

KINH TẾ TUẦN HOÀN VÀ GIẢM PHÁT THẢI CO₂ TẠI CÁC QUỐC GIA CHÂU ÂU: TỪ LÝ LUẬN ĐẾN THỰC TIỄN

Trịnh Hoàng Hồng Huệ^{1*}, Nguyễn Xuân Phương Thủy¹, Trần Mai Chi¹,
Đỗ Quỳnh Gia Hân¹, Phạm Thị Minh Như¹, Nguyễn Khánh Vy¹

Ngày nhận bài: 18/10/2025

Ngày nhận bản sửa: 21/11/2025

Ngày duyệt đăng: 30/12/2025

Tóm tắt. Trước áp lực của biến đổi khí hậu và suy thoái môi trường, việc chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn được xem là hướng đi hiệu quả nhằm cắt giảm phát thải CO₂ và thúc đẩy mục tiêu phát triển bền vững. Nghiên cứu này phân tích tác động của kinh tế tuần hoàn đối với phát thải CO₂ tại 20 quốc gia Châu Âu trong giai đoạn 2013-2022 thông qua dữ liệu bảng và các kỹ thuật phân tích định lượng như Pooled OLS, FEM, REM và GLS. Mô hình nghiên cứu xem xét các yếu tố bao gồm tỷ lệ tái chế rác thải đô thị, tỷ lệ tái chế bao bì, năng lượng tái tạo, dân số, GDP, hạ tầng kỹ thuật số và bất bình đẳng thu nhập. Kết quả cho thấy tỷ lệ tái chế rác thải đô thị và năng lượng tái tạo có tác động ngược chiều đến phát thải CO₂, trong khi tỷ lệ tái chế bao bì, dân số, tăng trưởng kinh tế và hạ tầng số lại có tác động cùng chiều đến lượng phát thải CO₂. Bất bình đẳng thu nhập không có ảnh hưởng đáng kể. Điểm mới của nghiên cứu là việc xây dựng mô hình tổng thể tích hợp các yếu tố trong khung kinh tế tuần hoàn, qua đó đưa ra các hàm ý chính sách có thể tham khảo cho các quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam, với điều kiện cần điều chỉnh phù hợp theo bối cảnh cụ thể, phù hợp với điều kiện thể chế và công nghệ nội tại.

Từ khóa: Kinh tế tuần hoàn; Phát triển bền vững; Phát thải CO₂.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng nghiêm trọng, chuyển đổi sang mô hình phát triển bền vững đã trở thành ưu tiên toàn cầu. Mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống, với nguyên tắc “khai thác - sản xuất - tiêu dùng - thải bỏ”, đang bộc lộ nhiều hạn chế, đặc biệt về sự lãng phí tài nguyên và gia tăng phát thải khí nhà kính. Ngược lại, mô hình kinh tế tuần hoàn, tập trung vào tái sử dụng, tái chế và kéo dài vòng đời sản phẩm, đã nổi lên như một giải pháp hiệu quả nhằm tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường (Galvão và cộng sự, 2018). Mô hình kinh tế tuần hoàn không chỉ giúp giảm thiểu lượng phát thải khí nhà kính mà còn giảm sự phụ thuộc vào nguyên liệu nhập khẩu, điều này càng quan trọng khi nguồn cung toàn cầu ngày càng hạn chế. Theo Eurostat (2024), Châu Âu đang đối mặt với thâm hụt thương mại lên tới 29 tỷ

¹Trường Đại học Kinh tế - Luật, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh,

*Tác giả liên hệ: huethh@uel.edu.vn

Euro do nhập khẩu nguyên liệu. Đây là minh chứng rõ ràng cho nhu cầu chuyển đổi sang nền kinh tế tuần hoàn bền vững. Các nghiên cứu thực nghiệm đã chỉ ra tiềm năng lớn của kinh tế tuần hoàn trong việc giảm phát thải CO₂, ước tính mức cắt giảm có thể đạt từ 50-70% (Kirchherr và cộng sự, 2017). Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu thực nghiệm hiện nay chủ yếu tập trung vào các quốc gia phát triển và chưa làm rõ tác động của từng cấu phần trong nền kinh tế tuần hoàn (Kirchherr và cộng sự, 2017).

Bài báo này tập trung nghiên cứu và phân tích tác động của mô hình kinh tế tuần hoàn đối với việc giảm phát thải CO₂, một vấn đề mang tính cấp thiết trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu hiện nay. Trên nền tảng các lý thuyết kinh tế tuần hoàn (Pearce & Turner, 1990), bài báo không chỉ làm rõ mối quan hệ giữa kinh tế tuần hoàn và giảm phát thải, mà còn phân tích các kinh nghiệm thực tiễn từ các quốc gia châu Âu nhằm rút ra bài học phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Qua đó, nghiên cứu kỳ vọng đóng góp cả về mặt lý thuyết lẫn thực tiễn trong việc xây dựng chính sách phát triển kinh tế xanh và bền vững.

2. Tổng quan nghiên cứu, cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan nghiên cứu

Các nghiên cứu gần đây đã làm rõ mối quan hệ giữa kinh tế tuần hoàn và khả năng giảm phát thải CO₂ tại các quốc gia châu Âu. Nghiên cứu của Hailemariam & Erdiaw-Kwasie (2022) sử dụng dữ liệu từ 29 quốc gia trong giai đoạn 2000-2020, cho thấy tiến trình hướng tới kinh tế tuần hoàn có tác động ngược chiều đến phát thải CO₂. Mối quan hệ này vẫn được duy trì sau các kiểm định độ nhạy và cả khi có tương quan không gian. Pao & Chen (2021) chỉ ra mối quan hệ nhân quả dài hạn giữa các chỉ số kinh tế tuần hoàn như tỷ lệ tái chế, sử dụng vật liệu tuần hoàn và phát thải CO₂ tại 24 quốc gia EU, mặc dù tác động ngắn hạn chưa rõ rệt do kinh tế tuần hoàn vẫn đang ở giai đoạn đầu triển khai. Nghiên cứu của Subramaniam và cộng sự (2025) chỉ ra rằng kinh tế tuần hoàn không chỉ giảm CO₂ mà còn giúp kiểm soát các khí thải khác như NO_x và CH₄. Bằng cách sử dụng mô hình ARDL băng, nghiên cứu này cũng khẳng định vai trò của kinh tế tuần hoàn trong việc giảm phát thải và củng cố Đường cong Kuznets Môi trường trong bối cảnh các quốc gia châu Âu.

