



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625

Research Article / Araştırma Makalesi



Measuring the Circular Economy Performance of EU Countries in the Context of Competitiveness and Innovation, and Global Sustainability and Resilience Using CRITIC and TOPSIS Methods

Rekabetçilik ve Yenilikçilik ile Küresel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Temaları Bağlamında AB Ülkelerinin Döngüsel Ekonomi Performansının CRITIC ve TOPSIS Yöntemleri ile Ölçülmesi

Abdulkaki Pınar*

Abstract: Emerging as an alternative to the traditional economy, the circular economy is an economic model that aims to keep resources within the economy as much as possible and minimize potential waste and risks. This study measures the circular economy performance of 27 European Union countries for the period 2020-2023 using the CRITIC and TOPSIS methods. The study includes indicators related to private investments and gross added value in circular economy sectors, employees in circular economy sectors, recycling and secondary raw materials, consumption footprint, greenhouse gas emissions from production activities, and material import dependency, all under the main themes of competitiveness and innovation, and global sustainability and resilience. The study presents theoretical information on the subject, the trends of the indicators analyzed in EU countries, and literature examples. Following this, the CRITIC method was used to calculate weighting coefficients expressing the degree to which these indicators affect the circular economy performance of the countries. The application of the CRITIC methodology revealed that private investments in circular economy sectors in EU countries during the 2020-2023 period were the indicators that most significantly influenced the countries' circular economy performance. Finally, using the TOPSIS methodology, the circular economy performance of countries was measured and ranked according to the indicators included in the analysis. In this context, Austria demonstrated the most successful circular economy performance in 2020 and 2021, while Estonia achieved the same in 2022 and 2023.

Keywords: Circular Economy, European Union, CRITIC Method, TOPSIS Method, Performance

Öz: Geleneksel ekonomiye alternatif olarak gündeme gelen döngüsel ekonomi, kaynakları olabildiğince ekonomi içerisinde tutan, oluşabilecek israf ve riskleri minimize etmeyi amaçlayan bir ekonomik modeldir. Bu çalışmada 27 Avrupa Birliği ülkesinin 2020 - 2023 yıllarını kapsayan dönem için CRITIC ve TOPSIS yöntemleri ile döngüsel ekonomi performansları ölçülmüştür. Çalışma kapsamında rekabetçilik ve yenilikçilik ve küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ana temaları altında yer alan, döngüsel ekonomi sektörleri ile ilgili özel yatırımlar ve brüt katma değer, döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar, geri dönüşüm ve ikincil

* Lecturer Dr., Karamanoğlu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences
Öğr. Gör. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6224-1748>
apinar@kmu.edu.tr

Cite as/ Atıf: Pınar, A. (2026). Measuring the circular economy performance of EU countries in the context of competitiveness and innovation, and global sustainability and resilience using CRITIC and TOPSIS methods / Rekabetçilik ve yenilikçilik ile küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık temaları bağlamında AB ülkelerinin döngüsel ekonomi performansının CRITIC ve TOPSIS yöntemleri ile ölçülmesi. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 21(3), 5659-5719. Ankara Bilim University Publications. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.89778>

Received/Geliş: 12 February/Şubat 2026

Accepted/Kabul: 15 September/Eylül 2026

Published/Yayın: 25 September/Eylül 2026

Checked by plagiarism software



hammadeler, tüketim ayak izi, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları ve malzeme ithalat bağımlılığı göstergeleri analize dahil edilmiştir. Çalışma kapsamında konuya ilişkin teorik bilgiler, analize konu edilen göstergelerin AB ülkelerindeki seyirleri ve literatür örnekleri verildikten sonra CRITIC yöntem ile bu göstergelerin, ülkelerin döngüsel ekonomi performanslarını etkileme derecelerini ifade eden ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. CRITIC yöntem uygulaması sonucunda 2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönemde AB ülkelerinde döngüsel ekonomi sektörleri ile ilgili özel yatırımlar göstergesi ülkelerin döngüsel ekonomi performansını en çok etkileyen gösterge olmuştur. Çalışma kapsamında son olarak TOPSIS yöntemi kullanılarak ülkelerin analize dahil edilen göstergeler bağlamında döngüsel ekonomi performansları ölçülmüş ve performans sıralamaları yapılmıştır. Bu kapsamda 2020 ve 2021 yıllarında Avusturya, 2022 ve 2023 yıllarında ise Estonya en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen AB ülkeleri olmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Avrupa Birliği, CRITIC Yöntem, TOPSIS Yöntemi, Performans.

Structured Abstract:

The traditional economy is a concept that refers to the understanding of production and consumption that emerged with industrialization. In this model, raw materials are extracted for production, products are obtained using other factors of production, these products are sold, and after use, they become waste. Therefore, the traditional economic model operates on the principle of "take - use - discard." Because industry is at the forefront of this model, waste generation is very high, and there are instances of excessive resource use and rapid depletion of natural resources. To prevent the negative aspects of the traditional economy and to ensure increased productivity and sustainable development, the circular economy model has emerged. Standing out as an efficient and environmentally friendly solution, the circular economy model is a model developed by drawing inspiration from nature. In this model, products produced using natural resources are reused as inputs for another product after use, thus ensuring that products remain on the market for as long as possible. Therefore, the circular economy model operates on the principle of "take - use - transform - reuse." The European Union defines the circular economy as an approach that ensures the value of products and resources is kept as much as possible within the economic system by using existing resources and materials effectively and efficiently, keeping the amount of waste generated at the lowest level. Pioneering practices related to the circular economy have generally emerged in European Union countries. In this context, in 2014, the European Commission defined the first serious targets and practices related to the circular economy, continued its implementation with circular economy action plans in 2015 and 2020, and finally revised and continued its implementation of the circular economy monitoring framework in 2023. Generally, the circular economy is shaped around 10 fundamental principles: reject, rethink, reduce, reuse, repair, renew, repurpose, recycle, and recover.

Within the scope of this study, the circular economy performance of the 27 member states of the European Union for the period 2020-2023 was measured using the CRITIC and TOPSIS methods from multi-criteria decision-making (MCDM). In measuring performance, indicators related to circular economy sectors, private investments and gross added value, employees in circular economy sectors, recycling and secondary raw materials, consumption footprint, greenhouse gas emissions from production activities, and material import dependency, all falling under the main themes of competitiveness and innovation and global sustainability and resilience as defined by the European Commission, were considered. The study presents theoretical information on the subject along with the trends of these indicators in EU countries, followed by literature examples and then the application section.

The criterion weights, expressing the degree to which the indicators included in the analysis affect circular economy performance, were calculated using the CRITIC method. This method uses standard deviations and correlation values to objectively calculate the weight of each criterion. The application of the CRITIC method revealed that in 2020, the indicator with the greatest impact on circular economy performance was private investments in circular economy sectors with a weighting coefficient of 0.22, while the indicators with the least impact were gross added value and material import dependency with weighting coefficients of 0.15. In 2021, private investments in circular economy sectors were again the most influential indicator of circular economy performance in EU countries, with a weighting coefficient of 0.23, while consumption footprint had the least influence, with a weighting coefficient of 0.14. In 2022, private investments in circular economy remained the most influential indicator with a weighting coefficient of 0.22, while gross value added had the least influence on circular economy performance with a weighting coefficient of 0.14. Finally, in 2023, the last year of the analysis, private investments in circular economy were again the most influential indicator with a weighting coefficient of 0.22, while the number of people employed in circular economy sectors had the least influence on performance with a weighting coefficient of 0.13.

Finally, using the criterion weights calculated with the CRITIC method, the circular economy performance of EU countries for the period 2020-2023 was calculated using the TOPSIS method from the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, and the countries were ranked according to their performance scores. The method allows for the selection of the best option by considering the distances of alternatives with multiple criteria to positive and negative solution points. As a result of the TOPSIS method application, in 2020, Austria achieved a performance score of 60.33, Belgium 56.07, and Estonia 55.26. The countries that have demonstrated the most successful circular economy performance have been Austria, with a performance score of 60.90, followed by Germany with 58.23 and Portugal with 58.04 in 2021. In 2022, Estonia with 63.75, Austria with 56.50, and Lithuania with 53.82 were at the top of the performance rankings.

Finally, in 2023, Estonia with 67.08, Austria with 54.04, and Germany with 52.02 were the countries that exhibited the most successful circular economy performance. In terms of circular economy performance, the worst performing countries in 2020 were Italy, Sweden, Malta, Slovakia, and the Netherlands, respectively, while in 2021 this ranking changed to Cyprus, Sweden, Finland, the Netherlands, and Luxembourg. In 2022, the countries with the worst circular economy performance were Finland, Spain, Slovakia, the Netherlands, and Sweden, respectively, while in 2023, Finland, Slovakia, Spain, the Netherlands, and Portugal were the countries with the worst circular economy performance.

Keywords: Circular Economy, European Union, CRITIC Method, TOPSIS Method, Performance.

ملخص منظم:

الاقتصاد التقليدي هو مفهوم يشير إلى النظرة إلى الإنتاج والاستهلاك التي ظهرت مع عصر التصنيع. في هذا النموذج، تُستخرج المواد الخام لأغراض الإنتاج، ويتم الحصول على المنتجات باستخدام عوامل إنتاج أخرى، ثم تُباع هذه المنتجات، وبعد استخدامها تتحول إلى نفايات. لذلك، يعمل النموذج الاقتصادي التقليدي وفق مبدأ «أخذ - استخدام - التخلص». ونظرًا لأن الصناعة تحتل الصدارة في هذا النموذج فإن توليد النفايات يكون مرتفعًا للغاية، وهناك حالات لاستخدام الموارد بشكل مفرط واستنزاف سريع للموارد الطبيعية. وللمحد من الجوانب السلبية للاقتصاد التقليدي وضمان زيادة الإنتاجية والتنمية المستدامة، ظهر نموذج الاقتصاد الدائري. ويُعد نموذج الاقتصاد الدائري، الذي يبرز كحل فعال وصديق للبيئة، نموذجًا تم تطويره مستوحى من الطبيعة. في هذا النموذج، تُعاد استخدام المنتجات المصنعة باستخدام الموارد الطبيعية كمدخلات لمنتج آخر بعد استخدامها، مما يضمن بقاء المنتجات في السوق لأطول فترة ممكنة. لذلك، يعمل نموذج الاقتصاد الدائري وفق مبدأ «أخذ - استخدام - تحويل - إعادة استخدام». ويُعرّف الاتحاد الأوروبي الاقتصاد الدائري بأنه نهج يضمن الحفاظ على قيمة المنتجات والموارد» قدر الإمكان داخل النظام الاقتصادي من خلال استخدام الموارد والمواد المتاحة بفعالية وكفاءة، مع الحفاظ على كمية النفايات المتولدة عند أدنى مستوى ممكن. وقد ظهرت الممارسات الرائدة المتعلقة بالاقتصاد الدائري بشكل عام في دول الاتحاد الأوروبي. وفي هذا السياق، حددت المفوضية الأوروبية في عام 2014 أول الأهداف والممارسات الجادة المتعلقة بالاقتصاد الدائري، وواصلت تنفيذها من خلال خطط عمل الاقتصاد الدائري في عامي 2015 و 2020، وأخيرًا قامت بمراجعة إطار رصد الاقتصاد الدائري ومواصلة تنفيذه في عام 2023. بشكل عام، يتشكل الاقتصاد الدائري حول 10 مبادئ أساسية هي: الرفض، وإعادة التفكير، والتقليل، وإعادة الاستخدام، والإصلاح، والتجديد، وإعادة التخصيص، وإعادة التدوير، والاسترداد.

