

PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI PHÁT THẢI CO₂ NGÀNH CÔNG NGHIỆP VIỆT NAM GIAI ĐOẠN 2007-2022

Bùi Khánh Linh^{1,2*}, Nguyễn Văn Song¹, Vũ Ngọc Huyền¹

¹Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Tác giả liên hệ: linhsnail91098@gmail.com

Ngày nhận bài: 01.10.2025

Ngày chấp nhận đăng: 27.02.2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu xem xét biến động phát thải CO₂ của ngành công nghiệp Việt Nam trong giai đoạn 2007-2022. Kết quả cho thấy, phát thải CO₂ từ ngành công nghiệp đã tăng 3,2 lần từ năm 2007 so với năm 2022 dẫn tới áp lực mà môi trường phải gánh chịu. Bằng các số liệu thứ cấp từ Cơ quan Năng lượng Quốc tế và Cơ quan Thống kê quốc gia kết hợp với phương pháp LMDI (logarithmic mean Divisia index), nghiên cứu đã chỉ ra bốn nguyên nhân thúc đẩy sự gia tăng phát thải CO₂ của ngành công nghiệp, bao gồm: hiệu ứng lao động, hiệu ứng thu nhập, hiệu ứng cấu trúc năng lượng và hiệu ứng cường độ carbon. Trong khi đó, hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo đóng vai trò kiềm chế phát thải CO₂ ngành công nghiệp, mặc dù mức đóng góp này còn khiêm tốn. Nghiên cứu đề xuất cần cải tiến công nghệ sản xuất, thúc đẩy chuyển dịch cơ cấu theo hướng dịch vụ và công nghệ cao nhằm tăng năng suất lao động, cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng và hạn chế sử dụng nhiên liệu hóa thạch trong sản xuất.

Từ khóa: Phát thải CO₂, LMDI, năng lượng tái tạo, hiệu quả năng lượng, cơ cấu ngành, phát triển bền vững.

Analysis of Factors Affecting Carbon Dioxide Emissions in Vietnam's Industrial Sector During 2007-2022 Period

ABSTRACT

This study investigated the dynamics of CO₂ emissions in Vietnam's industrial sector during the 2007–2022 period. The results reveal that CO₂ emissions from industry increased by 3.2 times in to 2007 compared to 2022, thereby exerting significant pressure on the environment. Using secondary data from the International Energy Agency and the national statistical authority, combined with the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) method, the study identified four key drivers of rising industrial CO₂ emissions: the labor effect, the income effect, the energy structure effect, and the carbon intensity effect. In contrast, the renewable energy intensity effect played a mitigating role in reducing industrial CO₂ emissions, although its contribution remains modest. The study suggested that technological innovation, structural transformation toward services and high-tech industries, enhancement of labor productivity, and improvement in energy efficiency, along with reducing reliance on fossil fuels in production, are essential to curb CO₂ emissions in Vietnam's industrial sector.

Keywords: CO₂ emissions, LMDI technique, renewable energy, energy efficiency, industrial structure, sustainable development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các giai đoạn phát triển của Việt Nam, quan điểm về công nghiệp hóa, hiện đại hóa luôn được thực hiện nhất quán và xác định là nhiệm vụ trọng tâm của thời kỳ quá độ lên chủ nghĩa xã hội (Trần Thị Vân & cs., 2024).

Ngành công nghiệp đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế của Việt Nam, thể hiện qua việc dẫn đầu trong đổi mới và ứng dụng khoa học công nghệ, cũng như đóng góp đáng kể vào tăng trưởng năng suất lao động. Đặc biệt, trong giai đoạn 1996-2000, năng suất lao động ngành công nghiệp đóng góp 53,6%

vào tăng trưởng năng suất lao động xã hội (Nguyễn Thị Đông, 2020). Mặc dù chịu áp lực từ đại dịch Covid-19, ngành công nghiệp Việt Nam vẫn tăng trưởng và đóng góp 0,99 điểm phần trăm vào tốc độ tăng tổng giá trị tăng thêm toàn nền kinh tế (Cục Thống kê, 2023). Tuy nhiên, sự phát triển này cũng gây ra áp lực lớn lên môi trường, đặc biệt là gia tăng phát thải CO₂ (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2021). Đáng chú ý, lượng khí thải liên quan đến công nghiệp chiếm 29% lượng khí thải CO₂ tại Việt Nam và cường độ phát thải từ lĩnh vực này đã tăng 14% trong giai đoạn 2012-2017 (Climate Transparency, 2020; Nguyễn Văn Hiếu & Nguyễn Hoàng Nam, 2021).

