines for building deconstruction. Construction Innovation, 25(2): pp. 665-687, 2025.

[16] Hernández, H. Circular Industrialized Construction: A perspective through design for manufacturing, assembly and disassembly. Buildings, 15(13): p. 2174, 2025.

[17] Churkina, G., et al. Buildings as a global carbon sink. Nature sustainability, 3(4): pp. 269-276, 2020.

[18] MacArthur, E. Towards the circular economy. Journal of industrial ecology, 2(1): pp. 23-44, 2013.

[19] Ghisellini, P., C. Cialani and S. Ulgiati. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. Journal of Cleaner production, 114: pp. 11-32, 2016.

[20] Birgisdottir, H., et al. IEA EBC annex 57 "evaluation of embodied energy and $CO_2$eq for building construction". Energy and buildings, 154: pp. 72-80, 2017.

[21] Santamouris, M. On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings. Energy and buildings, 82: pp. 100-113, 2014.

[22] Akbari, H., S. Menon and A. Rosenfeld, Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset $CO_2$. Climatic change, 94(3): pp. 275-286, 2009.

[23] Akbari, H., S. Menon and A. Rosenfeld, Global cooling: Increasing solar reflectance of urban areas to offset $CO_2$. Climatic Change, 2008.

[24] Toutou, A., M. Fikry and W. Mohamed. The parametric based optimization framework daylighting and energy performance in residential buildings in hot arid zone. Alexandria engineering journal, 57(4): pp. 3595-3608, 2018.

[25] Abrell, J., M. Kosch and S. Rausch. How effective is carbon pricing? A machine learning approach to policy evaluation. Journal of Environmental Economics and Management, 112: p. 102589, 2022.

[26] Ahmad, M., X.F. Li and Q. Wu. Carbon taxes and emission trading systems: Which one is more effective in reducing carbon emissions? A meta-analysis. Journal of Cleaner Production, 476: p. 143761, 2024.

[27] Yang, S., et al. Evaluating the impacts of carbon trading on green total productivity in construction: Insights from panel data in China. Humanities Social Sciences Communications, 12(1): pp. 1-18, 2025.

[28] Akomea-Frimpong, I., et al. Green finance for green buildings: a systematic review and conceptual foundation. Journal of cleaner production, 356: p. 131869, 2022.

[29] Debrah, C., et al. Driving factors for the adoption of green finance in green building for sustainable development in developing countries: The case of Ghana. Sustainable development, 32(6): pp. 6286-6307, 2024.

[30] Chouhan, N., C. Harrison and D. Sharma. Sustainable Debt Global State of The Market 2023. Climate Bonds Initiative, 2024.

[31] Linsenmeier, M., A. Mohommad and G. Schwerhoff, Global benefits of the international diffusion of carbon pricing policies. Nature Climate Change, 13(7): pp. 679-684, 2023.