Ứng dụng thực tế của kinh tế tuần hoàn đã được chứng minh qua nhiều bối cảnh khác nhau. Nghiên cứu của Sholi và cộng sự (2023) cho thấy phát thải gián tiếp (Scope 3) chiếm tới 98% tổng phát thải khí nhà kính khi đánh giá phát thải tại FIFA World Cup Qatar 2022, trong đó điện năng, hệ thống làm mát và chất thải là những nguồn chính. Việc thiết kế theo hướng tuần hoàn tại các sân vận động đã góp phần giảm đáng kể phát thải, mở ra triển vọng ứng dụng kinh tế tuần hoàn trong các sự kiện quy mô lớn. Ở cấp quốc gia, Herrador và cộng sự (2022) so sánh chính sách kinh tế tuần hoàn giữa Nhật Bản và Hàn Quốc, nhận thấy cả hai quốc gia đều ưu tiên kéo dài vòng đời sản phẩm và tăng cường tái chế như một phần chiến lược trung hòa carbon, mặc dù có sự khác biệt về mức

độ thực thi và nhận thức công chúng. Nghiên cứu của Wang và cộng sự (2024) tại Trung Quốc cho thấy mối quan hệ hỗ trợ giữa kinh tế tuần hoàn và phát thải CO₂, từ đó gợi mở hướng đi mới cho nghiên cứu chính sách và chiến lược phát triển bền vững.

Mặc dù kinh tế tuần hoàn được xem là giải pháp tiềm năng để giảm phát thải CO₂, một số nghiên cứu cảnh báo các rủi ro nếu thiếu chính sách đồng bộ. Eichner và Pethig (2011) chỉ ra nguy cơ “rò rỉ carbon” do dịch chuyển sản xuất; Ploeg và Withagen (2015) nêu “Nghịch lý xanh” khi chính sách dài hạn lại thúc đẩy khai thác tài nguyên ngắn hạn. Các nghiên cứu này nhấn mạnh rằng kinh tế tuần hoàn không thể hoạt động hiệu quả nếu không có một hệ thống chính sách đồng bộ, thận trọng và có tính dự báo dài hạn. Cantzler và cộng sự (2020) thực hiện tổng quan từ hơn 3.000 tài liệu và chỉ ra rằng chỉ có 10% nghiên cứu chứng minh hiệu quả giảm phát thải của kinh tế tuần hoàn, khuyến nghị chuyển từ phân tích quy kết sang phân tích hệ quả để hỗ trợ chính sách hiệu quả hơn.

Tổng quan các nghiên cứu cho thấy tuy kinh tế tuần hoàn có tiềm năng giảm phát thải CO₂ nhưng phần lớn các nghiên cứu hiện nay chỉ phân tích từng yếu tố riêng lẻ như tái chế, năng lượng tái tạo, chi phí CO₂, mà chưa xây dựng một mô hình tổng thể để đánh giá tác động toàn diện. Thêm vào đó, nhiều nghiên cứu thực nghiệm chủ yếu tập trung vào Trung Quốc, trong khi các quốc gia ở châu Âu có mức độ áp dụng kinh tế tuần hoàn cao và chính sách môi trường tiên tiến thì chưa được nghiên cứu đầy đủ, đặc biệt là về mức độ giảm phát thải CO₂ theo ngành. Ngoài ra, còn thiếu các nghiên cứu kết hợp giữa phân tích chính sách và thực tiễn triển khai để có thể rút ra bài học phù hợp với các nước đang phát triển như Việt Nam. Vì vậy, nghiên cứu này xây dựng mô hình tổng thể đánh giá tác động của kinh tế tuần hoàn đến giảm phát thải CO₂ tại các quốc gia Châu Âu và đề xuất các hàm ý chính sách có thể áp dụng trong bối cảnh Việt Nam.

2.2. Cơ sở lý thuyết và phát triển giả thuyết

Nghiên cứu xây dựng khung lý thuyết dựa trên nền tảng của các học thuyết kinh tế và môi trường liên quan đến kinh tế tuần hoàn và phát thải CO₂. Trong đó, Kinh tế tuần hoàn là mô hình phát triển bền vững thay thế cho mô hình tuyến tính truyền thống nhằm duy trì tài nguyên trong nền kinh tế thông qua chia sẻ, tái sử dụng, sửa chữa, tân trang và tái chế. Kinh tế tuần hoàn hướng đến giảm tiêu thụ tài nguyên, giảm chất thải và phát thải, được thiết kế dựa trên ba nguyên tắc: (1) Loại bỏ chất thải và ô nhiễm; (2) Tuần hoàn sản phẩm và vật liệu; (3) Tái tạo tự nhiên. Kinh tế tuần hoàn bao gồm hai hình thức: tuần hoàn ngang (tái sử dụng sau khi kết thúc vòng đời) và tuần hoàn dọc (tái sử dụng trong chuỗi sản xuất) (Ellen MacArthur Foundation, 2019; Bandh và cộng sự, 2023). Phát thải CO₂ là lượng khí thải sinh ra từ quá trình tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch và sản xuất, đo bằng đơn vị CO₂. Việc tính toán phát thải CO₂ dựa trên công thức: Tổng phát thải = Mức độ hoạt động × Hệ số phát thải. Các yếu tố như tiêu thụ năng lượng, tỷ lệ tái chế và sử dụng nguyên liệu tái tạo đều ảnh hưởng đến mức phát thải và thuộc phạm vi nghiên cứu của kinh tế tuần hoàn (Ridhosari & Rahman, 2020).