Trong bối cảnh Việt Nam đặt ra các mục tiêu về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả cho ngành công nghiệp (Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2019-2030), việc nghiên cứu chuyên sâu về các yếu tố ảnh hưởng đến phát thải CO₂ trong ngành công nghiệp là hết sức cần thiết. Các mục tiêu cụ thể bao gồm: giảm mức tiêu hao năng lượng bình quân của ngành công nghiệp thép từ 3% đến 10%; công nghiệp hóa chất tối thiểu 7%; công nghiệp dệt may tối thiểu 5%; công nghiệp xi măng tối thiểu 7,5%; công nghiệp rượu, bia, nước giải khát từ 3% đến 6,88%; công nghiệp giấy từ 8% đến 15,8% tùy loại sản phẩm, công nghệ và quy mô sản xuất. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về các yếu tố này ở cấp quốc gia (Nguyễn Đăng Hiển, 2022; Hue, 2021; Le, 2022; Bùi Hoàng Ngọc & cs., 2022; Parker, 2022; Raihan, 2023; Bùi Trinh & Phạm Lê Hoa, 2017), nhưng các nghiên cứu tập trung vào từng ngành cụ thể còn hạn chế. Bài báo nhằm mục đích lấp đầy khoảng trống này bằng cách tập trung vào xác định yếu tố chịu trách nhiệm chính cho sự biến đổi phát thải CO₂ trong lĩnh vực công nghiệp. Dựa trên phương pháp LMDI (logarithmic mean Divisia index) trên ngành công nghiệp Việt Nam, nghiên cứu này cung cấp một cái nhìn sâu sắc hơn về phát thải ngành công nghiệp cũng như cung cấp thông tin cho chính sách giảm tiêu thụ năng lượng ở lĩnh vực công nghiệp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu là các số liệu thứ cấp, được thu thập thông qua hai nguồn chính: Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA) và Cục Thống kê Việt Nam. Bộ dữ liệu bao gồm: (1) phát thải CO₂ của ngành công nghiệp (đơn vị: triệu tấn CO₂), thể hiện lượng khí CO₂ thải ra từ các hoạt động sản xuất công nghiệp trong phạm vi lãnh thổ Việt Nam; (2) tiêu thụ năng lượng cuối cùng (TFC) của ngành công nghiệp (đơn vị: nghìn tấn dầu tương đương), phản ánh tổng lượng năng lượng được tiêu thụ bởi các ngành công nghiệp, bao gồm năng lượng từ than, dầu, khí đốt, điện và các nguồn năng lượng khác; (3) lực lượng lao động (đơn vị: nghìn người), biểu thị số lượng người đang làm việc trong ngành công nghiệp và (4) GDP (đơn vị: tỷ đồng) theo giá so sánh năm 2010, phản ánh giá trị sản xuất của ngành công nghiệp đã loại trừ yếu tố lạm phát (Bảng 1) Dữ liệu được thu thập theo năm, từ 2007 đến 2022, tạo thành chuỗi thời gian 16 năm, bao quát toàn bộ ngành công nghiệp Việt Nam, không phân chia theo quy mô doanh nghiệp hay lĩnh vực cụ thể, đảm bảo tính toàn diện của dữ liệu. Giai đoạn 2007-2022 được lựa chọn làm phạm vi nghiên cứu do tính sẵn có và độ tin cậy của dữ liệu từ cả IEA (Cơ quan Năng lượng Quốc tế) và Cục Thống kê, đồng thời phản ánh quá trình hội nhập kinh tế quốc tế sâu rộng của Việt Nam, kéo theo những biến đổi quan trọng trong cơ cấu công nghiệp, công nghệ và chính sách năng lượng. Việc phân tích giai đoạn này cho phép đánh giá tác động của các yếu tố này lên phát thải CO₂. Số liệu từ IEA được công nhận quốc tế về độ chính xác, trong khi số liệu từ Cục Thống kê Việt Nam là nguồn dữ liệu chính thức và toàn diện về kinh tế - xã hội Việt Nam, đảm bảo tính đầy đủ và tin cậy của bộ số liệu.

2.2. Phương pháp phân tích

Để nghiên cứu các động lực của sự thay đổi phát thải CO₂ trong ngành công nghiệp Việt Nam, bài báo sử dụng phiên bản mở rộng của đẳng thức Kaya (1990) và dựa trên các nghiên

cứ cấp ngành trước đó của Hua & cs. (2022); Zhao & cs. (2017). Theo đó, phát thải CO₂ ngành công nghiệp được xác định bởi các yếu tố, trong đó hai yếu tố đại diện cho tăng trưởng kinh tế, lao động, những yếu tố còn lại tập trung vào khía cạnh năng lượng.

$$CO_2 = P \times \frac{GDP}{P} \times \frac{RE}{GDP} \times \frac{NRE}{RE} \times \frac{CO_2}{NRE} \quad (1)$$

Trong đó:

CO₂: Phát thải CO₂

P: Lao động trong ngành công nghiệp

GDP: Tổng sản phẩm trong nước ngành công nghiệp

RE: Mức tiêu thụ năng lượng tái tạo

NRE: Mức tiêu thụ năng lượng không tái tạo

Phương trình (1) có thể được viết gọn dưới dạng:

$$CO_2 = P \times Inc \times REI \times NRES \times CI \quad (2)$$

Trong đó:

$$Inc = \frac{GDP}{P} \text{ (Thu nhập bình quân đầu người)}$$

$$REI = \frac{RE}{GDP} \text{ (Cường độ sử dụng năng lượng}$$

tái tạo)

$$NRES = \frac{NRE}{RE} \text{ (Tỷ trọng năng lượng không}$$

tái tạo so với năng lượng tái tạo)

$$CI = \frac{CO_2}{NRE} \text{ (Cường độ carbon)}$$

Mối quan hệ này phản ánh rằng tăng trưởng dân số hoặc lao động (P) là một trong

những yếu tố quan trọng thúc đẩy phát thải CO₂, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển. Thu nhập bình quân đầu người (Inc) đại diện cho mức sống, phản ánh mức độ tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch trong xã hội. Cường độ sử dụng năng lượng tái tạo (REI) thể hiện mức năng lượng tái tạo cần thiết để tạo ra một đơn vị GDP, qua đó phản ánh hiệu quả sử dụng năng lượng tái tạo của nền kinh tế. Tỷ trọng năng lượng không tái tạo so với năng lượng tái tạo (NRES) cho thấy mức độ phụ thuộc tương đối của nền kinh tế vào các nguồn năng lượng phát thải cao. Cuối cùng, cường độ carbon (CI) đo lường lượng phát thải CO₂ trên một đơn vị năng lượng không tái tạo, là chỉ số phản ánh hiệu quả môi trường trong việc sử dụng các nguồn năng lượng gây ô nhiễm như than, dầu và khí đốt.