في نطاق هذه الدراسة، تم قياس أداء الاقتصاد الدائري للدول الأعضاء الـ 27 في الاتحاد الأوروبي للفترة 2020-2023 باستخدام وعند قياس الأداء، تم أخذ المؤشرات المتعلقة بقطاعات (MCDM) من منهجية اتخاذ القرار متعدد المعايير CRITIC و TOPSIS طريقتي الاقتصاد الدائري، والاستثمارات الخاصة والقيمة المضافة الإجمالية، والموظفين في قطاعات الاقتصاد الدائري، وإعادة التدوير والمواد الخام الثانوية، وبصمة الاستهلاك، وانبعثات غازات الدفيئة الناتجة عن أنشطة الإنتاج، والاعتماد على استيراد المواد، في الاعتبار، حيث تندرج جميعها ضمن الموضوعات الرئيسية المتمثلة في التنافسية والابتكار والاستدامة العالمية والمرونة، وفقًا لتعريف المفوضية الأوروبية. وتقدم الدراسة معلومات نظرية حول الموضوع إلى جانب اتجاهات هذه المؤشرات في دول الاتحاد الأوروبي، تليها أمثلة من الأدبيات ثم قسم التطبيق.

وقد تم حساب أوزان المعايير، التي تعبر عن مدى تأثير المؤشرات المدرجة في التحليل على أداء الاقتصاد الدائري، باستخدام طريقة CRITIC وتستخدم هذه الطريقة الانحرافات المعيارية وقيم الارتباط لحساب وزن كل معيار بشكل موضوعي. وكشف تطبيق طريقة CRITIC أنه في عام 2020، كان المؤشر ذو التأثير الأكبر على أداء الاقتصاد الدائري هو الاستثمارات الخاصة في قطاعات الاقتصاد الدائري بمعامل ترجيح قدره 0.22، في حين كانت المؤشرات ذات التأثير الأقل هي القيمة المضافة الإجمالية والاعتماد على استيراد المواد بمعاملات ترجيح قدرها 0.15. في عام 2021، كانت الاستثمارات الخاصة في قطاعات الاقتصاد الدائري مرة أخرى المؤشر الأكثر تأثيرًا على أداء الاقتصاد الدائري في دول الاتحاد الأوروبي، بمعامل ترجيح قدره 0.23، في حين كان «البصمة الاستهلاكية» هي الأقل تأثيرًا، بمعامل ترجيح قدره 0.14. في عام 2022، ظلت الاستثمارات الخاصة في الاقتصاد الدائري هي المؤشر الأكثر تأثيرًا بمعامل ترجيح قدره 0.22، في حين كان 0.14 للقيمة المضافة الإجمالية التأثير الأقل على أداء الاقتصاد الدائري بمعامل ترجيح قدره 0.14. وأخيرًا، في عام 2023، وهو العام الأخير من التحليل، كانت الاستثمارات الخاصة في الاقتصاد الدائري مرة أخرى المؤشر الأكثر تأثيرًا بمعامل ترجيح قدره 0.22، في حين كان لعدم العاملين في قطاعات الاقتصاد الدائري التأثير الأقل على الأداء بمعامل ترجيح قدره 0.13.

تم حساب أداء الاقتصاد الدائري لدول الاتحاد الأوروبي للفترة CRITIC، وأخيرًا، باستخدام أوزان المعايير المحسوبة بطريقة وتم ترتيب الدول وفقًا لدرجات أدائها. تسمح (MCDM) من بين طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير TOPSIS باستخدام طريقة 2020-2023 هذه الطريقة باختيار الخيار الأفضل من خلال النظر في مسافات البدائل ذات المعايير المتعددة عن نقاط الحل الإيجابية والسلبية. ونتيجة لتطبيق حققت النمسا في عام 2020 درجة أداء بلغت 60.33، وبلجيكا 56.07، وإستونيا 55.26. وكانت الدول التي أظهرت أفضل TOPSIS طريقة أداء في مجال الاقتصاد الدائري هي النمسا، بدرجة أداء بلغت 60.90، تليها ألمانيا بدرجة 58.23، ثم البرتغال بدرجة 58.04 في عام 2021 في عام 2022، تصدرت إستونيا الترتيب بـ 63.75، تليها النمسا بـ 56.50، ثم ليتوانيا بـ 53.82. وأخيرًا، في عام 2023، كانت إستونيا بـ 67.08، والنمسا بـ 54.04، وألمانيا بـ 52.02 هي الدول التي حققت أفضل أداء في مجال الاقتصاد الدائري. من حيث أداء الاقتصاد الدائري، 67.08 كانت الدول ذات الأداء الأسوأ في عام 2020 هي إيطاليا، والسويد، ومالطا، وسلوفاكيا، وهولندا، على التوالي، بينما تغير هذا الترتيب في عام ليصبح قبرص، والسويد، وفنلندا، وهولندا، ولوكسمبورغ. في عام 2022، كانت الدول ذات الأداء الأسوأ في مجال الاقتصاد الدائري 2021 هي فنلندا، وإسبانيا، وسلوفاكيا، وهولندا، والسويد، على التوالي، بينما في عام 2023، كانت فنلندا، وسلوفاكيا، وإسبانيا، وهولندا، والبرتغال هي الدول ذات الأداء الأسوأ في مجال الاقتصاد الدائري.

الأداء، TOPSIS، منهجية CRITIC، الكلمات المفتاحية: الاقتصاد الدائري، الاتحاد الأوروبي، منهجية

Résumé Structuré:

L'économie traditionnelle est un concept qui renvoie à la conception de la production et de la consommation apparue avec l'industrialisation. Dans ce modèle, les matières premières sont extraites pour la production, les produits sont obtenus à l'aide d'autres facteurs de production, ces produits sont vendus et, après utilisation, ils deviennent des déchets. Par conséquent, le modèle économique traditionnel fonctionne selon le principe « extraire – utiliser – jeter ». L'industrie occupant une place prépondérante dans ce modèle, la production de déchets est très élevée, et l'on observe des cas d'utilisation excessive des ressources ainsi qu'un épuisement rapide des ressources naturelles. Afin de prévenir les aspects négatifs de l'économie traditionnelle et d'assurer une productivité accrue ainsi qu'un développement durable, le modèle d'économie circulaire a vu le jour. S'imposant comme une solution efficace et respectueuse de l'environnement, le modèle d'économie circulaire s'inspire de la nature. Dans ce modèle, les produits fabriqués à partir de ressources naturelles sont réutilisés comme intrants pour un autre produit après usage, garantissant ainsi que les produits restent sur le marché aussi longtemps que possible. Le modèle d'économie circulaire fonctionne donc selon le principe « prélever – utiliser – transformer – réutiliser ». L'Union européenne définit l'économie circulaire comme une approche qui garantit que la valeur des produits et des ressources soit conservée autant que possible au sein du système économique, en utilisant les ressources et les matériaux existants de manière efficace et efficiente, tout en maintenant la quantité de déchets générés au niveau le plus bas possible. Les pratiques pionnières liées à l'économie circulaire ont généralement vu le jour dans les pays de l'Union européenne. Dans ce contexte, en 2014, la Commission européenne a défini les premiers objectifs et pratiques concrets liés à l'économie circulaire, a poursuivi leur mise en œuvre avec des plans d'action pour l'économie circulaire en 2015 et 2020, puis a enfin révisé et poursuivi la mise en œuvre du cadre de suivi de l'économie circulaire en 2023. De manière générale, l'économie circulaire s'articule autour de 10 principes fondamentaux : refuser, repenser, réduire, réutiliser, réparer, renouveler, réaffecter, recycler et valoriser.

Dans le cadre de cette étude, les performances en matière d'économie circulaire des 27 États membres de l'Union européenne pour la période 2020-2023 ont été mesurées à l'aide des méthodes CRITIC et TOPSIS issues de la prise de décision multicritères (MCDM). Pour mesurer ces performances, des indicateurs liés aux secteurs de l'économie circulaire, aux investissements privés et à la valeur ajoutée brute, aux effectifs dans ces secteurs, au recyclage et aux matières premières secondaires, à l'empreinte de consommation, aux émissions de gaz à effet de serre issues des activités de production, ainsi qu'à la dépendance vis-à-vis des importations de matières premières ont été pris en compte. Tous ces indicateurs s'inscrivent dans les thèmes principaux de la compétitivité et de l'innovation, ainsi que de la durabilité et de la résilience mondiales, tels que définis par la Commission européenne. L'étude présente des informations théoriques sur le sujet ainsi que les tendances de ces indicateurs dans les pays de l'UE, suivies d'exemples tirés de la littérature, puis d'une section consacrée à l'application.

Les pondérations des critères, exprimant le degré d'influence des indicateurs inclus dans l'analyse sur la performance de l'économie circulaire, ont été calculées à l'aide de la méthode CRITIC. Cette méthode utilise les écarts-types et les valeurs de corrélation pour calculer objectivement la pondération de chaque critère. L'application de la méthode CRITIC a révélé qu'en 2020, l'indicateur ayant le plus grand impact sur la performance de l'économie circulaire était celui des investissements privés dans les secteurs de l'économie circulaire, avec un coefficient de pondération de 0,22, tandis que les indicateurs ayant le moins d'impact étaient la valeur ajoutée brute et la dépendance vis-à-vis des importations de matières premières, avec des coefficients de pondération de 0,15. En 2021, les investissements privés dans les secteurs de l'économie circulaire ont de nouveau constitué l'indicateur le plus influent sur la performance de l'économie circulaire dans les pays de l'UE, avec un coefficient de pondération de 0,23, tandis que l'empreinte de consommation a eu le moins d'influence, avec un coefficient de pondération de 0,14. En 2022, les investissements privés dans l'économie circulaire sont restés l'indicateur le plus influent, avec un coefficient de pondération de 0,22, tandis que la valeur ajoutée brute a eu le moins d'influence sur la performance de l'économie circulaire, avec un coefficient de pondération de 0,14. Enfin, en 2023, dernière année de l'analyse, les investissements privés dans l'économie circulaire ont de nouveau constitué l'indicateur le plus influent, avec un coefficient de pondération de 0,22, tandis que le nombre de personnes employées dans les secteurs de l'économie circulaire a eu le moins d'influence sur la performance, avec un coefficient de pondération de 0,13.