Trọng tâm của khung lý thuyết là mô hình đánh giá tác động của kinh tế tuần hoàn đến giảm phát thải CO₂ trong bối cảnh các quốc gia phát triển ở châu Âu, thông qua các biến độc lập chính như năng lượng tái tạo, tỷ lệ tái chế rác thải đô thị và bao bì, cùng với các biến kiểm soát bao gồm dân số, tăng trưởng kinh tế, hạ tầng kỹ thuật số và bất bình đẳng thu nhập. Khung lý thuyết này kế thừa các lý thuyết nền như Đường cong Kuznets môi trường (EKC), mô hình STIRPAT và lý thuyết hành vi tiêu dùng bền vững để lý giải cơ chế tác động của các yếu tố trên đến phát thải CO₂. Đồng thời bổ sung khái niệm Nghịch lý xanh nhằm nhận diện các rủi ro tiềm ẩn khi kinh tế tuần hoàn không được triển khai đồng bộ. Dựa trên hệ thống cơ sở lý thuyết, các nghiên cứu thực nghiệm và dữ liệu thứ cấp được thu thập, nghiên cứu đánh giá tác động của mô hình kinh tế tuần hoàn đối với phát thải CO₂ tại khu vực Châu Âu với 7 giả thuyết.

Năng lượng tái tạo đóng vai trò thiết yếu trong việc giảm phát thải CO₂, thúc đẩy phát triển kinh tế bền vững và hướng tới mô hình kinh tế tuần hoàn. Các nghiên cứu gần đây, như của Saidi và Omri (2020), cho thấy mối quan hệ tích cực giữa việc sử dụng năng lượng tái tạo và tăng trưởng kinh tế, đồng thời giảm thiểu tác động môi trường. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu dài hạn để xác định tính bền vững của mối quan hệ này trong một nền kinh tế tuần hoàn, bao gồm các yếu tố như hiệu quả sử dụng tài nguyên và khả năng tái chế sau vòng đời. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₁ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₁: Năng lượng tái tạo có tác động ngược chiều đến phát thải CO₂.

Tái chế rác thải đô thị cũng là một giải pháp quan trọng trong việc giảm phát thải khí nhà kính. Magazzino và cộng sự (2020) đã sử dụng mô hình Đường cong Kuznets Môi trường (EKC) và phương pháp học máy để xác định tác động tích cực của tái chế đối với việc giảm phát thải CO₂. Mặc dù vậy, các phương pháp tái chế truyền thống như đốt rác hoặc chôn lấp có thể phát sinh khí thải độc hại. Ngược lại, các phương pháp tái chế tiên tiến giúp giảm thiểu khí thải và thúc đẩy phát triển bền vững. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₂ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₂: Tỷ lệ tái chế rác thải đô thị có tác động ngược chiều đến phát thải CO₂.

Tương tự, việc tái chế rác thải bao bì, đặc biệt là bao bì nhựa, được chứng minh là có tác động tích cực trong việc cắt giảm lượng phát thải khí nhà kính (Liu và cộng sự, 2018). Các phương pháp tái chế hiện đại, như tái chế hóa học và sử dụng công nghệ tái chế tiên tiến, giúp giảm thiểu phát thải và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên. Tuy nhiên, việc tái chế rác bao bì cần được thực hiện hợp lý để tối đa hóa tác động giảm phát thải CO₂. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₃ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₃: Tỷ lệ tái chế rác thải bao bì tác động ngược chiều đến phát thải CO₂.

Mối quan hệ giữa dân số và phát thải CO₂ là vấn đề phức tạp, ảnh hưởng đến các quốc gia khác nhau theo nhiều cách. Nghiên cứu của Shi (2001) và O'Neill và cộng sự (2012) cho thấy rằng dân số đóng vai trò quan trọng trong việc xác định mức độ phát thải

CO₂. Tuy nhiên, mối quan hệ này không phải lúc nào cũng tuyến tính, và nó có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như tiêu thụ năng lượng, giao thông và đô thị hóa. Đặc biệt, việc áp dụng các thực hành kinh tế tuần hoàn có thể giúp giảm thiểu tác động của dân số đối với phát thải CO₂. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₄ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₄: Dân số tác động cùng chiều đến phát thải CO₂.

Mối liên hệ giữa phát triển kinh tế và phát thải CO₂ vẫn còn nhiều tranh luận. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng tăng trưởng kinh tế có thể dẫn đến gia tăng phát thải CO₂, trong khi các quốc gia phát triển có khả năng giảm thiểu tác động này nhờ công nghệ và các biện pháp bảo vệ môi trường. Một số nghiên cứu khác, như của Narayan và cộng sự (2016), cho rằng các quốc gia phát triển có thể tách biệt được mối quan hệ giữa GDP và phát thải CO₂. Điều này mở ra cơ hội cho các quốc gia áp dụng các nguyên tắc của kinh tế tuần hoàn để giảm thiểu phát thải. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₅ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₅: Phát triển kinh tế tác động ngược chiều đến phát thải CO₂.

Cơ sở hạ tầng kỹ thuật số, đặc biệt là đầu tư vào công nghệ thông tin, cũng có ảnh hưởng đến phát thải CO₂. Nghiên cứu của Liang và cộng sự (2024) về tác động của đầu tư cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin đối với phát thải CO₂ ở Trung Quốc chỉ ra rằng sự phát triển của hạ tầng kỹ thuật số có thể có ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ phát thải. Sự gia tăng đầu tư vào công nghệ xanh và các công nghệ giảm thiểu carbon có thể giúp các quốc gia giảm lượng khí thải, đồng thời thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₆ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₆: Mức độ phát triển hạ tầng kỹ thuật số tác động ngược chiều đến phát thải CO₂.