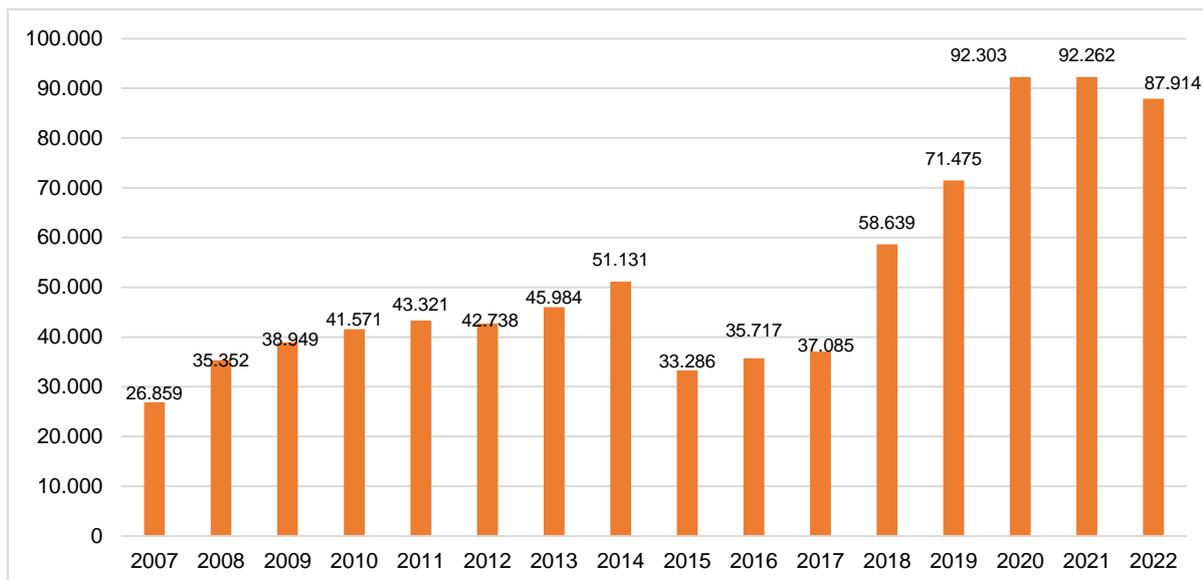
Trong nghiên cứu này, dựa vào kỹ thuật LMDI cộng mà Ang (2015) đã hướng dẫn được sử dụng để đánh giá sự thay đổi phát thải CO₂ từ năm đầu kỳ đến năm cuối kỳ. Phương trình (3) mô tả sự thay đổi của phát thải CO₂, được phân rã thành năm yếu tố:

$$\Delta C = C_t - C_{t-1} = \Delta C_P + \Delta C_{Inc} + \Delta C_{REI} + \Delta C_{NRES} + \Delta C_{CI} \quad (3)$$

Với ΔC là sự thay đổi của tổng lượng khí thải CO₂ được phân rã theo hiệu ứng lao động (ΔC_P), hiệu ứng thu nhập (ΔC_{Inc}), hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo (ΔC_{REI}), hiệu ứng cấu trúc năng lượng (ΔC_{NRES}), hiệu ứng cường độ carbon (ΔC_{CI}). Công thức liên quan đến các yếu tố phân huỷ như sau:

Bảng 1. Số liệu và nguồn thu thập

Số liệu	Nguồn	Đường link truy cập
Phát thải CO ₂ ngành công nghiệp	IEA (Cơ quan Năng lượng Quốc tế)	https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=VIETNAM&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector
Tiêu thụ năng lượng cuối cùng (TFC) của ngành công nghiệp	IEA (Cơ quan Năng lượng Quốc tế)	https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=VIETNAM&fuel=Energy%20consumption&indicator=IndustryBySource
Lao động trong ngành công nghiệp	Cục Thống kê	https://www.nso.gov.vn/px-web-2/?pxid=V0242&theme=D%C3%A2n%20s%E1%BB%91%20v%C3%A0%20lao%20%C4%91%E1%BB%99ng
GDP ngành công nghiệp (theo giá so sánh 2010)	Cục Thống kê	https://www.nso.gov.vn/px-web-2/?pxid=V0306-07&theme=T%C3%A0i%20kho%E1%BA%A3n%20qu%E1%BB%91c%20gia



Ghi chú: Tổng hợp từ IEA (2025).