Enfin, à l'aide des pondérations des critères calculées selon la méthode CRITIC, la performance des pays de l'UE en matière d'économie circulaire pour la période 2020-2023 a été calculée à l'aide de la méthode TOPSIS, issue des méthodes de prise de décision multicritères (MCDM), et les pays ont été classés en fonction de leurs scores de performance. Cette méthode permet de sélectionner la meilleure option en évaluant les distances des alternatives, selon plusieurs critères, par rapport à des points de solution positifs et négatifs. À l'issue de l'application de la méthode TOPSIS, en 2020, l'Autriche a obtenu un score de performance de 60,33, la Belgique de 56,07 et l'Estonie de 55,26. Les pays ayant affiché les meilleures performances en matière d'économie circulaire ont été l'Autriche, avec un score de performance de 60,90, suivie de l'Allemagne avec 58,23 et du Portugal avec 58,04 en 2021. En 2022, l'Estonie (63,75), l'Autriche (56,50) et la Lituanie (53,82) figuraient en tête du classement des performances. Enfin, en 2023, l'Estonie (67,08), l'Autriche (54,04) et l'Allemagne (52,02) étaient les pays ayant affiché les meilleures performances en matière d'économie circulaire. En termes de performances en matière d'économie circulaire, les pays les moins performants en 2020 étaient respectivement l'Italie, la Suède, Malte, la Slovaquie et les Pays-Bas, tandis qu'en 2021, ce classement s'est modifié pour inclure Chypre, la Suède, la Finlande, les Pays-Bas et le Luxembourg. En 2022, les pays affichant les plus mauvaises performances en matière d'économie circulaire étaient respectivement la Finlande, l'Espagne, la Slovaquie, les Pays-Bas et la Suède, tandis qu'en 2023, la Finlande, la Slovaquie, l'Espagne, les Pays-Bas et le Portugal étaient les pays affichant les plus mauvaises performances en matière d'économie circulaire.

Mots-clés: Économie circulaire, Union européenne, méthode CRITIC, méthode TOPSIS, performance.

Resumen Estructurado:

La economía tradicional es un concepto que hace referencia a la concepción de la producción y el consumo que surgió con la industrialización. En este modelo, se extraen materias primas para la producción, se obtienen productos utilizando otros factores de producción, estos productos se venden y, tras su uso, se convierten en residuos. Por lo tanto, el modelo económico tradicional funciona según el principio de «tomar, usar y desechar». Dado que la industria ocupa un lugar central en este modelo, la generación de residuos es muy elevada y se dan casos de uso excesivo de recursos y de rápido agotamiento de los recursos naturales. Para evitar los aspectos negativos de la economía tradicional y garantizar una mayor productividad y un desarrollo sostenible, ha surgido el modelo de economía circular. El modelo de economía circular, que destaca por ser una solución eficiente y respetuosa con el medio ambiente, es un modelo desarrollado inspirándose en la naturaleza. En este modelo, los productos fabricados a partir de recursos naturales se reutilizan como insumos para otro producto tras su uso, lo que garantiza que los productos permanezcan en el mercado el mayor tiempo posible. Por lo tanto, el modelo de economía circular funciona según el principio de «tomar — utilizar — transformar — reutilizar». La Unión Europea define la economía circular como un enfoque que garantiza que el valor de los productos y los recursos se mantenga en la medida de lo posible dentro del sistema económico, mediante el uso eficaz y eficiente de los recursos y materiales existentes, manteniendo la cantidad de residuos generados al nivel más bajo posible. Las prácticas pioneras relacionadas con la economía circular han surgido, en general, en los países de la Unión Europea. En este contexto, en 2014, la Comisión Europea definió los primeros objetivos y prácticas concretos relacionados con la economía circular, continuó su implementación con planes de acción de economía circular en 2015 y 2020, y, finalmente, revisó y prosiguió con la implementación del marco de seguimiento de la economía circular en 2023. En general, la economía circular se articula en torno a diez principios fundamentales: rechazar, replantear, reducir, reutilizar, reparar, renovar, reorientar, reciclar y recuperar.

En el marco de este estudio, se evaluó el rendimiento en materia de economía circular de los 27 Estados miembros de la Unión Europea durante el período 2020-2023 utilizando los métodos CRITIC y TOPSIS, propios de la toma de decisiones multicriterio (MCDM). Para medir el rendimiento, se tuvieron en cuenta indicadores relacionados con los sectores de la economía circular, las inversiones privadas y el valor añadido bruto, los empleados en los sectores de la economía circular, el reciclaje y las materias primas secundarias, la huella de consumo, las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las actividades de producción y la dependencia de las importaciones de materiales, todos ellos incluidos en los temas principales de competitividad e innovación y sostenibilidad y resiliencia globales, tal y como los define la Comisión Europea. El estudio presenta información teórica sobre el tema junto con las tendencias de estos

indicadores en los países de la UE, seguida de ejemplos de la bibliografía y, a continuación, la sección de aplicación.

Las ponderaciones de los criterios, que expresan el grado en que los indicadores incluidos en el análisis influyen en el rendimiento de la economía circular, se calcularon utilizando el método CRITIC. Este método utiliza desviaciones estándar y valores de correlación para calcular de forma objetiva la ponderación de cada criterio. La aplicación del método CRITIC reveló que, en 2020, el indicador con mayor impacto en el rendimiento de la economía circular fue el de las inversiones privadas en los sectores de la economía circular, con un coeficiente de ponderación de 0,22, mientras que los indicadores con menor impacto fueron el valor añadido bruto y la dependencia de las importaciones de materiales, con coeficientes de ponderación de 0,15. En 2021, las inversiones privadas en los sectores de la economía circular volvieron a ser el indicador más influyente en el rendimiento de la economía circular en los países de la UE, con un coeficiente de ponderación de 0,23, mientras que la huella de consumo fue la que menos influyó, con un coeficiente de ponderación de 0,14. En 2022, las inversiones privadas en economía circular siguieron siendo el indicador más influyente, con un coeficiente de ponderación de 0,22, mientras que el valor añadido bruto fue el que menos influyó en el rendimiento de la economía circular, con un coeficiente de ponderación de 0,14. Por último, en 2023, el último año del análisis, las inversiones privadas en economía circular volvieron a ser el indicador más influyente, con un coeficiente de ponderación de 0,22, mientras que el número de personas empleadas en los sectores de la economía circular fue el que menos influyó en el rendimiento, con un coeficiente de ponderación de 0,13.

Por último, utilizando las ponderaciones de los criterios calculadas con el método CRITIC, se calculó el rendimiento de la economía circular de los países de la UE para el período 2020-2023 mediante el método TOPSIS, perteneciente a los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM), y se clasificó a los países según sus puntuaciones de rendimiento. Este método permite seleccionar la mejor opción teniendo en cuenta las distancias de las alternativas, en función de múltiples criterios, respecto a puntos de solución positivos y negativos. Como resultado de la aplicación del método TOPSIS, en 2020, Austria alcanzó una puntuación de rendimiento de 60,33, Bélgica de 56,07 y Estonia de 55,26. Los países que han demostrado un rendimiento más satisfactorio en materia de economía circular han sido Austria, con una puntuación de rendimiento de 60,90, seguida de Alemania con 58,23 y Portugal con 58,04 en 2021. En 2022, Estonia, con 63,75; Austria, con 56,50; y Lituania, con 53,82, encabezaron la clasificación de rendimiento. Por último, en 2023, Estonia, con 67,08; Austria, con 54,04; y Alemania, con 52,02, fueron los países que obtuvieron los mejores resultados en materia de economía circular. En cuanto al rendimiento en materia de economía circular, los países con peor rendimiento en 2020 fueron Italia, Suecia, Malta, Eslovaquia y los Países Bajos, respectivamente, mientras que en 2021 esta clasificación cambió a Chipre, Suecia, Finlandia, los Países Bajos y Luxemburgo. En 2022, los países con peor rendimiento en materia de economía circular fueron Finlandia, España, Eslovaquia, los Países Bajos y Suecia, respectivamente, mientras que en 2023, Finlandia, Eslovaquia, España, los Países Bajos y Portugal fueron los países con peor rendimiento en materia de economía circular.

Palabras clave: Economía circular, Unión Europea, método CRITIC, método TOPSIS, rendimiento.

结构化摘要:

传统经济是一个指代工业化时期形成的关于生产与消费的认知概念。在此模式下，为生产而开采原材料，利用其他生产要素获得产品，将这些产品出售，使用后则成为废弃物。因此，传统经济模式遵循“提取—使用—丢弃”的原则。由于工业是该模式的核心，因此废弃物产生量极高，且存在资源过度使用及自然资源迅速枯竭的情况。为避免传统经济的负面影响，并确保生产力提升和可持续发展，循环经济模式应运而生。作为一种高效且环保的解决方案，循环经济模式是从大自然中汲取灵感而发展起来的。在此模式下，利用自然资源生产的产品在使用后将作为另一产品的投入被重新利用，从而确保产品尽可能长时间地留在市场上。因此，循环经济模式遵循“获取——使用——转化——再利用”的原则。欧盟将循环经济定义为一种通过有效、高效地利用现有资源和材料，将产品与资源的价值尽可能保留在经济体系内，并将产生的废弃物量控制在最低水平的方法。与循环经济相关的先驱实践主要出现在欧盟各国。在此背景下，欧盟委员会于2014年制定了首批关于循环经济的实质性目标和实践措施，随后通过2015年和2020年的循环经济行动计划持续推进实施，并最终于

2023年修订并继续实施循环经济监测框架。总体而言，循环经济围绕10项基本原则构建：拒绝、重新思考、减少、再利用、修复、更新、改作、回收和资源回收。

在本研究范围内，采用多准则决策（MCDM）中的CRITIC和TOPSIS方法，对2020-2023年期间欧盟27个成员国的循环经济绩效进行了评估。在绩效评估中，研究考虑了与循环经济部门、私人投资及总增加值、循环经济部门从业人员、回收利用与二次原材料、消费足迹、生产活动产生的温室气体排放以及原材料进口依赖度相关的指标，这些指标均属于欧盟委员会定义的“竞争力与创新”及“全球可持续性韧性”两大主题范畴。本研究首先介绍了该主题的理论信息及欧盟各国相关指标的趋势，随后列举了文献案例，最后是应用部分。

通过CRITIC方法计算了标准权重，该权重反映了分析中纳入的各项指标对循环经济绩效的影响程度。该方法利用标准差和相关系数客观计算每个标准的权重。CRITIC方法的应用结果显示，2020年对循环经济绩效影响最大的指标是“循环经济领域的私人投资”，其权重系数为0.22；而影响最小的指标是“总增加值”和“原材料进口依赖度”，其权重系数均为0.15。2021年，循环经济领域的私人投资再次成为欧盟各国循环经济绩效中最具影响力的指标，权重系数为0.23；而消费足迹的影响最小，权重系数为0.14。2022年，循环经济领域的私人投资仍是最具影响力的指标，权重系数为0.22；而总增加值对循环经济绩效的影响最小，权重系数为0.14。最后，在分析的最后一年——2023年，循环经济领域的私人投资再次成为最具影响力的指标，权重系数为0.22；而循环经济部门就业人数对绩效的影响最小，权重系数为0.13。