Cuối cùng, bất bình đẳng thu nhập được xác định là một yếu tố có thể làm gia tăng phát thải CO₂, đặc biệt trong bối cảnh các nền kinh tế có thu nhập trung bình cao và cao. Sự bất bình đẳng này thúc đẩy tiêu dùng xa xỉ, gia tăng lượng phát thải từ các nhóm thu nhập cao (Hailemariam và cộng sự, 2019; Grunewald và cộng sự, 2017). Điều này cho thấy bất bình đẳng thu nhập có thể là yếu tố thúc đẩy tiêu dùng không bền vững, từ đó làm gia tăng phát thải khí nhà kính. Do đó, giả thuyết nghiên cứu H₇ đề xuất như sau:

Giả thuyết H₇: Bất bình đẳng thu nhập tác động cùng chiều đến phát thải CO₂.

Các yếu tố như năng lượng tái tạo, tái chế rác thải, dân số, phát triển kinh tế, và hạ tầng kỹ thuật số đều có ảnh hưởng lớn đến phát thải CO₂. Trong bối cảnh nền kinh tế tuần hoàn, việc tối ưu hóa các yếu tố này có thể giảm thiểu tác động của hoạt động kinh tế đối với môi trường. Các giả thuyết nghiên cứu trên sẽ cung cấp cơ sở cho việc xây dựng các chính sách môi trường bền vững và giảm phát thải CO₂ trong tương lai. Khung phân tích này giúp hệ thống hóa mối quan hệ giữa kinh tế tuần hoàn và môi trường trong một mô hình toàn diện, từ đó hỗ trợ đánh giá định lượng hiệu quả của các chính sách kinh tế tuần hoàn trong việc giảm phát thải CO₂ tại châu Âu và rút ra hàm ý chính sách phù hợp với bối cảnh Việt Nam.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1 Mô hình nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tiếp cận định lượng nhằm đánh giá tác động của kinh tế tuần hoàn đến lượng phát thải CO₂ tại các quốc gia châu Âu. Mô hình hồi quy dữ liệu bảng được xây dựng như sau:

$$\ln\text{CO}_2\text{emis}_{i,t} = \alpha + \beta_1 * (\text{renewable_energy}_{i,t}) + \beta_2 * (\text{waste_rec_muni}_{i,t}) + \beta_3 * (\text{waste_rec_pack}_{i,t}) + \beta_4 * (\ln\text{population}_{i,t}) + \beta_5 * (\ln\text{gdpus}_{i,t}) + \sum_j \gamma_j \text{Biến kiểm soát} + \varepsilon_{i,t}$$

Trong đó:

Biến phụ thuộc là *lượng phát thải CO₂ hằng năm* ($\ln\text{CO}_2\text{emis}$), đo bằng tấn, phản ánh tác động của các hoạt động sản xuất, tiêu dùng và sử dụng năng lượng đến môi trường.

Các biến độc lập gồm:

- Tỷ lệ năng lượng tái tạo (renewable_energy), đo bằng %, thể hiện mức độ chuyển đổi năng lượng theo hướng bền vững, góp phần giảm phát thải CO₂.

- Tỷ lệ tái chế rác thải đô thị (waste_rec_muni), đo bằng %, phản ánh hiệu quả quản lý rác sinh hoạt và mức độ tiêu dùng bền vững.

- Tỷ lệ tái chế rác thải bao bì (waste_rec_pack), đo bằng %, phản ánh hiệu quả của các chính sách và sáng kiến kinh tế tuần hoàn, bao gồm mở rộng trách nhiệm nhà sản xuất (EPR).

- Dân số ($\ln\text{population}$), đo bằng số người, phản ánh quy mô dân cư ảnh hưởng đến nhu cầu năng lượng và mức độ phát thải CO₂.

- GDP ($\ln\text{gdpus}$), đo bằng USD, thể hiện trình độ phát triển kinh tế của quốc gia. Theo giả thuyết Kuznets về môi trường, mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và phát thải CO₂ có thể mang tính phi tuyến.

Các biến kiểm soát:

- Hạ tầng kỹ thuật số ($\ln\text{secintserv}$), đo bằng số lượng máy chủ trên một triệu dân, thể hiện mức độ số hóa hạ tầng, có thể ảnh hưởng đến phát thải thông qua cải thiện hiệu quả quản lý và chuyển đổi số.

- Bất bình đẳng thu nhập ($\ln\text{gini}$), đo bằng chỉ số GINI (%), phản ánh mức độ chênh lệch thu nhập trong xã hội. Bất bình đẳng cao có thể làm giảm hiệu quả triển khai các chính sách môi trường.

3.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ các nguồn thứ cấp đáng tin cậy như *Eurostat*, *World Bank* và các báo cáo kinh tế tuần hoàn tại châu Âu. Dữ liệu dạng bảng bao gồm 20 quốc gia châu Âu trong giai đoạn 2013-2022. Nghiên cứu chọn khu vực Châu Âu và giai đoạn 2013-2022 vì đây là vùng tiên phong triển khai mô hình kinh tế tuần hoàn với nhiều chính sách quan trọng như Thỏa thuận Paris năm 2015 và Kế hoạch Hành động Kinh tế Tuần hoàn EU năm 2020. Châu Âu có hệ thống dữ liệu đáng tin cậy,

thuận lợi cho phân tích liên tục trong 10 năm, phản ánh xu hướng chuyển đổi từ thử nghiệm sang thực tiễn.

3.3 Phương pháp xử lý số liệu

Nghiên cứu sử dụng các phương pháp hồi quy phổ biến trong phân tích dữ liệu bảng, bao gồm: Pooled OLS, Fixed Effects Model (FEM) và Random Effects Model (REM). Việc lựa chọn mô hình ước lượng phù hợp được thực hiện thông qua kiểm định Hausman. Đồng thời, một số kiểm định thống kê khác cũng được thực hiện để đảm bảo độ tin cậy của mô hình, gồm kiểm định Breusch-Pagan; kiểm định Wooldridge; kiểm định đa cộng tuyến (VIF). Trong trường hợp phát hiện các vấn đề vi phạm giả định hồi quy cổ điển, nghiên cứu sẽ áp dụng phương pháp Generalized Least Squares (GLS) hoặc sử dụng sai số chuẩn hiệu chỉnh (robust standard errors) để đảm bảo kết quả phân tích chính xác và tin cậy.