Hình 1. Biến động phát thải CO₂ ngành công nghiệp Việt Nam (đơn vị: triệu tấn CO₂)

Bảng 2. Kết quả phân tích phân rã phát thải CO₂ trong ngành công nghiệp (ĐVT: triệu tấn CO₂)

Năm	ΔP	ΔInc	ΔREI	ΔRNES	ΔCI	ΔC
08-07	1670,031	-167,080	-2885,821	7861,716	2014,154	8493
09-08	2509,411	-714,842	-3518,667	5495,344	-174,246	3597
10-09	3318,704	1958,141	-7237,483	5192,079	-609,440	2622
11- 10	-176,089	3848,480	-1034,437	-476,026	-411,928	1750
12-11	841,082	2432,233	-968,056	-959,184	-1929,074	-583
13-12	1097,954	1067,460	231,703	638,780	210,103	3246
14-13	2104,939	754,578	159,789	2304,788	-177,095	5147
15-14	3546,475	-26,138	-2522,069	-11264,473	-7578,795	-17845
16-15	2229,999	216,156	-578,319	1941,557	-1378,393	2431
17-16	1804,512	1060,603	-834,521	209,814	-872,408	1368
18-17	2138,667	1894,917	-1026,416	8676,077	9870,754	21554
19-18	7732,152	-2665,936	-2995,543	5543,139	5222,188	12836
20-19	-211,590	3220,610	-24029,952	35281,414	6567,518	20828
21-20	-894,825	4559,634	45966,824	-50856,929	1184,297	-41
22-21	4328,497	2444,417	-12010,992	4758,942	-3868,863	-4348
Tổng	32039,918	19883,233	-13283,960	14347,038	8068,771	61055

$$\Delta C_p = \frac{CO_2^t - CO_2^{t-1}}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^{t-1}} \times \ln \frac{p^t}{p^{t-1}}$$

$$\Delta C_{REI} = \frac{CO_2^t - CO_2^{t-1}}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^{t-1}} \times \ln \frac{REI^t}{REI^{t-1}}$$

$$\Delta C_{Inc} = \frac{CO_2^t - CO_2^{t-1}}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^{t-1}} \times \ln \frac{Inc^t}{Inc^{t-1}}$$

$$\Delta C_{RNES} = \frac{CO_2^t - CO_2^{t-1}}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^{t-1}} \times \ln \frac{RNES^t}{RNES^{t-1}}$$

$$\Delta C_{CI} = \frac{CO_2^t - CO_2^{t-1}}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^{t-1}} \times \ln \frac{CI^t}{CI^{t-1}}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến động phát thải CO₂ ngành công nghiệp Việt Nam

Trong giai đoạn 2007-2022, ngành công nghiệp Việt Nam chứng kiến sự tăng trưởng mạnh mẽ cả về quy mô kinh tế và mức phát thải CO₂, phản ánh mối quan hệ chặt chẽ giữa phát triển công nghiệp và áp lực môi trường. Theo số liệu IEA do cung cấp (Hình 1), song song với quá trình mở rộng sản xuất, lượng phát thải CO₂ ngành công nghiệp gia tăng đáng kể, từ 26.859 triệu tấn CO₂ năm 2007 lên 87.914 triệu tấn CO₂ năm 2022, tức tăng hơn 3,2 lần. Sự gia tăng này cho thấy quá trình công nghiệp hóa ở Việt Nam trong giai đoạn vừa qua đi kèm với việc sử dụng năng lượng hóa thạch ở mức cao, dẫn tới áp lực về môi trường và phát thải khí nhà kính.

Phân tích theo từng giai đoạn cho thấy xu hướng phát thải có sự biến động nhất định gắn với bối cảnh kinh tế trong nước và quốc tế. Từ 2007 đến 2014, phát thải CO₂ liên tục gia tăng, phản ánh sự bùng nổ sản xuất công nghiệp và nhu cầu năng lượng tăng cao trong thời kỳ hội nhập kinh tế quốc tế sâu rộng. Năm 2015 và 2016 ghi nhận mức giảm đáng kể, tuy nhiên xu hướng giảm không kéo dài. Từ năm 2017 trở đi, phát thải CO₂ quay trở lại đà tăng, đạt đỉnh vào năm 2020 với 92.303 triệu tấn CO₂ và giảm nhẹ xuống 87.914 triệu tấn CO₂ năm 2022.

3.2. Phân tích yếu tố ảnh hưởng tới phát thải CO₂ ngành công nghiệp Việt Nam

Kết quả phân rã LMDI biểu thị trong bảng 2 cho thấy phát thải CO₂ của ngành công nghiệp Việt Nam trong giai đoạn quan sát chịu ảnh hưởng đồng thời của cả năm yếu tố nghiên cứu.