最后，利用CRITIC法计算出的标准权重，通过多准则决策（MCDM）方法中的TOPSIS法，计算了2020-2023年期间欧盟各国的循环经济绩效，并根据绩效得分对各国进行了排名。该方法通过考量备选方案在多重标准下与正负解点的距离，从而选出最佳方案。应用TOPSIS法得出的结果显示，2020年奥地利的绩效得分为60.33，比利时为56.07，爱沙尼亚为55.26。2021年，在循环经济表现方面最为突出的国家是奥地利，其绩效得分为60.90，其次是德国（58.23）和葡萄牙（58.04）。2022年，爱沙尼亚（63.75）、奥地利（56.50）和立陶宛（53.82）位居绩效排名榜首。最后，在2023年，爱沙尼亚（67.08）、奥地利（54.04）和德国（52.02）是循环经济表现最突出的国家。就循环经济表现而言，2020年表现最差的国家依次为意大利、瑞典、马耳他、斯洛伐克和荷兰；而2021年，这一排名变为塞浦路斯、瑞典、芬兰、荷兰和卢森堡。2022年，循环经济表现最差的国家依次为芬兰、西班牙、斯洛伐克、荷兰和瑞典；而2023年，循环经济表现最差的国家则为芬兰、斯洛伐克、西班牙、荷兰和葡萄牙。

关键词：循环经济、欧盟、CRITIC法、TOPSIS法、绩效。

Структурированное Резюме:

Традиционная экономика — это концепция, отражающая понимание процессов производства и потребления, сформировавшаяся в эпоху индустриализации. В рамках этой модели сырье добывается для производства, продукция изготавливается с использованием других факторов производства, затем продается, а после использования превращается в отходы. Таким образом, традиционная экономическая модель функционирует по принципу «добыть — использовать — выбросить». Поскольку в этой модели ведущую роль играет промышленность, объем образования отходов очень велик, что приводит к чрезмерному использованию ресурсов и их быстрому истощению. Для предотвращения негативных последствий традиционной экономики, а также для обеспечения повышения производительности и устойчивого развития была разработана модель циркулярной экономики. Модель циркулярной экономики, представляющая собой эффективное и экологически безопасное решение, была разработана на основе вдохновения, почерпнутого из природы. В этой модели продукты, произведенные с использованием природных ресурсов, после использования повторно применяются в качестве исходного сырья для производства другого продукта, что обеспечивает максимально длительное нахождение продуктов на рынке. Таким образом, модель циркулярной экономики функционирует по принципу «добыча — использование — преобразование — повторное использование». Европейский Союз определяет циркулярную экономику как подход,

обеспечивающий максимально возможное удержание стоимости продукции и ресурсов в пределах экономической системы за счет эффективного и рационального использования имеющихся ресурсов и материалов при одновременном сведении объема образующихся отходов к минимуму. Передовые практики, связанные с циркулярной экономикой, в основном возникли в странах Европейского Союза. В этом контексте в 2014 году Европейская комиссия определила первые серьезные цели и практики, связанные с циркулярной экономикой, продолжила их реализацию с помощью планов действий по циркулярной экономике в 2015 и 2020 годах и, наконец, пересмотрела и продолжила внедрение системы мониторинга циркулярной экономики в 2023 году. В целом циркулярная экономика строится на 10 основополагающих принципах: отказ, переосмысление, сокращение, повторное использование, ремонт, обновление, перепрофилирование, переработка и рекуперация.

В рамках данного исследования эффективность циркулярной экономики 27 государств-членов Европейского союза за период 2020–2023 гг. оценивалась с использованием методов CRITIC и TOPSIS из области многокритериального принятия решений (MCDM). При оценке эффективности учитывались показатели, связанные с секторами циркулярной экономики, частными инвестициями и валовой добавленной стоимостью, численностью работников в секторах циркулярной экономики, переработкой и вторичным сырьем, «потребительским следом», выбросами парниковых газов в результате производственной деятельности, а также зависимостью от импорта материалов; все эти показатели относятся к основным темам «конкурентоспособность и инновации» и «глобальная устойчивость и жизнестойкость», как они определены Европейской комиссией. В исследовании представлена теоретическая информация по данной теме наряду с динамикой этих показателей в странах ЕС, за которой следуют примеры из литературы и раздел, посвященный практическому применению.

Веса критериев, отражающие степень влияния включенных в анализ показателей на эффективность циркулярной экономики, были рассчитаны с использованием метода CRITIC. Данный метод использует стандартные отклонения и коэффициенты корреляции для объективного расчета веса каждого критерия. Применение метода CRITIC показало, что в 2020 году показателем, оказывающим наибольшее влияние на эффективность циркулярной экономики, были частные инвестиции в секторы циркулярной экономики с весовым коэффициентом 0,22, тогда как показателями с наименьшим влиянием были валовая добавленная стоимость и зависимость от импорта материалов с весовыми коэффициентами 0,15. В 2021 году частные инвестиции в секторы циркулярной экономики вновь стали наиболее влиятельным показателем эффективности циркулярной экономики в странах ЕС с весовым коэффициентом 0,23, тогда как «потребительский след» оказал наименьшее влияние с весовым коэффициентом 0,14. В 2022 году частные инвестиции в круговую экономику остались наиболее влиятельным показателем с весовым коэффициентом 0,22, тогда как валовая добавленная стоимость оказала наименьшее влияние на показатели круговой экономики с весовым коэффициентом 0,14. Наконец, в 2023 году, последнем году анализа, частные инвестиции в циркулярную экономику вновь стали наиболее влиятельным показателем с весовым коэффициентом 0,22, тогда как число занятых в секторах циркулярной экономики оказало наименьшее влияние на эффективность с весовым коэффициентом 0,13.

Наконец, с использованием весов критериев, рассчитанных по методу CRITIC, эффективность циркулярной экономики стран ЕС за период 2020–2023 гг. была рассчитана с помощью метода TOPSIS из группы методов многокритериального принятия решений (MCDM), и страны были ранжированы в соответствии с их показателями эффективности. Данный метод позволяет выбрать наилучший вариант путем учета расстояний альтернатив по нескольким критериям до положительных и отрицательных точек решения. В результате применения метода TOPSIS в 2020 году Австрия достигла показателя эффективности 60,33, Бельгия — 56,07, а Эстония — 55,26. Странами, продемонстрировавшими наиболее успешные результаты в области циркулярной экономики, стали Австрия с показателем эффективности 60,90, за которой в 2021 году следовали Германия с показателем 58,23 и Португалия с показателем 58,04. В 2022 году в верхней части рейтинга эффективности оказались Эстония (63,75), Австрия (56,50) и Литва (53,82). Наконец, в 2023 году наиболее успешные результаты в области циркулярной экономики продемонстрировали Эстония (67,08), Австрия (54,04) и Германия (52,02). С точки зрения показателей циркулярной экономики в 2020 году худшие результаты продемонстрировали, соответственно, Италия, Швеция, Мальта, Словакия и Нидерланды, тогда как в 2021 году этот рейтинг изменился на Кипр, Швецию, Финляндию, Нидерланды и Люксембург. В 2022

Ключевые слова: циркулярная экономика, Европейский союз, метод CRITIC, метод TOPSIS, эффективность.

मानदंड भार, जो इस बात की डिग्री को व्यक्त करते हैं कि विश्लेषण में शामिल संकेतक चक्रीय अर्थव्यवस्था के प्रदर्शन को कितना प्रभावित करते हैं, की गणना CRITIC विधि का उपयोग करके की गई थी। यह विधि प्रत्येक मानदंड के भार की वस्तुनिष्ठ रूप से गणना करने के लिए मानक विचलन और सहसंबंध मानों का उपयोग करती है। CRITIC विधि के अनुप्रयोग से पता चला कि 2020 में, चक्रीय अर्थव्यवस्था के प्रदर्शन पर सबसे अधिक प्रभाव डालने वाला संकेतक 0.22 के भार गुणांक के साथ चक्रीय अर्थव्यवस्था क्षेत्रों में निजी निवेश था, जबकि सबसे कम प्रभाव डालने वाले संकेतक सकल मूल्य वर्धित और सामग्री आयात निर्भरता थे, जिनके भार गुणांक 0.15 थे। 2021 में, यूरोपीय संघ के देशों में चक्रीय अर्थव्यवस्था क्षेत्रों में निजी निवेश 0.23 के भार गुणांक के साथ फिर से चक्रीय अर्थव्यवस्था प्रदर्शन का सबसे प्रभावशाली संकेतक था, जबकि उपभोग पदचिह्न का सबसे कम प्रभाव था, जिसका भार गुणांक 0.14 था।

2022 में, परिपत्र अर्थव्यवस्था में निजी निवेश 0.22 के भार गुणांक के साथ सबसे प्रभावशाली संकेतक बना रहा, जबकि सकल मूल्य वर्धित का परिपत्र अर्थव्यवस्था के प्रदर्शन पर 0.14 के भार गुणांक के साथ सबसे कम प्रभाव पड़ा। अंत में, 2023 में, विश्लेषण के अंतिम वर्ष में, सर्कुलर इकोनॉमी में निजी निवेश 0.22 के भार गुणांक के साथ फिर से सबसे प्रभावशाली संकेतक था, जबकि सर्कुलर इकोनॉमी क्षेत्रों में नियोजित लोगों की संख्या का प्रदर्शन पर सबसे कम प्रभाव था, जिसका भार गुणांक 0.13 था।

अंत में, CRITIC विधि से गणना किए गए मानदंड भारों का उपयोग करके, बहु-मानदंड निर्णय लेने (MCDM) विधियों में से TOPSIS विधि का उपयोग करके 2020-2023 की अवधि के लिए यूरोपीय संघ के देशों के चक्रीय अर्थव्यवस्था के प्रदर्शन की गणना की गई, और देशों को उनके प्रदर्शन स्कोर के अनुसार रैंक किया गया। यह विधि कई मानदंडों के साथ विकल्पों की सकारात्मक और नकारात्मक समाधान बिंदुओं से दूरी पर विचार करके सर्वोत्तम विकल्प का चयन करने की अनुमति देती है। TOPSIS विधि के अनुप्रयोग के परिणामस्वरूप, 2020 में, ऑस्ट्रिया ने 60.33 का प्रदर्शन स्कोर, बेल्जियम ने 56.07 और एस्टोनिया ने 55.26 हासिल किया। सबसे सफल परिपत्र अर्थव्यवस्था प्रदर्शन करने वाले देशों में ऑस्ट्रिया 60.90 के प्रदर्शन स्कोर के साथ सबसे ऊपर रहा, जिसके बाद 2021 में जर्मनी 58.23 और पुर्तगाल 58.04 के साथ रहे। 2022 में, 63.75 के साथ एस्टोनिया, 56.50 के साथ ऑस्ट्रिया, और 53.82 के साथ लिथुआनिया प्रदर्शन रैंकिंग में शीर्ष पर थे। अंत में, 2023 में, 67.08 के साथ एस्टोनिया, 54.04 के साथ ऑस्ट्रिया, और 52.02 के साथ जर्मनी सबसे सफल परिपत्र अर्थव्यवस्था प्रदर्शन प्रदर्शित करने वाले देश थे। सर्कुलर अर्थव्यवस्था के प्रदर्शन के मामले में, 2020 में सबसे खराब प्रदर्शन करने वाले देश क्रमशः इटली, स्वीडन, माल्टा, स्लोवाकिया और नीदरलैंड थे, जबकि 2021 में यह रैंकिंग बदलकर साइप्रस, स्वीडन, फिनलैंड, नीदरलैंड और लक्ज़मबर्ग हो गई।