4. Kết quả và Thảo luận

4.1. Thống kê mô tả

Bảng 1 thống kê mô tả các biến quan sát đo lường các nhân tố của mô hình nghiên cứu. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu của 20 quốc gia châu Âu trong giai đoạn 2013-2022, với tổng cộng 200 quan sát. Các biến chính được xem xét bao gồm lượng phát thải CO₂ hằng năm (lnCO₂_emis), tỷ lệ tái chế rác thải đô thị (waste_rec_muni), tỷ lệ tái chế rác thải bao bì (waste_rec_pack), tỷ lệ năng lượng tái tạo trong tổng tiêu thụ năng lượng (renewable_energy), dân số (lnpopulation), GDP (lngdpus), mức độ phát triển hạ tầng kỹ thuật số (Insecintserv) và chỉ số bất bình đẳng thu nhập (lngini).

Bảng 1. Thống kê mô tả các biến

Tên biến	Số quan sát	Giá trị trung bình	Giá trị độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Nguồn
lnCO ₂ _emis	200	18,06479	1,282474	15,02165	20,53903	Eurostat
waste_rec_muni	200	39,8917	13,89171	11,1	70,3	Eurostat
waste_rec_pack	200	64,597	9,224786	41	85,3	Eurostat
renewable_energy	200	35,72923	17,99951	12,548	89	Eurostat
lnpopulation	200	16,11694	1,429591	12,68777	18,24392	Eurostat
lngdpus	200	28,86455	5,688734	23,52663	42,6993	World Bank
Insecintserv	200	17,82354	5,014057	7,753623	23,00071	World Bank
lngini	200	3,427513	0,107638	3,025291	3,610918	World Bank

Nguồn: Nhóm nghiên cứu tổng hợp

Dữ liệu được logarit hóa cho thấy sự khác biệt rõ rệt về các chỉ số giữa các quốc gia châu Âu. Biến phát thải CO₂ hàng năm có giá trị trung bình là 18,06479; với Đức đạt mức cao nhất (20,53903) vào năm 2013, và Iceland mức thấp nhất (15,02165) vào năm 2020, phản ánh sự khác biệt trong mức độ công nghiệp hóa và sử dụng năng lượng tái tạo. Tỷ lệ tái chế rác thải đô thị có giá trị trung bình là 39,8917%, với Đức năm 2020 dẫn đầu (70,3%) và Romania năm 2018 thấp nhất (11,1%), chỉ ra sự khác biệt trong hệ thống quản lý chất thải. Tỷ lệ tái chế bao bì có giá trị trung bình 64,597%, với Bỉ năm 2018 đạt cao nhất (85,3%) và Romania năm 2022 thấp nhất (41%), phản ánh sự phát triển khác nhau về hạ tầng tái chế.

Tỷ lệ năng lượng tái tạo có giá trị trung bình là 35,72923%, với Luxembourg năm 2018 đạt cao nhất (89%) và Hungary năm 2018 thấp nhất (12,548%), cho thấy sự khác biệt trong chính sách năng lượng. Dân số có giá trị trung bình 16,11694, với Đức năm 2022 có dân số cao nhất (18,24392) và Iceland năm 2013 thấp nhất (12,68777), phản ánh sự khác biệt về quy mô dân số. GDP có giá trị trung bình 28,86455, với Đan Mạch năm 2021 cao nhất (42,6993) và Iceland năm 2013 thấp nhất (23,52663), với Đan Mạch có GDP cao nhờ chính sách thu hút đầu tư. Mức độ phát triển hạ tầng kỹ thuật số có giá trị trung bình 17,82354%, với Estonia năm 2021 cao nhất (23,00071) và Hy Lạp năm 2013 thấp nhất (7,753623), phản ánh sự khác biệt về hạ tầng kỹ thuật số.

Cuối cùng, hệ số GINI (Ingni) có giá trị trung bình 3,427513, với Romania năm 2022 có hệ số cao nhất (3,610918) và Iceland năm 2022 thấp nhất (3,025291), cho thấy sự khác biệt trong mức độ bất bình đẳng thu nhập giữa các quốc gia.

4.2. Kết quả tác động của kinh tế tuần hoàn đến việc giảm phát thải CO₂

Trước khi ước lượng, nghiên cứu kiểm tra đa cộng tuyến bằng hệ số tương quan và hệ số phóng đại phương sai (VIF), để xử lý lo ngại về khả năng đa cộng tuyến giữa các biến trong mô hình đặc biệt giữa các biến kiểm soát như dân số, GDP và các biến chính như tỷ lệ tái chế, năng lượng tái tạo; từ đó nghiên cứu đã thực hiện kiểm định đa cộng tuyến bằng chỉ số VIF. Kết quả cho thấy VIF của tất cả các biến đều nhỏ hơn 5, cụ thể: $renewable_energy = 2,14$; $waste_rec_muni = 1,87$; $waste_rec_pack = 1,92$; $lnpopulation = 2,61$; $lngdpus = 2,75$; $lnsecintserv = 2,03$; $lnigni = 1,45$; cho thấy không có hiện tượng đa cộng tuyến nghiêm trọng.

Ngoài ra, để tăng tính tin cậy, nhóm nghiên cứu đã thử nghiệm ước lượng mô hình với các cấu hình biến khác nhau bao gồm loại từng biến kiểm soát một cách luân phiên và kết quả vẫn giữ được xu hướng ổn định về dấu và ý nghĩa thống kê. Điều này cho thấy mô hình có khả năng tách biệt tương đối tốt giữa tác động của các biến chính thuộc kinh tế tuần hoàn và phần còn lại.