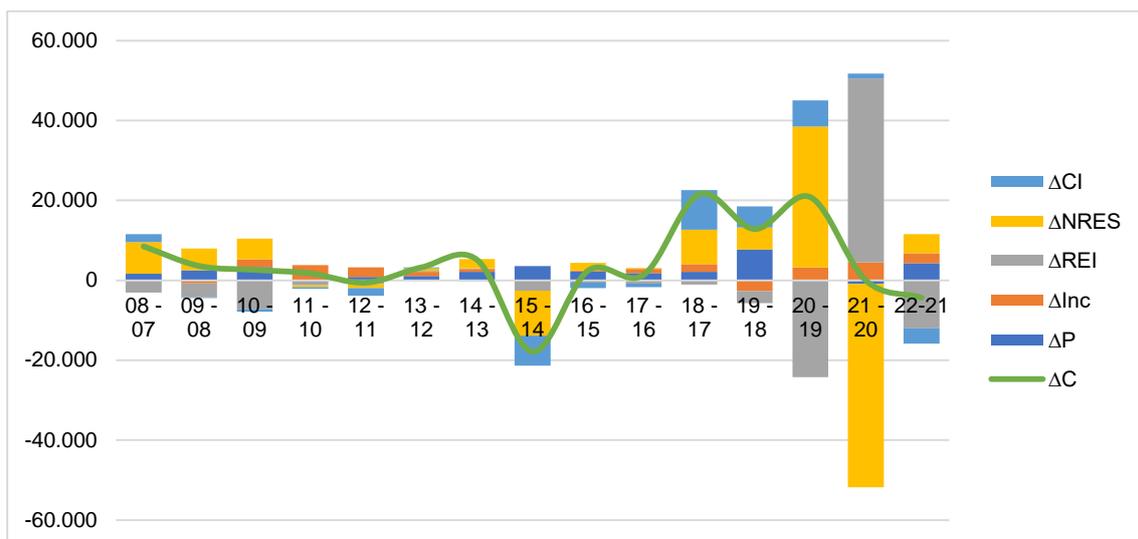
Hiệu ứng lao động

Quy mô lao động ngành công nghiệp phản ánh quy mô hoạt động sản xuất và là động lực cơ bản cho tăng tiêu thụ năng lượng. Kết quả từ LMDI trong bảng 2 và hình 2 chỉ ra hiệu ứng lao động có đóng góp dương vào tăng phát thải trong phần

lớn các năm. Khi lực lượng lao động công nghiệp tăng, số lượng đơn vị sản phẩm được chế tạo gia tăng, kéo theo nhu cầu năng lượng đầu vào tăng, đặc biệt trong các ngành chế biến, sản xuất nặng. Cơ chế tác động của P là gián tiếp nhưng bền vững, bởi tăng lao động làm tăng sản lượng ngắn hạn, thúc đẩy mở rộng công suất, đầu tư cơ sở hạ tầng và chuỗi cung ứng, từ đó kéo dài nhu cầu nhiên liệu hóa thạch. Kết quả này tương đồng với kết quả từ các nền kinh tế mới nổi (Hua & cs., 2022; Khan & Majeed, 2019; Zhao & cs., 2017; Liu & cs., 2011) nơi quy mô lao động và mở rộng quy mô sản xuất được xác định là nguồn áp lực lên phát thải. Trong bối cảnh công nghiệp Việt Nam, hiệu ứng lao động đóng góp lớn nhất trong gia tăng phát thải CO₂. Điều này cũng chỉ ra vấn đề về mặt chính sách là nếu muốn kiểm soát phát thải, cần hướng tới nâng năng suất lao động đi kèm với cải thiện hiệu quả năng lượng nhằm giảm đóng góp phát thải trên mỗi đơn vị lao động.

Hiệu ứng thu nhập

Thu nhập bình quân đầu người (Inc) đại diện cho mức độ sản xuất trên mỗi lao động và đồng thời phản ánh mức tiêu dùng, do đó đây là một trong những yếu tố ảnh hưởng mạnh nhất tới phát thải. Phân rã LMDI cho thấy hiệu ứng thu nhập là nhân tố dương làm gia tăng phát thải và có cường độ lớn chỉ sau hiệu ứng lao động. Kết quả nghiên cứu trong bảng 2 và hình 2 giúp khẳng định một lần nữa những kết quả nghiên cứu trước đó về vai trò của tăng trưởng kinh tế trong tăng phát thải CO₂ (Ataman, 2022; Ben Hammamia & Dhakhlaoui, 2023; Hua & cs., 2022; Liu & cs., 2011; Rüstemođlu, 2022; Zhao & cs., 2017). Một khía cạnh quan trọng trong bản chất tăng thu nhập - tạo phát thải là: trong giai đoạn có chuyển dịch cơ cấu sang ngành có giá trị gia tăng cao nhưng tiêu thụ ít năng lượng (như ngành chế tạo điện tử, dược phẩm,...) thì tăng Inc thường đi kèm giảm phát thải; ngược lại, nếu tăng trưởng gắn với ngành công nghiệp nặng (như xi măng, thép, hóa chất,...) thì sự gia tăng Inc sẽ khuếch đại phát thải. Kết quả phân rã trong nghiên cứu này thể hiện phần lớn đóng góp dương từ hiệu ứng thu nhập đi kèm với các ngành thâm dụng năng lượng trong chuỗi công nghiệp Việt Nam, đặc biệt là giai đoạn bùng nổ xuất khẩu và mở rộng sản xuất.



Hình 2. Phân rã phát thải CO₂ trong lĩnh vực công nghiệp theo các yếu tố

Hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo

Cường độ năng lượng tái tạo REI phản ánh mức năng lượng tái tạo để tạo ra một đơn vị sản lượng. Phân tích từ LMDI trình bày trong bảng 2 và hình 2 cho thấy REI đóng vai trò kiềm chế phát thải nhưng đóng góp này còn khiêm tốn trong phần lớn chuỗi thời gian. Việc sử dụng năng lượng tái tạo giúp giảm tỷ lệ năng lượng không tái tạo cần thiết cho cùng một mức GDP, đồng thời năng lượng tái tạo có cường độ carbon thấp hơn. Do đó, thay thế nhiên liệu hóa thạch sẽ kéo theo giảm phát thải. Kết quả này góp phần củng cố các kết luận trước đó của Karakaya & cs. (2019), Koilakou & cs. (2022) và Rüstemođlu (2022) về vai trò của năng lượng tái tạo trong giảm phát thải CO₂.