2022 में, सबसे खराब परिपत्र अर्थव्यवस्था प्रदर्शन वाले देश क्रमशः फिनलैंड, स्पेन, स्लोवाकिया, नीदरलैंड और स्वीडन थे, जबकि 2023 में, फिनलैंड, स्लोवाकिया, स्पेन, नीदरलैंड और पुर्तगाल सबसे खराब परिपत्र अर्थव्यवस्था प्रदर्शन वाले देश थे।

कीवर्ड: परिपत्र अर्थव्यवस्था, यूरोपीय संघ, CRITIC विधि, TOPSIS विधि, प्रदर्शन।

Yapılandırılmış Özet:

Geleneksel ekonomi, sanayileşmeyle ortaya çıkan üretim ve tüketim anlayışını ifade eden bir kavramdır. Bu modelde, üretim için ham maddeler çıkarılır, diğer üretim faktörleri kullanılarak ürünler elde edilir, bu ürünler satılır ve kullanımdan sonra atık haline gelir. Bu nedenle, geleneksel ekonomik model "al - kullan - at" ilkesine göre işler. Bu modelde sanayi ön planda olduğu için atık üretimi çok yüksektir ve aşırı kaynak kullanımı ve doğal kaynakların hızla tükenmesi durumları söz konusudur. Geleneksel ekonominin olumsuz yönlerini önlemek, verimliliği artırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için döngüsel ekonomi modeli ortaya çıkmıştır. Verimli ve çevre dostu bir çözüm olarak öne çıkan döngüsel ekonomi modeli, doğadan ilham alınarak geliştirilmiş bir modeldir. Bu modelde, doğal kaynaklar kullanılarak üretilen ürünler, kullanımdan sonra başka bir ürün için girdi olarak yeniden kullanılır. Böylece ürünlerin mümkün olduğunca uzun süre piyasada kalması sağlanır. Bu nedenle, döngüsel ekonomi modeli "al - kullan - dönüştür - yeniden kullan" ilkesine göre işler. Avrupa Birliği, döngüsel ekonomiyi, mevcut kaynak ve malzemelerin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıyla, ürün ve kaynakların değerinin ekonomik sistem içinde mümkün olduğunca korunmasını ve üretilen atık miktarının en düşük seviyede tutulmasını sağlayan bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Döngüsel ekonomiyle ilgili öncü uygulamalar genellikle Avrupa Birliği ülkelerinde ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, Avrupa Komisyonu 2014 yılında döngüsel ekonomiyle ilgili ilk ciddi hedefleri ve uygulamaları tanımlamış, 2015 ve 2020 yıllarında döngüsel ekonomi eylem planlarıyla uygulamaları geliştirmiş ve son olarak 2023 yılında döngüsel ekonomi izleme çerçevesini gözden geçirerek uygulamaya devam etmiştir. Genel olarak, döngüsel ekonomi 10 temel ilke etrafında şekillenir: reddetme, yeniden düşünme, azaltma, yeniden kullanma, onarma, yenileme, yeniden amaçlandırma, geri dönüştürme ve geri kazanma.

Bu çalışma kapsamında, Avrupa Birliği'nin 27 üye devletinin 2020-2023 dönemi için döngüsel ekonomi performansı, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden CRITIC ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Performans ölçümünde, Avrupa Komisyonu tarafından tanımlanan rekabetçilik ve inovasyon ile küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ana temaları altında yer alan döngüsel ekonomi sektörlerinde özel yatırımlar ve brüt katma değer, döngüsel ekonomi sektörlerindeki çalışanlar, geri dönüşüm ve ikincil hammaddeler, tüketim ayak izi, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları ve malzeme ithalatına bağımlılık ile ilgili göstergeler dikkate alınmıştır. Çalışma, konuyla ilgili teorik bilgileri,

AB ülkelerinde bu göstergelerin seyirlerini, ardından literatür örneklerini ve son olarak uygulama ve sonuç bölümünü sunmaktadır.

Analizde yer alan göstergelerin döngüsel ekonomi performansını ne ölçüde etkilediğini ifade eden kriter ağırlıkları, CRITIC yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntem, her bir kriterin ağırlığını objektif olarak hesaplamak için standart sapmaları ve korelasyon değerlerini kullanır. CRITIC yöntem uygulanması, 2020 yılında AB ülkelerinde döngüsel ekonomi performansları üzerinde en büyük etkiye sahip göstergenin, ağırlık katsayısı 0,22 olan döngüsel ekonomi sektörlerine yapılan özel yatırımlar olduğunu, en az etkiye sahip göstergelerin ise ağırlık katsayıları 0,15 olan brüt katma değer ve malzeme ithalat bağımlılığı olduğunu ortaya koymuştur. 2021 yılında, döngüsel ekonomi sektörlerine yapılan özel yatırımlar 0,23 ağırlık katsayısı ile AB ülkelerinde döngüsel ekonomi performansının en etkili göstergesi olmaya devam ederken, tüketim ayak izi ağırlık katsayısı 0,14 ile en az etkiye sahip gösterge olmuştur. 2022 yılında, döngüsel ekonomiye yapılan özel yatırımlar 0,22 ağırlık katsayısı ile en etkili gösterge olmaya devam ederken, brüt katma değer 0,14 ağırlık katsayısı ile döngüsel ekonomi performansı üzerinde en az etkiye sahip olmuştur. Son olarak, analizin son yılı olan 2023'te, döngüsel ekonomiye yapılan özel yatırımlar, 0,22'lik ağırlık katsayısıyla yine en etkili gösterge olurken, döngüsel ekonomi sektörlerinde istihdam edilen kişi sayısı, 0,13'lük ağırlık katsayısıyla performans üzerinde en az etkiye sahip gösterge olmuştur.

Son olarak, CRITIC yöntem ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak, AB ülkelerinin 2020-2023 dönemi için döngüsel ekonomi performansları, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden TOPSIS yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve ülkeler performans puanlarına göre sıralanmıştır. Bu yöntem, birden fazla kritere sahip alternatiflerin pozitif ve negatif çözüm noktalarına olan mesafelerini dikkate alarak en iyi seçeneğin seçilmesine olanak tanır. TOPSIS yönteminin uygulanması sonucunda, 2020 yılında Avusturya 60,33, Belçika 56,07 ve Estonya 55,26 performans puanı ile en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler olmuştur. 2021 yılında en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler, 60,90 puanla Avusturya, ardından 58,23 puanla Almanya ve 58,04 puanla Portekiz oldu. 2022 yılında ise 63,75 puanla Estonya, 56,50 puanla Avusturya ve 53,82 puanla Litvanya performans sıralamasının zirvesinde yer aldı. Son olarak, 2023 yılında en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler Estonya 67,08 performans puanına, Avusturya 54,04 performans puanına ve Almanya 52,02 performans puanına sahiptir. Döngüsel ekonomi performansı açısından, 2020 yılında en kötü performans gösteren ülkeler sırasıyla İtalya, İsveç, Malta, Slovakya ve Hollanda olurken, 2021 yılında bu sıralama Kıbrıs, İsveç, Finlandiya, Hollanda ve Lüksemburg şeklinde değişmiştir. 2022 yılında döngüsel ekonomi performansı en kötü olan ülkeler sırasıyla Finlandiya, İspanya, Slovakya, Hollanda ve İsveç olurken, 2023 yılında ise Finlandiya, Slovakya, İspanya, Hollanda ve Portekiz döngüsel ekonomi performansı en kötü olan ülkeler olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Avrupa Birliği, CRITIC Yöntem, TOPSIS Yöntemi, Performans

www.turkishstudies.net/economy**Turkish Studies - Economics, Finance, Politics**

eISSN: 2667-5625

**ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY**

Measuring the Circular Economy Performance of EU Countries in the Context of Competitiveness and Innovation, and Global Sustainability and Resilience Using CRITIC and TOPSIS Methods

Introduction

In global economies, the increasing demand for natural resources, the scarcity of raw material reserves, the effects of climate change, the decrease in biodiversity, and the increase in waste production have made the sustainability of the traditional economic model debatable. The traditional economy refers to the understanding of production and consumption that emerged after mass production with industrialization and became more pronounced with urbanization. In the traditional economic model, raw materials are extracted to produce goods, labor and capital are used to create the product, which is then sold to the consumer, and after serving its purpose, the product becomes waste (Uysal, 2020, p. 601). While the traditional economic model prioritizes economic efficiency, it does not consider long-term environmental and socio-economic costs as a significant problem and ignores the reintegration of waste into the economy (Kaplan, 2022, p. 662). The traditional economic model operates on a take-use-discard principle, which hinders the efficient use of resources and is considered an obstacle to sustainable development (Fischer & Pascucci, 2017, p. 1).

In the traditional economy, raw materials are processed into products, these products are offered for consumer use, and finally consumed and become waste. In the traditional economic model, the recycling and reintegration of waste generated after product consumption into the economy is quite limited. One of the main goals of the traditional economy is to increase profitability by reducing production costs as much as possible. Therefore, the priority is on industry rather than the environment (Önder, 2018, p. 198). The traditional economy, lacking environmental awareness, can also lead to problems such as overproduction, overuse of resources and depletion of natural resources, shortened product life cycles, and excessive waste accumulation (Akdoğan, 2021, p. 10).

The economic model developed to prevent the environmental damage caused by the traditional economy, to increase efficiency, and to ensure sustainable development is called the circular economy model. The circular economy model is easier to understand than the traditional economic model and represents a fundamental alternative to the traditional economic model (Acar, 2023, p. 270). Reducing environmental problems, decreasing waste generation, reusing waste materials, reducing the use of natural resources, increasing efficiency, and extending the product life cycle are the cornerstones of the circular economy (Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022, p. 212). In this context, circular economy approaches stand out as efficient and environmentally friendly solutions (Güven & Argun, 2025, p. 15).