Tiếp theo, nghiên cứu tiến hành ước lượng mô hình theo ba phương pháp: Pooled OLS, FEM, và REM. Các kiểm định F-Test, Breusch-Pagan, và Hausman được sử dụng để lựa chọn mô hình phù hợp nhất. Kết quả kiểm định cho thấy mô hình FEM là phù hợp

hơn REM và Pooled OLS (Prob > $\chi^2 = 0,0000$). Tuy nhiên, kiểm định phương sai thay đổi (Modified Wald test) và tự tương quan (Wooldridge test) lần lượt cho kết quả $p < 0,01$, chỉ ra sự tồn tại của các khuyết tật trong mô hình. Để khắc phục các vấn đề này và đảm bảo độ tin cậy trong ước lượng, nghiên cứu sử dụng phương pháp GLS cho phép hiệu chỉnh hiện tượng phương sai thay đổi và tự tương quan trong dữ liệu bảng.

Kết quả mô hình ước lượng GLS: $lnCO_2_emis = 14,2272 - 0,0057841 * renewable_energy - 0,006155 * waste_rec_muni + 0,0115059 * waste_rec_pack + 0,0000000367 * lnpopulation + 0,0452461 * lngdpus + 0,0694815 * Insecintserv + 0,0084355 * lngini$

Bảng 2. Bảng tổng hợp kết quả mô hình

Inco2_emis	Coef.	t	P> t
waste_rec_muni	-0,006155	-2,07	0,039
waste_rec_pack	0,0115059	3,71	0,000
renewable_energy	-0,0057841	-3,47	0,001
lnpopulation	0,0000000367	24,61	0,000
lngdpus	0,0452461	5,86	0,000
Insecintserv	0,0694815	8,95	0,000
lngini	0,0084355	0,71	0,476
_cons	14,2272	24,32	0,000

Nguồn: Nhóm nghiên cứu tính toán

Kết quả nghiên cứu cho thấy một số yếu tố trong mô hình kinh tế tuần hoàn và kinh tế - xã hội có ảnh hưởng đáng kể đến phát thải CO₂, góp phần làm rõ vai trò của từng yếu tố trong bối cảnh các quốc gia châu Âu.

Tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo và tỷ lệ tái chế rác thải đô thị đều có tác động ngược chiều đến phát thải CO₂, với ý nghĩa thống kê ở mức 5%. Khi tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo tăng 1% với các yếu tố khác không đổi, lượng khí thải CO₂ giảm 0,5784%. Điều này củng cố các nghiên cứu trước như Saidi & Omri (2020) và Doğan và cộng sự (2020) cho thấy việc thúc đẩy năng lượng tái tạo và tái chế rác thải đô thị là những giải pháp khả thi trong việc giảm phát thải. Tương tự, khi tỷ lệ tái chế rác thải đô thị tăng 1%, lượng khí thải CO₂ giảm 0,6155%, phản ánh rằng việc tái chế rác thải đô thị giúp giảm phát thải khí nhà kính, phù hợp với các nghiên cứu của Magazzino và cộng sự (2020). Tuy nhiên, mức độ tác động vẫn còn tương đối khiêm tốn, cho thấy tỷ lệ năng lượng tái tạo và hiệu suất tái chế hiện tại chưa đủ để tạo ra tác động chuyển đổi mạnh mẽ.

Ngược lại, tỷ lệ tái chế bao bì lại có tác động cùng chiều đến lượng phát thải CO₂; khi tỷ lệ tái chế bao bì tăng 1% với các yếu tố khác không đổi, lượng khí thải CO₂ tăng 1,1506%. Kết quả này dù trái ngược với kỳ vọng lý thuyết nhưng lại phù hợp với những lo ngại thực tiễn được chỉ ra bởi Liu và cộng sự (2018) cho rằng một số quy trình tái chế tiêu tốn nhiều năng lượng, đặc biệt trong giai đoạn phân loại và xử lý bao bì phức hợp. Điều này đặt ra yêu cầu cần cải thiện công nghệ và tối ưu hóa quy trình tái chế để tránh tạo ra “phát thải ẩn” trong quá trình xử lý chất thải.

Mặc dù các biến kiểm soát như dân số, GDP và hạ tầng số có thể đồng biến với các yếu tố kinh tế tuần hoàn, chẳng hạn các nước có GDP cao thường có tỷ lệ tái chế hoặc năng lượng tái tạo cao hơn nhưng việc bổ sung các biến này nhằm kiểm soát sự sai lệch và giúp mô hình phản ánh tác động thực của từng yếu tố. Nhờ kiểm định VIF và ước lượng độ nhạy mô hình, nghiên cứu đã kiểm soát được nguy cơ đa cộng tuyến, đảm bảo kết quả có giá trị thống kê và ý nghĩa thực tiễn.

Bên cạnh đó, các yếu tố dân số, tăng trưởng GDP và mức độ phát triển hạ tầng kỹ thuật số đều có tác động cùng chiều và có ý nghĩa thống kê. Kết quả cho thấy dân số tăng làm tăng nhu cầu tiêu dùng và năng lượng, còn tăng trưởng GDP vẫn gắn chặt với các ngành có cường độ carbon cao. Điều này phản ánh các nền kinh tế của các nước châu Âu có thể chưa đạt đầy đủ hiệu ứng giảm phát thải theo EKC (Grossman & Krueger, 1995). Phát triển hạ tầng kỹ thuật số, trong giai đoạn đầu, cũng góp phần làm gia tăng phát thải do tiêu thụ điện năng từ trung tâm dữ liệu và thiết bị. Tuy nhiên, nếu được định hướng đúng, số hóa có thể trở thành công cụ quan trọng hỗ trợ tối ưu hóa năng lượng trong dài hạn.

Đáng chú ý, biến bất bình đẳng thu nhập (GINI) tuy có dấu hiệu tác động cùng chiều nhưng không có ý nghĩa thống kê. Điều này phù hợp với các phát hiện hỗn hợp trong tài liệu trước đó (Hailemariam và cộng sự, 2019; Grunewald và cộng sự, 2017), cho thấy mối quan hệ giữa bất bình đẳng và phát thải còn phụ thuộc vào đặc điểm thể chế và cấu trúc tiêu dùng của từng nền kinh tế.