Kết quả nghiên cứu cũng thể hiện tỷ trọng năng lượng tái tạo trong tiêu dùng công nghiệp Việt Nam chưa đủ lớn và ổn định. Nguồn thủy điện chiếm phần quan trọng nhưng khả năng gia tăng bền vững có giới hạn, trong khi điện gió, mặt trời chỉ bùng nổ sau giai đoạn 2017-2019 và chưa được phân bổ trực tiếp cho công nghiệp theo cùng cách ở tất cả các vùng. Do đó, trong phân rã, REI thể hiện tác động âm (giảm phát thải) ở một số năm nhưng không đủ lớn để bù đắp cho tác động dương mạnh của Inc và NRES. Giai đoạn 2020-2021, trái ngược với các năm trước đó, hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo góp phần gia tăng phát thải CO₂. Điều

này có thể giải thích do công suất điện mặt trời bùng nổ cuối năm 2020 và 2021 do cơ chế giá FIT 8,38 Uscent/kWh theo Quyết định số 13/QĐ-TTg ngày 6/4/2020 của Chính phủ khuyến khích phát triển điện mặt trời tại Việt Nam. Điều này dẫn tới tổng công suất điện mặt trời gia tăng mạnh. Nguồn cung điện mặt trời tăng mạnh nhưng chủ yếu hòa vào mạng lưới, làm tăng tổng điện năng tiêu thụ. Khi tổng nhu cầu năng lượng tăng, phát thải vẫn tăng và REI có thể được ghi nhận như một hiệu ứng làm gia tăng phát thải.

Hiệu ứng cấu trúc năng lượng

Tỷ trọng năng lượng không tái tạo so với năng lượng tái tạo (NRES) thể hiện cấu trúc năng lượng, cho thấy mức độ phụ thuộc tương đối vào năng lượng tái tạo. Phân rã LMDI tại bảng 2 và hình 2 chỉ rõ NRES là một trong những nhân tố chính làm tăng phát thải.

Ở Việt Nam, giai đoạn công nghiệp hóa nhanh và nhu cầu điện tăng dẫn tới mở rộng công suất nhiệt điện than, làm tăng NRES do đó góp lớn vào tăng phát thải. Các giai đoạn hiệu ứng cấu trúc năng lượng góp phần tăng phát thải CO₂ là những năm có các dự án nhiệt điện lớn đi vào hoạt động. Giai đoạn 2015-2019 có nhiều nhà máy mới đi vào hoạt động như Nhiệt điện Vĩnh Tân 2, Mông Dương 1, Mông Dương 2, Vĩnh Tân 4. Các dự án này làm sản lượng điện than tăng đột biến, khiến NRES tăng và đóng

góp mạnh vào phát thải. Giai đoạn 2020-2021, hiệu ứng cấu trúc năng lượng có vai trò lớn nhất giúp giảm phát thải CO₂. Do đây là thời gian đại dịch Covid-19 diễn ra trên toàn thế giới và ảnh hưởng mạnh mẽ đến hệ thống năng lượng toàn cầu. Tại Việt Nam, đây là giai đoạn các biện pháp phong tỏa khác nhau được thực hiện để kiểm soát sự lây lan của dịch Covid-19. Dịch bệnh đã hạn chế các hoạt động kinh tế - xã hội cũng như giảm nhu cầu dầu và than trong vận tải, công nghiệp.

Hiệu ứng cường độ carbon

Cường độ carbon (CI) đo lường lượng CO₂ phát thải trên mỗi đơn vị năng lượng không tái tạo và phản ánh chất lượng nhiên liệu cũng như hiệu quả công nghệ. Phân rã LMDI cho thấy hiệu ứng cường độ carbon có thể có tác động ở cả hai chiều. Cụ thể, ở một số năm, cường độ carbon giảm và đóng góp âm thể hiện có sự chuyển đổi công nghệ hoặc nhiên liệu có hệ số phát thải thấp hơn than đá khiến cường độ carbon giảm. Ở các năm khác, khi tiêu thụ than đá, dầu mỏ tăng hoặc hiệu quả công nghệ kém, cường độ carbon tăng và đóng góp dương. Đối với ngành công nghiệp Việt Nam, nhìn chung hiệu ứng carbon vẫn góp phần làm tăng phát thải carbon, cho thấy ngành công nghiệp nước ta vẫn phụ thuộc nhiều vào than đá, khí đốt. Kết luận về sự đóng góp dương của hiệu ứng cường độ carbon trong tăng phát thải CO₂ tương đồng với kết quả nghiên cứu của Ataman (2022), Ben Hammamia & Dhakhlaoui (2023), Hua & cs. (2022), Rüstemođlu (2022) và trái ngược với kết luận của Koilakou & cs. (2022), Wang & cs. (2019) ở các nền kinh tế tăng tỷ trọng năng lượng tái tạo và khí tự nhiên để thay thế than đá, dầu.

4. KẾT LUẬN

Các phát hiện của kỹ thuật LMDI cho thấy biến động phát thải CO₂ của ngành công nghiệp Việt Nam do hiệu ứng lao động, hiệu ứng thu nhập, hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo, hiệu ứng cấu trúc năng lượng, hiệu ứng cường độ carbon gây nên. Xét một cách tổng thể, hiệu ứng lao động, hiệu ứng thu nhập, hiệu ứng cấu trúc năng lượng và hiệu ứng cường độ carbon là