The circular economy is an economic system developed by drawing inspiration from nature, where economic activities are carried out in harmony with the natural ecosystem. In other words, the waste of one organism in nature is used by another, and its waste becomes the input for yet another organism, thus creating a natural ecosystem. The circular economy is fundamentally a model that

aims to reuse products produced using natural resources, not discarding them after use, but repurposing them as inputs for other products, thus ensuring their continued presence on the market for as long as possible. In the long term, this will reduce dependence on raw materials and supplies in nature, contributing to both the protection of nature and sustainability (Özsoy, 2019, p. 131; Bolayır & Eroğlu, 2025, p. 223; Technical Support Project, 2023, p. 6). The circular economy is a system where products and materials are used efficiently for a long time, and after use, they are transformed and reintroduced into the process (Lacy, Long & Spindler, 2020, p. 19). Circular economy is an economic concept where all processes from production to distribution proceed in a use-and-reuse manner, thus the same resources are used multiple times (Aysan Özdemir & Gür, 2024, p. 2034). Considered an economic model that will ensure sustainable development, the circular economy is also defined as the recycling of waste materials and their reintegration into the economy. All materials that are considered unnecessary and discarded in the traditional economy, from production to consumption, are evaluated as resources in the circular economy (Yıldız, 2019, p. 84).

The circular economy is a regenerative system aimed at achieving maximum efficiency with minimum resources, which has come to the forefront due to the rise in population and living standards, and the resulting rapid increase in consumption. Since resources in the circular economy are designed to always remain in flow and use, the amount of waste will be minimized. Waste that is inevitably generated in the system is recycled and reintegrated into the economy (Circular Economy Guide for Businesses, 2020, p. 5). In the circular economy model, the cycle encompasses the efficient use of resources, waste reduction, recycling, and reuse.

The European Union defines the circular economy as an approach that aims to use existing resources and materials efficiently to ensure that the value of products and resources is retained in the economic system as much as possible, and to keep the amount of waste generated at the lowest level. The circular economy model is a comprehensive model that also includes aspects such as increasing the durability of products, energy efficiency in production and consumption processes, creating markets for recycled materials, encouraging waste reduction and separation at the source, and designing products that are easy to maintain, repair, and recycle (European Commission, 2015).

The transition from a traditional economy to a circular economy both reduces the environmental damage caused by production processes and supports sustainable development by using natural resources more effectively. With this feature, the circular economy is also included in the United Nations Sustainable Development Goals (Güreşçi, 2020, p. 59). The circular economy, which aims for sustainable development and reduced resource consumption, is based on principles such as solving environmental and climate problems, utilizing generated waste, using products multiple times within the cycle, and renewing natural resources. In short, the circular economy represents a constructive and innovative approach focused on extending the lifespan of materials to obtain the highest value from them (Upadhayay & Alqassimi, 2019, p. 64). The circular economy is not a system change process that can be solved with technical competencies. On the contrary, the circular economy represents a radical transformation in which consumption habits in society or individual consumption perceptions change completely and are taken to a completely new point (Gökşen et al., 2020, p. 394).

The concept of 3R was initially derived to explain the circular economy model. 3R stands for reduce, reuse, and recycle. Reduction refers to decreasing the amount of input in production to increase efficiency. Reuse refers to using waste generated during production stages in other stages of the product or in different products. Recycling, the third concept within 3R, is the recycling and reuse of used materials to prevent the need for new materials (Heshmati, 2015, pp. 5-6).

As the circular economy gained importance, the 3R concept expanded and came to be called the 6R concept. In addition to reduction, reuse, and recycling, the 6R concept now includes recovery, resizing, and remanufacturing. Recovery refers to the maintenance and repair of a product after a

certain period of use. The concept of redesigning refers to renewing the design of a product for its future uses. Another R within the 6R concept stands for remanufacturing, which refers to renewing all or part of a product without compromising its originality and functionality (Jawahir & Bradley, 2016, p. 105). In the operation of the 6R model, the reduction phase aims to reduce the quantities of inputs included in the production process. The reduction phase is related to the pre-production phase, the production process, and the use of the product. If the product can be renewed after use, it is renewed; if it cannot be renewed, it is stored and its remanufacturing is evaluated. The remanufactured product is put into use, and the products in storage that cannot be remanufactured are recycled. The recycled material returns to the production phase. In addition, a renewed product can be redesigned and returned to the production phase (Akçacı & Güleç, 2025, pp. 6-7).

In their study, Potting, Hekkert, Worrell, and Hanemaaijer (2017) developed the concepts of the circular economy expressed by the 6Rs and proposed concepts that can be expressed as the 10Rs. Accordingly, the concepts of the circular economy are expressed as: refuse, rethink, reduce, reuse, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle, and recover (Potting et al., 2017, p. 5). Unlike other model principles, the refusal principle in this model means rendering the product unnecessary by making it dysfunctional or by replacing it with a different product. The rethink principle refers to making the product more widely used through reuse and sharing models or by introducing products with higher functionality to the market. Another principle in the model is the repair principle. This principle refers to ensuring the product is used in its original condition by performing maintenance and repairs. The refurbishment principle refers to overhauling and updating an old product to reach a specified quality level. The last R of the circular economy, repurposing, refers to using a product or parts that have become waste in a new product with a new function. Principles such as reuse, remanufacturing, and repair are considered within the scope of high-level circularity principles (Circular Economy Guide for Businesses, 2020, p. 33; Kuvvetli Yavaş, 2023, p. 18). High-level circularity means producing a new product using fewer resources and fewer materials, and requires a radical change (Potting et al., 2017, p. 14).

The circular economy model, encompassing all processes from raw material procurement to design, production, distribution, consumption, and recycling, aims to keep resources in the cycle for as long as possible and minimize the amount of waste generated (Ayturan et al., 2025, p. 15). In this way, it will be possible to use the available natural resources without compromising the well-being of future generations.



Source: https://sustainablefuture.com.tr/dongusel_ekonomi_nedir/ 2025.

Figure 1. Circular Economy Process

In summary, the circular economy process begins with raw materials, as shown in Figure 1. Raw materials obtained from nature are designed for more functional use of the product. After sustainable product design, the manufacturing stage begins. During the manufacturing process, all or part of the product is renewed. Products ready for sale are distributed and delivered to consumers. Consumers are encouraged to repair and reuse the products during their usage period. Products that have reached the end of their lifespan after being used for as long as possible are collected and included in the recycling process. In the recycling process, products are evaluated as raw materials and included in the cycle again. A small portion that cannot be recycled becomes waste. Therefore, the circular economy encompasses all processes from the acquisition of raw materials to their use and recycling.

The European Union is the pioneering community in the emergence of the circular economy concept (Seyhan, 2023, p.6). In this context, the European Commission took the first step by adopting the Waste Environment Directive in 1975. In 1990, Pearce and Turner officially used the term circular economy for the first time (Altuntaş, 2024, p. 20). Over time, various decisions and policies have been published on the subject. In 2014, the European Commission published the Towards a Circular Economy: Zero Waste Programme for Europe, setting the first serious targets and policies regarding the circular economy. In 2015, the European Commission implemented the Circular Economy Action Plan, which represents the circular economy monitoring framework to evaluate circular economy initiatives in member states. In 2020, the European Commission updated the existing circular economy action plan and reinstated it as the New Circular Economy Action Plan. In 2022, the European Commission adopted the sustainability and green transition action plan

proposed in the circular economy action plan. Finally, in 2023, the European Commission revised the circular economy monitoring framework and continued its implementation (Yılmaz, 2022, p. 98; Çetinkaya & Aliagaoglu, 2020, s.2904-2905).

The European Commission uses over twenty key indicators in its Circular Economy monitoring framework, covering the main themes of production and consumption, waste management, secondary raw materials, competitiveness and innovation, and global sustainability and resilience. This study analyzes the themes of competitiveness and innovation, along with global sustainability and resilience, using their respective sub-indicators. Following the introduction, the study examines the development of these indicators in EU countries, includes examples from the literature, and theoretically explains the methods used. Finally, the circular economy performance of countries is measured and ranked in the context of these indicators for the years 2022 and 2023.

The Course of the Circular Economy in EU Countries

This study provides brief information on the indicators within the themes of competitiveness and innovation and global sustainability and resilience, which form the subject of the EU Circular Economy Action Plans, and reveals the course of these indicators in EU countries.

Competitiveness and Innovation Theme

The circular economy contributes to employment and sustainable growth. Growth, in turn, brings competition and innovation. The development of innovative technologies helps sustainable growth in the circular economy process through new products, new designs, and reuse. The EUROSTAT database contains 3 indicators under the theme of Competitiveness and Innovation.

Private Investment and Gross Value Added in Circular Economy Sectors

The first indicator under the theme of competitiveness and innovation in the circular economy monitoring framework is private investment and gross value added in circular economy sectors. Innovation and investments are fundamental elements of the transition to a circular economy and make significant contributions to employment and growth.

EUROSTAT calculates the number of equivalent employees, gross value added at factor costs, and gross investment in tangible goods annually using a conceptual framework, mapping, and data collection procedures. Private investment and gross value added are calculated in millions of euros and as a percentage of GDP and are published annually (Eurostat, 2025a).

Table 1: Private Investment and Gross Value Added (%) in Circular Economy Sectors

	2014		2016		2019		2020		2021		2022		2023	
	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D
Belgium	1,2	1,7	1,7	1,8	1,6	1,8	1,6	1,9	1,4	1,8	1,3	1,5	1,3	1,5
Bulgaria	0,6	1,5	0,6	1,5	0,7	1,7	0,5	1,7	0,6	1,5	0,5	1,2	0,4	1,2
Czech Republic	0,8	2	0,7	1,9	0,7	1,8	0,7	1,8	0,7	1,9	0,6	1,5	0,6	1,4
Denmark	1	1,8	0,9	1,9	0,8	1,7	0,8	1,8	0,9	1,7	0,8	1,6	0,8	1,6
Germany	0,5	1,9	0,5	1,9	1	2,3	1	2,4	1	2,7	0,9	2,2	0,9	2,2
Estonia	0,6	2	0,7	2	0,8	2,3	0,8	2,2	0,7	2,1	0,7	1,9	0,7	1,9
Ireland	0,4	6,6	0,2	5	0,5	4	0,2	3,8	0,1	3,8	0,2	2,8	0,2	2,9
Greece	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,7	0,2	0,7	0,3	1	0,1	0,5	0,1	0,5
Spain	0,3	1,7	0,5	1,7	0,5	1,9	0,5	1,9	0,6	2	0,5	1,7	0,5	1,6
France	0,9	1,8	0,9	1,7	0,9	1,7	0,9	1,8	0,9	1,9	0,8	1,6	0,8	1,5
Croatia	0,5	1,8	0,6	1,9	0,6	2,4	0,6	2,4	0,4	2,3	0,5	1,8	0,4	1,6
Italy	0,3	1,6	0,4	1,7	0,7	1,8	0,5	1,8	0,5	2,1	0,5	1,7	0,5	1,6
Cyprus	0,2	1,4	0,3	1,5	0,3	1,7	0,3	1,5	0,5	1,5	0,2	1,3	0,2	1,3
Latvia	0,8	1,6	0,5	1,6	1,2	1,9	0,7	1,8	0,6	1,7	0,6	1,5	0,6	1,4
Lithuania	0,7	1,6	0,9	1,8	0,7	2	0,6	1,9	0,7	2,1	0,7	1,6	0,6	1,6
Luxmborg	1	1,2	1,7	1,3	1,4	1,5	1,1	1,4	1,4	1,7	1,3	1,3	1,3	1,3
Hungary	0,6	1,6	0,7	1,6	0,8	1,8	0,7	1,8	0,7	2	0,6	1,6	0,6	1,4
Malta	0,5	2,2	0,4	2,8	0,6	3	0,5	2,9	0,4	1,6	0,4	2,3	0,4	2,1
Netherlads	0,9	1,9	1,1	1,9	1,4	1,8	1,1	1,8	1,2	1,9	1,1	1,6	1,1	1,5
Austria	1,6	2,2	1,6	2,2	1,5	1,9	1,4	2	1,2	2,2	1,2	1,8	1,1	1,8
Poland	0,6	1,9	0,6	1,9	0,8	1,9	0,6	1,9	0,7	1,9	0,6	1,6	0,6	1,4
Portugal	0,7	1,4	0,8	1,4	1	1,5	0,8	1,5	0,9	1,7	0,7	1,3	0,7	1,2
Romania	0,9	1	0,5	1,1	0,5	1,1	0,4	1,1	0,5	1,2	0,4	0,9	0,4	0,8
Slovenia	0,2	1,6	0,3	1,6	0,3	1,5	0,3	1,6	0,3	1,7	0,2	1,4	0,2	1,3
Slovakia	0,6	1,1	0,6	1,3	0,5	1,4	0,5	1,4	0,5	1,6	0,5	1,3	0,5	1,2
Finland	0,4	1,5	0,4	1,4	0,3	1,4	0,3	1,4	0,6	1,6	0,4	1,4	0,4	1,4
Sweden	0,4	1,5	0,5	1,4	0,4	1,3	0,4	1,4	0,5	1,4	0,4	1,3	0,5	1,4