Về phương pháp, mô hình FEM sau khi được điều chỉnh bằng GLS cho kết quả ổn định, với các biến độc lập giải thích hợp lý biến động của CO₂. Điều này cho phép khẳng định rằng mô hình kinh tế tuần hoàn, khi được thực thi đúng cách, có thể là công cụ hữu hiệu trong việc kiểm soát phát thải khí nhà kính.

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu không chỉ xác nhận mối liên hệ lý thuyết giữa kinh tế tuần hoàn và giảm phát thải CO₂ mà còn làm nổi bật những bất cập trong quá trình triển khai thực tiễn, đặc biệt liên quan đến hiệu quả tái chế và chuyển đổi số. Nghiên cứu này mở rộng góc nhìn thực chứng bằng cách phân tích đồng thời nhiều yếu tố cấu thành nền kinh tế tuần hoàn trong một khung mô hình toàn diện, thay vì chỉ tập trung vào các yếu tố đơn lẻ như phân lớn các nghiên cứu trước. Qua đó, nghiên cứu góp phần định hướng rõ ràng hơn cho thiết kế chính sách kinh tế tuần hoàn tại châu Âu nói riêng và các quốc

gia đang phát triển như Việt Nam nói chung. Các phát hiện này đồng thời nhấn mạnh vai trò của đổi mới công nghệ trong lĩnh vực tái chế, thúc đẩy năng lượng tái tạo, và chuyển đổi số bền vững nhằm đạt được các mục tiêu phát thải thấp hơn. Đối với bối cảnh Việt Nam, nghiên cứu hàm ý rằng các chính sách kinh tế tuần hoàn cần được thiết kế dựa trên đặc thù ngành và kết hợp với các tiêu chuẩn công nghệ xanh, đầu tư vào hạ tầng tái tạo và kiểm soát phát thải trong toàn bộ chuỗi sản xuất tương thích với mô hình phát triển bền vững và tăng trưởng xanh.

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Chuyển đổi sang mô hình kinh tế tuần hoàn đang trở thành chiến lược chủ yếu tại nhiều quốc gia châu Âu nhằm đạt mục tiêu tăng trưởng kinh tế bền vững và giảm phát thải CO₂. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu từ 20 quốc gia châu Âu trong giai đoạn 2013-2022 và cho thấy tỷ lệ năng lượng tái tạo và tỷ lệ tái chế chất thải đô thị có ảnh hưởng tiêu cực, làm giảm phát thải CO₂. Tuy nhiên, các yếu tố như tăng trưởng dân số, GDP và phát triển hạ tầng kỹ thuật số lại có xu hướng làm gia tăng phát thải, tạo ra thách thức trong quá trình thực hiện mục tiêu xanh. Ngoài ra, một số hoạt động tái chế bao bì có thể tăng phát thải nếu không được tối ưu hóa về công nghệ.

Nghiên cứu cũng đưa ra các đề xuất chính sách, bao gồm việc hiện đại hóa công nghệ tái chế, đầu tư vào các công nghệ tái chế hóa học và enzyme, và phát triển hệ thống quản lý chất thải đô thị thông minh, bền vững. Chính phủ có thể thúc đẩy vai trò của khu vực tư nhân qua các ưu đãi thuế, tín dụng xanh và hỗ trợ kỹ thuật. Việc kiểm soát sự gia tăng dân số và hướng tiêu dùng bền vững cũng cần được chú trọng. Đồng thời, cần khuyến khích các chính sách tài khóa và môi trường để thúc đẩy tăng trưởng GDP và giảm phát thải CO₂. Phát triển hạ tầng kỹ thuật số bền vững cũng là một ưu tiên, với mục tiêu giảm thiểu tiêu thụ điện năng trong ngắn hạn và tối ưu hóa sử dụng năng lượng trong các lĩnh vực như giao thông và công nghiệp. Mặc dù nghiên cứu không tìm thấy mối liên hệ rõ ràng giữa bất bình đẳng thu nhập và phát thải CO₂, nhưng công bằng xã hội vẫn cần được xem xét trong việc thiết kế chính sách môi trường, nhằm giảm bất bình đẳng và nâng cao nhận thức tiêu dùng bền vững. Cuối cùng, nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc nâng cao nhận thức cộng đồng về tiêu dùng bền vững, thông qua các chương trình giáo dục và truyền thông trên các nền tảng số. Các chính sách này không chỉ hỗ trợ các quốc gia phát triển mà còn có thể áp dụng cho các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, cần điều chỉnh theo điều kiện cụ thể.

Mặc dù Việt Nam và các quốc gia Châu Âu có sự khác biệt về dân số, mức độ phát triển kinh tế và phân hóa giàu nghèo, nghiên cứu vẫn có thể rút ra hàm ý chính sách tham khảo nhờ dựa trên các nguyên lý chung của kinh tế tuần hoàn và phát thải CO₂. Các bài học từ Châu Âu được điều chỉnh phù hợp với bối cảnh thể chế, công nghệ và điều kiện phát triển riêng của Việt Nam, giúp xây dựng chiến lược phát triển kinh tế xanh và bền vững hiệu quả hơn.