động lực thúc đẩy gia tăng phát thải carbon ngành công nghiệp, trong đó hiệu ứng lao động góp phần lớn nhất. Hiệu ứng cường độ năng lượng tái tạo giúp giảm phát thải carbon mặc dù mức giảm chưa đủ bù đắp sự gia tăng phát thải do hiệu ứng lao động và hiệu ứng cấu trúc năng lượng. Dù vậy, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy tiềm năng giảm phát thải nhờ tăng tỷ trọng năng lượng tái tạo và hạn chế sự phụ thuộc vào năng lượng từ than đá, dầu mỏ. Nghiên cứu đã lượng hóa và so sánh tác động của các yếu tố này trong bối cảnh đặc thù của ngành công nghiệp Việt Nam, một lĩnh vực chưa được khám phá đầy đủ trong các nghiên cứu trước đây. Kết quả của nghiên cứu cung cấp cái nhìn chi tiết hơn về các động lực cụ thể của ngành công nghiệp, đồng thời chỉ ra tiềm năng đáng kể trong việc giảm phát thải thông qua tăng cường sử dụng năng lượng tái tạo và giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. Do đó, cần tiếp tục cải tiến công nghệ sản xuất để tăng năng suất lao động cùng với cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng, giảm cường độ năng lượng và thúc đẩy năng lượng điện gió, mặt trời để giảm phát thải lâu dài. Bên cạnh đó, thúc đẩy chuyển dịch cơ cấu kinh tế theo hướng dịch vụ và công nghệ cao nhưng tiêu thụ ít năng lượng cũng là một hướng phát triển giúp giảm sử dụng năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch, hướng tới giảm phát thải carbon.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Akyürek Z. (2020). LMDI decomposition analysis of energy consumption of Turkish manufacturing industry: 2005-2014. *Energy Efficiency*. 13(4): 649-663. doi.org/10.1007/s12053-020-09846-8.
- Ang B.W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide. *Energy Policy*. 33(7): 867-871. doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.010 .
- Ang B.W. (2015). LMDI decomposition approach: A guide for implementation. *Energy Policy*. 86: 233-238. doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.007.
- Ang B.W. & Wang H. (2015). Index decomposition analysis with multidimensional and multilevel energy data. *Energy Economics*. 51: 67-76. doi.org/10.1016/j.eneco.2015.06.004
- Ataman Y.A. (2022). Index Decomposition Analysis And Energy Consumption Of Turkey: 2000-2014.

- Journal of Research in Economics. 2(2): 107-134. doi.org/10.29228/JORE.17
- Ben Hammamia A. & Dhakhlaoui A. (2023). Determinants and Prediction of CO₂ Emissions in Tunisia: LMDI Decomposition Approach of an Error Correction Model. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 13(6): 102-108. doi.org/10.32479/ijeep.14860
- Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia. Nhà xuất bản Dân trí.
- Bùi Hoàng Ngọc, Phan Thị Liệu & Nguyễn Minh Hà (2022). Môi quan hệ giữa tỷ lệ đô thị hóa, tăng trưởng kinh tế, phát triển nông nghiệp và lượng khí thải CO₂ ở Việt Nam. *Những vấn đề Kinh tế và Chính trị thế giới*. 3 (311): 60-71.
- Bùi Trinh & Phạm Lê Hoa (2017). So sánh cấu trúc kinh tế và phát thải CO₂ giữa Việt Nam và Trung Quốc. Truy cập từ Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Kinh tế và Kinh doanh. 33(1): 1-11.
- Climate Transparency (2020). Vietnam's Climate Action And Responses To The Covid-19 Crisis. Retrieved from <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/11/Vietnam-CP2020.pdf> on April 17, 2025.
- Cục thống kê Việt Nam. (2023). Niên giám thống kê 2023. Nhà xuất bản Thống kê.
- Dai Y., Zhu J. & Song H. (2015). Using LMDI approach to analyze changes in carbon dioxide emissions of China's logistics industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 8(3): 840-860. doi.org/10.3926/jiem.1443.
- General Statistics Office of Vietnam (n.d.) Gross Domestic Product at Constant 2010 Prices by Economic Sector. Retrieved from <https://www.nso.gov.vn/px-web-2/?pxid=V0306-07&theme=T%C3%A0i%20kho%E1%BA%A3n%20qu%E1%BB%91c%20gia> on April 17, 2025
- General Statistics Office of Vietnam (n.d.) Number of Employed Workers and Structure of Employed Workers in the Economy by Economic Sector. Retrieved from <https://www.nso.gov.vn/px-web2/?pxid=V0242&theme=D%C3%A2n%20s%E1%BB%91%20v%C3%A0%20lao%20C4%91%E1%BB%99n> on April 17, 2025
- Hua F., Alharthi M., Yin W., Saeed M., Ahmad I. & Ali S.A. (2022). Carbon Emissions and Socioeconomic Drivers of Climate Change: Empirical Evidence from the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) Base Model for China. *Sustainability*. 14(4): 2214. doi.org/10.3390/su14042214
- Hue P.T. (2021). Decomposition analysis of factors affecting the energy intensity change for transport service activities in Vietnam. *Journal of Science and Transport Technology*. 1(1): 31-40
- IEA (2023). CO₂ Emissions by Sector, Viet Nam, 1990-2022. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=VIETNAM&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector> on April 19, 2025.
- IEA (2023). Total Final Consumption (TFC) by Sector, Viet Nam, 1990-2022. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=VIETNAM&fuel=Energy%20consumption&indicator=IndustryBySource> on April 19th 2025
- Inah O.I., Abam F.I. & Nwankwojike B.N. (2022). Exploring the CO₂ emissions drivers in the Nigerian manufacturing sector through decomposition analysis and the potential of carbon tax (CAT) policy on CO₂ mitigation. *Future Business Journal*. 8(1): 61. <https://doi.org/10.1186/s43093-022-00176-y>.
- Karakaya E., Bostan A. & Özçağ M. (2019). Decomposition and decoupling analysis of energy-related carbon emissions in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(31): 32080-32091. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06359-5>
- Kaya Y. (1990). Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: Interpretation of proposed scenarios. Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris.
- Khan S. & Majeed M.T. (2019). Decomposition and decoupling analysis of carbon emissions from economic growth: A case study of Pakistan. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*. 13(4): 868-891.
- Kim H., Kim M., Kim H. & Park S. (2020). Decomposition Analysis of CO₂ Emission from Electricity Generation: Comparison of OECD Countries before and after the Financial Crisis. *Energies*. 13(14): 3522. <https://doi.org/10.3390/en13143522>.
- Kim S. (2017). LMDI Decomposition Analysis of Energy Consumption in the Korean Manufacturing Sector. *Sustainability*. 9(2): 202. <https://doi.org/10.3390/su9020202>.
- Koilakou E., Hatzigeorgiou E. & Bitha, K. (2022). Carbon and energy intensity of the USA and Germany. A LMDI decomposition approach and decoupling analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. 30(5): 12412-12427. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22978-x>.
- Koilakou E., Hatzigeorgiou E. & Bithas K. (2024). Social and economic driving forces of recent CO₂ emissions in three major BRICS economies. *Scientific Reports*. 14(1): 8047. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58827-9>.
- Le T.H. (2022). Connectedness between nonrenewable and renewable energy consumption, economic