Source: Eurostat, 2025a.

Table 1 shows the percentage of GDP of private investment and gross value added in circular economy sectors for EU member states, obtained from the Eurostat database for the years 2014-2023. According to the table, while private investment and gross value added constitute around 1% - 2% of GDP, the value added created is generally higher than investments on a country basis. For example, in Ireland, private investments constituted 0.4% of GDP in 2014, while the value added created constituted 6.6% of GDP. In 2023, private investments constituted 0.2% of GDP, while the value added created was 2.9% of GDP.

Employees in Circular Economy Sectors

The second indicator under the competitiveness and innovation theme of the circular economy monitoring framework is the number of employees in circular economy sectors. Sectors

closely related to the circular economy, such as recycling, repair, and reuse, have high job volumes and support local employment. The number of employees in these sectors is calculated as a percentage of total employment, equivalent to full-time work. The number of people employed in circular economy sectors provides insight into the extent to which the transition to a circular economy has taken place and whether the expected results have been achieved (Eurostat, 2025b).

Table 2: Percentage of Employees Working in Circular Economy Sectors (%)

	2014	2019	2020	2021	2022	2023
Belgium	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,2
Bulgaria	2,9	3,1	3	3	2,7	2,7
Czech Republic	2,5	2,6	2,6	2,9	2,6	2,6
Denmark	1,6	1,5	1,5	1,6	1,3	1,3
Germany	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7
Estonia	3,4	3,8	3,7	4,2	7,3	7,9
Ireland	1,7	1,7	1,6	1,9	1,1	1,3
Greece	1,7	1,8	1,8	2	1,6	1,5
Spain	2	2,3	2,3	2,3	1,9	2
France	1,8	1,9	2	2	1,8	1,8
Croatia	3,8	4,6	4,5	4,6	4	3,9
Italy	2,1	2,1	2,2	2,3	2	2
Cyprus	2,3	2,9	2,8	2,9	2,8	2,8
Latvia	4,5	3,9	3,7	3,7	3,5	3,6
Lithuania	4,1	4,3	4,3	4,6	4	4,2
Luxembourg	1,7	1,5	1,7	1,7	3,9	4,2
Hungary	2,3	2,6	2,6	2,8	2,3	2,3
Malta	3,3	3,1	3,1	3,5	2,7	2,7
Netherlands	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
Austria	1,5	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4
Poland	2,4	2,5	2,5	2,5	2,3	2,3
Portugal	2,3	2,6	2,6	2,8	2,3	2,3
Romania	2,3	2,4	2,4	2,8	2,3	2,3
Slovenia	2,1	2,3	3,1	2,9	2,5	2,7
Slovakia	2,7	2,8	2,8	2,8	2,6	2,7
Finland	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
Sweden	1,6	1,6	1,5	1,7	1,4	1,5

Source: Eurostat, 2025b.

Table 2 shows the percentage share of those employed in circular economy sectors within total employment in EU member states between 2014 and 2023, based on data from the Eurostat database. According to the table, approximately 2% of those employed in these countries work in circular economy sectors, although this rate is significantly higher in Estonia, Lithuania, Latvia, and Croatia.

Patents Related to Recycling and Secondary Raw Materials

The final indicator under the competitiveness and innovation theme of the circular economy monitoring framework is patents related to recycling and secondary raw materials. Patent statistics are a widely used indicator for assessing technological progress in a particular industrial sector. They are considered a widely accepted output-oriented indicator of innovation. In the transition to a circular economy, innovation plays a significant role in the development of new technologies, processes, services, and business models.

The indicator measuring the number of patents related to recycling and secondary raw materials is classified using the Cooperative Patent Classification (CPC) and published as the number of patents per million people. Furthermore, the data for this indicator is not produced directly by EUROSTAT; the data is produced by the European Patent Office (EPO) and published in the Eurostat database (Eurostat, 2025c).

Table 3: Patents Related to Recycling and Secondary Raw Materials (Per Million People)

	2012	2013	2014	2018	2019	2020	2021
Belgium	0,8	1,39	1,15	1,45	1,77	1,02	1,03
Bulgaria	0	0	0,21	0,07	0	0	0
Czech Republic	0,72	0,67	0,41	0,44	0,91	1	0,55
Denmark	0,69	1,06	1,75	0,96	1,33	0,9	0,78
Germany	1,17	1,07	1,1	1,03	1,42	1,65	0,95
Estonia	0,19	0	2,28	0	0	0	0,75
Ireland	0,3	0,55	0,83	0,62	0,48	0,79	0,75
Greece	0	0	0,09	0	0,03	0,05	0
Spain	0,39	0,56	0,44	0,38	0,32	0,62	0,47
France	0,81	0,64	1,06	0,64	0,85	0,79	0,48
Croatia	0,04	0	0	0	0	0	0
Italy	0,58	0,47	0,34	0,37	0,83	0,97	0,64
Cyprus	0	0,97	0,58	0	0	0	0
Latvia	1,15	1,99	0,04	0	0,52	0,26	0
Lithuania	0,39	0,34	0	0	0,53	0	0,36
Luxembourg	4,94	6,18	11,66	3,73	4,57	6,93	1,67
Hungary	0,35	0,13	0,29	0,21	0,31	0,1	0
Malta	0	0	1,73	0	0	0	0
Netherlands	1,17	1,03	1,29	1,81	1,42	1,06	1,69
Austria	1,36	1,23	0,94	1,5	2,17	2,96	3,41
Poland	1,41	0,74	0,74	0,76	0,63	0,78	0,39
Portugal	0,27	0,29	0	0,1	0,38	0,48	0
Romania	0,25	0,12	0,25	0,59	0,41	0,65	0,64
Slovenia	0	0,97	1,13	0	0,48	0,24	0,47
Slovakia	0,25	0,18	0,18	0,37	0,18	0,37	0
Finland	2,59	2,63	2,71	4,3	3,24	6,03	5,85
Sweden	0,57	0,9	0,6	1,72	1,51	0,79	0,36

Source, Eurostat, 2025c.

Table 3 shows the number of patents per million people related to recycling and secondary raw materials in EU member states between 2012 and 2021. According to the table, Luxembourg, Austria, and Finland stand out from other EU countries in terms of the number of patents per capita. While this number is zero or close to zero in some countries, for example, Finland had 5.85 patents per million people in 2021.

Global Sustainability and Resilience Theme

Sustainability aims to meet the needs of the present generation without depleting the resources that future generations will use to meet their needs. The concept of sustainability is generally based on promoting the sustainable use of natural resources and is a result of the development of sustainability within the circular economy framework. In this context, the global sustainability and resilience theme is explained by four indicators in the EUROSTAT database.

Consumption Footprint

The first indicator under the global sustainability and resilience theme of the circular economy monitoring framework is the consumption footprint. The consumption footprint, used to comprehensively assess an economy's global resource consumption, measures the total global extraction of raw materials against the backdrop of the goods and services demanded by that country. Addressing local and environmental impacts through imported goods, the consumption footprint estimates the environmental impact of EU and member state consumption by combining data on the consumption intensity and environmental impacts of representative products. The consumption footprint is an environmental impact assessment method that converts the emissions and resources used throughout the life cycles of approximately 160 products from the food, mobility, housing, household goods, and appliance product groups into potential environmental impacts based on their consumption intensity.

Data for the indicator is produced annually by the EU Joint Research Centre (JRC) and published by EUROSTAT (Eurostat, 2025d), presented as per capita units by impact category, as an index (2010=100), and as a planetary limit.

Table 4: Per Capita Consumption Footprint in EU Countries

	2014	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Belgium	1,07	1,06	1,05	1,09	1,04	1,03	1,05	1,02
Bulgaria	0,58	0,62	0,66	0,69	0,66	0,69	0,7	0,72
Czech Republic	0,76	0,78	0,84	0,84	0,81	0,88	0,91	0,86
Denmark	1,17	1,18	1,2	1,23	1,2	1,18	1,22	1,18
Germany	1,13	1,1	1,09	1,09	1,06	1,03	1,05	1,08
Estonia	0,92	0,95	1,02	1,04	0,98	0,99	1	0,97
Ireland	1,41	1,4	1,34	1,28	1,23	1,18	1,21	1,25
Greece	0,77	0,78	0,85	0,85	0,77	0,82	0,89	0,88
Spain	0,92	0,94	1,01	1	0,91	1	1,07	1,05
France	0,98	0,98	0,99	0,97	0,92	0,94	0,97	0,97
Croatia	0,72	0,75	0,86	0,85	0,81	0,87	0,91	0,89
Italy	1	1,02	1,05	1,08	1	1,04	1,09	1,05
Cyprus	1,07	1,09	1,15	1,14	1	1,05	1,11	1,13
Latvia	0,85	0,86	0,9	0,92	0,9	0,88	0,92	0,95
Lithuania	0,82	0,81	0,91	0,93	0,92	0,95	0,98	0,94
Luxembourg	1,27	1,29	1,31	1,32	1,27	1,31	1,32	1,3
Hungary	0,63	0,64	0,7	0,7	0,68	0,71	0,73	0,72
Malta	1,11	1,12	1,18	1,18	1,08	1,11	1,14	1,12
Netherlands	1,22	1,21	1,23	1,17	1,08	1,1	1,2	1,18
Austria	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,96	0,96
Poland	0,7	0,71	0,79	0,79	0,81	0,85	0,86	0,86
Portugal	0,85	0,86	0,99	1,02	0,94	0,97	1,04	1,07
Romania	0,58	0,59	0,63	0,62	0,62	0,64	0,66	0,67
Slovenia	0,86	0,88	0,91	0,89	0,85	0,84	0,87	0,87
Slovakia	0,64	0,62	0,68	0,68	0,67	0,69	0,71	0,71
Finland	1,15	1,13	1,13	1,12	1,07	1,08	1,1	1,09
Sweden	1,19	1,19	1,13	1,12	1	1,02	1,07	1,08

Source: Eurostat, 2025d.