Nghiên cứu đã cung cấp nhiều bằng chứng thực nghiệm nhưng vẫn còn tồn tại một số giới hạn như phạm vi dữ liệu chỉ bao gồm các quốc gia châu Âu và chưa thể đánh giá mối quan hệ nhân quả dài hạn. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng thêm phạm vi khu vực và tích hợp các yếu tố như đổi mới công nghệ, đầu tư xanh, và hành vi tiêu dùng bền vững, nhằm nâng cao hiệu quả chính sách và ứng dụng trong bối cảnh toàn cầu hóa và biến đổi khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bandh, S. A., Malla, F. A., Wani, S. A., & Hoang, A. T. (2023). *Waste management and circular economy*. In *Waste Management in the Circular Economy* (pp. 1–17). Springer.
- Cantzler, J., Creutzig, F., Ayargarnchanakul, E., Javaid, A., Wong, L., & Haas, W. (2020). Saving resources and the climate? A systematic review of the circular economy and its mitigation potential. *Environmental Research Letters*, 15(12), 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbeb7>
- Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre Lorente, D., & Shahzad, U. (2020). The mitigating effects of economic complexity and renewable energy on carbon emissions in developed countries. *Sustainable Development*, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.1002/sd.2125>
- Eichner, T., & Pethig, R. (2011). Carbon leakage, the green paradox, and perfect future markets. *International Economic Review*, 52(3), 767–805. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2011.00649.x>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *The circular economy in detail*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-in-detail-deep-dive>
- Eurostat. (2024). *EU economy greenhouse gas emissions: -4.0% in Q4 2023*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240515-1>
- Galvão, G. D. A., de Nadae, J., Clemente, D. H., Chinen, G., & de Carvalho, M. M. (2018). Circular economy: Overview of barriers. *Procedia CIRP*, 73, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.011>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Grunewald, N., Klasen, S., Martínez-Zarzoso, I., & Muris, C. (2017). The trade-off between income inequality and carbon dioxide emissions. *Ecological Economics*, 142, 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.034>
- Hailemariam, A., Dzhumashev, R., & Shahbaz, M. (2019). Carbon emissions, income inequality and economic development. *Empirical Economics*. <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01664-x>
- Hailemariam, A., & Erdiaw-Kwasie, M. O. (2022). Towards a circular economy: Implications for emission reduction and environmental sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 32(4). <https://doi.org/10.1002/bse.3229>

- Herrador, A., de Jong, W., Nasu, K., & Granrath, L. (2022). Circular economy and zero-carbon strategies between Japan and South Korea: A comparative study. *Science of The Total Environment*, 820, 153274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153274>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Liang, D., Liu, J., Liu, M., & Sun, J. (2024). Does information infrastructure and technological infrastructure reduce carbon dioxide emissions in the context of sustainable development? Examining spatial spillover effect. *Sustainable Development*, 32(3), 1599–1615. <https://doi.org/10.1002/sd.2737>
- Liu, Z., Adams, M., Cote, R. P., Chen, Q., Wu, R., Wen, Z., & Dong, L. (2018). How does circular economy respond to greenhouse gas emissions reduction: An analysis of Chinese plastic recycling industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1162–1169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.038>
- Magazzino, C., Mele, M., & Schneider, N. (2020). The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland. *Waste Management*, 113, 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.033>
- Narayan, P. K., Saboori, B., & Soleymani, A. (2016). Economic growth and carbon emissions. *Economic Modelling*, 53, 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.027>
- Pao, H.-T., & Chen, C.-C. (2021). The dynamic interaction between circular economy and the environment: Evidence on EU countries. *Waste Management & Research*, 40(7), 969–979. <https://doi.org/10.1177/0734242x2111057015>
- O’Neill, B. C., Liddle, B., Jiang, L., Smith, K. R., Pachauri, S., Dalton, M. G., & Fuchs, R. (2012). Demographic change and carbon dioxide emissions. *The Lancet*, 380(9837), 157–164. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61083-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61083-5)
- Pearce, D., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Ridhosari, B., & Rahman, A. (2020). Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119172. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119172>
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). Reducing CO₂ emissions in OECD countries: Do renewable and nuclear energy matter? *Progress in Nuclear Energy*, 126, 103425. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103425>
- Shi, A. (2001, June). *Population growth and global carbon dioxide emissions* [Paper presentation]. IUSSP Conference, Brazil.

Sholi, H., Wakjira, T., Kutty, A. A., Habib, S., Alfadhli, M., Bajeela, A., Kucukvar, M., Onat, N., & Kim, D. (2023). How circular economy can reduce scope 3 carbon footprints: Lessons learned from FIFA World Cup Qatar 2022. *Circular Economy*, 2, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2023.100026>

Subramaniam, Y., Mohamad, N. M., Loseby, D. L., et al. (2025). Does circular economy mitigate environmental emissions among European Union (EU) countries? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 30, Article 18. <https://doi.org/10.1007/s11027-025-10207-y>

Van der Ploeg, F., & Withagen, C. (2015). Global warming and the green paradox: A review of adverse effects of climate policies. *Review of Environmental Economics and Policy*, 9(2), 285–303. <https://doi.org/10.1093/reep/rev008>

Wang, N., Bai, Y., Guo, Z., Fan, Y., & Meng, F. (2024). Synergies between the circular economy and carbon emission reduction. *Science of the Total Environment*, 951, 175603. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175603>

CIRCULAR ECONOMY AND CO₂ EMISSIONS REDUCTION IN EUROPEAN COUNTRIES: FROM THEORY TO PRACTICE

Trịnh Hoàng Hồng Huệ, Nguyễn Xuân Phương Thủy, Trần Mai Chi, Đỗ Quỳnh Gia Han, Phạm Thị Minh Nhu, Nguyễn Khanh Vy

Abstract. Facing the challenges of climate change and environmental degradation, the transition to a circular economy model is considered an effective approach to reducing CO₂ emissions and advancing sustainable development goals. This study analyzes the impact of the circular economy on CO₂ emissions in 20 European countries during the period 2013-2022 using panel data and quantitative analytical techniques such as Pooled OLS, FEM, REM, and GLS. The research model examines factors including recycling rates, renewable energy, population, GDP, digital infrastructure, and income inequality. The results show that municipal waste recycling rates and renewable energy have negative impacts on CO₂ emissions, while packaging recycling rates, population, economic growth, and digital infrastructure have positive impacts on CO₂ emissions. Income inequality has no significant effect. A key contribution of this study is the development of a comprehensive model integrating various factors within the framework of the circular economy, thereby providing policy implications that can be referenced by developing countries, including Vietnam, with the condition that adjustments should be made to suit specific contexts, institutional conditions, and domestic technological capabilities.

Keywords: Circular Economy-CE; Sustainable Development; CO₂ Emissions.