- growth and CO₂ emission in Vietnam: New evidence from a wavelet analysis. *Renewable Energy*. 195: 442-454. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.083>
- Liu J., Feng T. & Yang X. (2011). The energy requirements and carbon dioxide emissions of tourism industry of Western China: A case of Chengdu city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(6): 2887-2894. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.029>
- Nguyễn Đăng Hiên (2022). Mối quan hệ giữa vốn con người, tiêu thụ năng lượng, phát thải khí CO₂ và tăng trưởng kinh tế ở Việt Nam The relationship between human capital, energy consumption, CO₂ emission and economic growth in Vietnam. *HCMCOUJS-Kỹ yếu*, 17 (1): 59-71.
- Nguyễn Thị Đông (2020). Đóng góp của các ngành công nghiệp vào tăng trưởng năng suất lao động Việt Nam. *Kinh Tế Và Quản Trị Kinh Doanh*, 13(3): 96-106. <https://doi.org/10.46223/HCMCOUJS.econ.vi.13.3.1514.2018>
- Nguyễn Văn Hiếu & Nguyễn Hoàng Nam (2021). Hiện trạng phát thải khí nhà kính tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức. *Vietnam Journal of Hydrometeorology*, 728, 51-66. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021\(728\).51-66](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(728).51-66)
- Parker S. (2022). A decoupling analysis of transport CO₂ emissions from economic growth: Evidence from Vietnam. *International Journal of Sustainable Transportation*. 16(10): 928-941. <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1952661>
- Raihan A. (2023). An econometric evaluation of the effects of economic growth, energy use, and agricultural value added on carbon dioxide emissions in Vietnam. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*. 7(3): 665-696. <https://doi.org/10.1007/s41685-023-00278-7>
- Rüstemoğlu H. (2022). Analysis of the drivers of CO₂ emissions and ecological footprint growth in Australia. *Energy Efficiency*. 15(1): 1. <https://doi.org/10.1007/s12053-021-10014-9>
- Rüstemoğlu H. (2024). Dynamics of total and industrial energy use in Türkiye from 1991 to 2019: A case study. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05135-x>
- Setyawan D. (2020). Energy efficiency in Indonesia's manufacturing industry: A perspective from Log Mean Divisia Index decomposition analysis. *Sustainable Environment Research*. 30(1): 12. <https://doi.org/10.1186/s42834-020-00053-9>
- Shen T., Hu R., Hu P. & Tao Z. (2023). Decoupling between Economic Growth and Carbon Emissions: Based on Four Major Regions in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20(2): 1496. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021496>
- Trần Thị Vân Hoa, Nguyễn Kế Tuấn & Hồ Sỹ Hùng (2024). Bàn về kết quả thực hiện công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước theo các mục tiêu phát triển đến năm 2030, tầm nhìn đến 2045. *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*. tr. 2-11. <https://doi.org/10.33301/JED.VI.1606>
- Wang C., Wang F., Huang G., Wang Y., Zhang X., Ye Y., Lin X. & Zhang Z. (2021). Examining the Dynamics and Determinants of Energy Consumption in China's Megacity Based on Industrial and Residential Perspectives. *Sustainability*. 13(2): 764. <https://doi.org/10.3390/su13020764>
- Wang Q., Wang S. & Li R. (2019). Determinants of Decoupling Economic Output from Carbon Emission in the Transport Sector: A Comparison Study of Four Municipalities in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(19): 3729. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193729>
- Zhao Y., Li H., Zhang Z., Zhang Y., Wang S, & Liu Y. (2017). Decomposition and scenario analysis of CO₂ emissions in China's power industry: Based on LMDI method. *Natural Hazards*. 86(2): 645-668. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2710-5>
- General Statistics Office of Vietnam (n.d.) Number of Employed Workers and Structure of Employed Workers in the Economy by Economic Sector. Retrieved from <https://www.nso.gov.vn/px-web2/?pxid=V0242&theme=D%C3%A2n%20s%E1%BB%91%20v%C3%A0%20lao%20C4%91%E1%BB%99> on April 19, 2025.