Table 4 shows the per capita consumption footprint values in EU countries for the years 2014-2023. According to the table, the consumption footprint in Belgium was 1.07 units in 2014 and 1.02 units in 2023. In Spain, the consumption footprint increased from 0.92 units in 2014 to 1.05 units in 2023.

Greenhouse Gas Emissions from Production Activities

Another indicator under the global sustainability and resilience theme of the circular economy monitoring framework is greenhouse gas emissions from production activities. Greenhouse gas emissions refer to the calculation of human-caused gases in carbon dioxide (CO₂) equivalent that can cause the greenhouse effect in a country in one year. Greenhouse gas emissions are also associated with the extraction and processing of natural resources. A circular economy with more secondary raw materials contributes to climate neutrality because it emits less greenhouse gas.

Greenhouse gases include numerous gases such as carbon dioxide, methane, nitrous oxide, ammonia, carbon monoxide, and sulfur dioxide. Greenhouse gas emissions are calculated in CO₂ equivalent, in kilograms per person (Eurostat, 2025e).

Table 5: Per Capita Greenhouse Gas Emissions in EU Countries (tons)

	2008	2020	2021	2022	2023	2024
Belgium	10,3	7,5	7,5	7,2	6,8	6,8
Bulgaria	8,4	7	8	8,4	6,4	6,2
Czech Republic	11,9	8,3	9	8,8	7,6	7,2
Denmark	18,6	12,9	14,2	13,4	12,6	13,5
Germany	10	6,9	7,4	7,4	6,5	6,3
Estonia	15	7,9	8,8	9,9	7,3	7
Ireland	11,9	10,5	10,9	12,2	11,7	11,3
Greece	11	7,2	7,4	7	6,7	6,5
Spain	7,3	4,5	4,8	4,9	4,5	4,4
France	6,7	4,7	4,9	4,8	4,5	4,4
Croatia	5,8	4,7	4,7	4,8	4,9	4,6
Italy	48	4,9	5,3	5,3	5	4,8
Cyprus	11,1	7,6	7,4	7,4	7,4	7,5
Latvia	5,3	5	5,2	5,2	5,2	5,1
Lithuania	6,9	7,8	7,9	7,4	7,2	7,3
Luxembourg	17	13,1	13	12,8	11,7	11,8
Hungary	6,1	5,3	5,3	5,2	4,7	4,8
Malta	6,2	4,8	5,7	6,6	9,1	11,6
Netherlands	11,6	8,8	8,8	8,3	7,8	7,7
Austria	8,2	6,1	6,3	6,4	5,9	5,9
Poland	9,4	8,9	9,9	9,5	8,7	8,4
Portugal	6,5	4,8	4,8	4,8	4,4	4,2
Romania	6,7	4,9	5	4,7	4,4	4,9
Slovenia	8	6	5,9	5,4	5,2	5,4
Slovakia	7,6	5,5	6,2	5,5	5,4	5
Finland	12,7	7,9	7,9	7,7	7,1	6,6
Sweden	6,1	3,9	4,1	4	3,9	4,1

Source: Eurostat, 2025e.

Table 5 shows the calculated greenhouse gas emissions per capita in tons for EU countries for the years 2008-2024. Looking at the table as a whole, it can be seen that there has been a decrease in greenhouse gas emissions year by year in line with the European Commission's targets. For example, in Belgium, per capita greenhouse gas emissions decreased from 10.3 tons in 2008 to 6.8 tons in 2024. Similarly, in Germany, per capita greenhouse gas emissions decreased from 10 tons in 2008 to 6.3 tons in 2024. (For further discussion on greenhouse gas emissions, the Paris Climate Agreement, and their economic implications, see Dikmen, 2019; Pınarcıoğlu, 2018; Altıntaş, 2021; Doğan & Acet, 2017; Ulusoy & Atay, 2018; and Aldırmaz Akkaya, 2019).

Material Import Dependence

Another indicator under the global sustainability and resilience theme of the circular economy monitoring framework is material import dependence. Material import dependence shows the degree to which an economy relies on imports to supply the materials it needs. Controlling and reducing import dependence, especially for fossil energy sources, is crucial. This indicator is obtained by calculating the percentage ratio of imports to direct material inputs. Material import dependence cannot be negative or greater than 100%. Furthermore, if the ratio is equal to 100%, it can be concluded that no production took place in the country during that year (Eurostat, 2025f).

Table 6: Material Import Dependence in EU Countries (%)

	2000	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Belgium	67,1	72,5	71,4	72,4	73	74,9	75,6	75,8
Bulgaria	16,1	15,9	14,1	16	15,3	17,3	15,8	16,8
Czech Republic	20,2	29,3	33	31,1	33,2	32,9	34	34,8
Denmark	29,1	35,2	35,9	38	39,2	39,5	42,6	42,8
Germany	30,7	38	40	39,6	38,7	38,6	38,6	39,5
Estonia	18,2	21,7	19,9	26,9	30,5	26,4	21,9	22,8
Ireland	21,4	28,6	32,1	29,6	31,7	30,9	30,5	31,5
Greece	23,8	23,2	29,5	39,1	40,6	40,1	39,8	42
Spain	28,3	32,7	43,8	38	39,5	42,3	42	39,8
France	32,5	35,9	36,9	32,1	31,9	32,4	29,6	30,8
Croatia	23,6	26,8	29,5	33,8	35,5	36,8	36,6	37,6
Italy	37,6	40,8	47,1	45,7	46,6	48,1	47,6	46,6
Cyprus	22,2	24,7	32,8	32,4	31,9	31,1	32,3	32,7
Latvia	24,5	26,4	31,4	32	31,4	31,1	31,9	29
Lithuania	33	41	40,7	36,7	37,9	36,8	34,7	33,4
Luxembourg	86,3	90,2	91,2	90,2	89,5	90,1	89	89,4
Hungary	22,3	28,9	26,7	26,8	27,9	29,7	27,6	27,8
Malta	43,1	57,7	74,6	69,9	72,5	72,5	67,7	73,6
Netherlands	68,6	73,1	77,3	79,9	81,4	82	83	83,7
Austria	34,3	41,5	42,4	44,3	43	41,9	41,6	40,9
Poland	12	16,9	17,6	19,3	19,7	20,8	20,6	21
Portugal	24,6	24,2	31	31,1	28,9	32,2	31,5	32,3
Romania	13,4	12,1	9,3	9,3	10,1	9,9	9,2	9
Slovenia	28,3	38,3	44,5	46,5	45,6	46,9	45,8	47,3
Slovakia	40,3	42,2	42,4	42,7	45,2	45,8	43,8	44,5
Finland	27	21,6	22	20,2	19,1	18,4	16,8	17,5
Sweden	28,3	27,6	25,5	23,7	23,9	24,4	24,6	25,7

Source: Eurostat, 2025f.

Table 6 shows the percentage of material import dependency in EU countries for the years 2000-2024. Looking at the table as a whole, it can be seen that import dependency has increased over the years in the majority of EU countries. For example, in Luxembourg, material import dependency was 86.3% in 2000 and 89.4% in 2024. Similarly, in Poland, material import dependency was around 12% in 2000 and rose to 21% in 2024.

EU Self-Sufficiency in Raw Materials

The final indicator under the global sustainability and resilience theme of the circular economy monitoring framework is the EU's self-sufficiency in raw materials. Raw materials are vital to the functioning of the EU economy. The EU Circular Economy Action Plan targets specific actions in the area of critical raw materials. Critical raw materials are those of high economic importance to the EU and are sensitive to supply disruptions. In some cases, their extraction can also affect environmental policies as it would have significant environmental impacts. Increasing the recovery of critical raw materials is one of the key challenges to consider in the transition to a more circular economy.

The self-sufficiency indicator measures how independent the EU is from the rest of the world in terms of many raw materials. The calculation of the self-sufficiency indicator is done at the first two stages of the value chain for materials – extraction and processing – and is measured as a percentage. The values of the self-sufficiency indicator can range from 0% to 100%. Any value outside this range is not interpretable. Therefore, it is not possible to have either negative self-sufficiency or self-sufficiency exceeding 100% for a given material (Eurostat, 2025g).

Table 7: Self-sufficiency of EU Countries in Terms of Certain Raw Materials (%)

	2011		2015		2018		2022	
	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme
Aluminum	16,8	52,9	11,8	53,8	9,8	52,3	11	42
Borate/Boron	0	0	0	0	0	0	0	30
Cobalt	4	25,2	15,6	26,2	2,6	8,5	19	99
Copper	57,4	82,9	57,5	82,3	62,3	82,1	52	83
Calcium Fluoride	23	100	43,7	100	29	100	40	:
Gallium	:	100	:	30,2	:	0	:	2
Germanium	:	36,5	:	69,2	:	0	:	58
Indium	:	100	:	100	:	100	:	89
Iron	25,5	95,8	25,7	94,7	30,2	94,9	23	94,9
Limestone	89,9	:	93,9	:	94,3	:	100	:
Lithium	16,1	0	9,7	0	30,1	0	19	0
Molybdenum	0	3	0	14	0	22	0	0
Natural Graphite	0,9	:	1,3	:	0,3	:	1	:
Platinum	:	0	:	3,1	:	3,9	:	3,9
Silicon	:	39,5	:	35,7	:	31,8	:	36
Vanadium	:	60,2	:	47,9	:	48,3	100	0

Source: Eurostat, 2025g.

Table 7 shows the self-sufficiency of EU countries in the extraction and processing of some raw materials as a percentage between 2011 and 2022. According to the table, EU countries have a share in both extraction and processing processes for some raw materials, while for others they only have a share in extraction or only processing processes. In 2022, 11% of the aluminum extracted was extracted by EU countries, while 42% of this raw material was processed by EU countries.

Literature Examples

Many scientific studies have been conducted on the circular economy, especially in recent years. These studies are conducted on a firm-by-firm, sector-by-sector, country-by-country, and country-group basis, either as situation assessment or impact assessment, or as comparison or

performance measurement. The vast majority of these studies are related to European Union countries, starting from the point of data acquisition. This section of the study includes literature examples on measuring circular economy performance.

In his study, Işık (2025) analyzed the contribution of green growth to sustainable development in 16 European Union countries during the period 2015-2021 using annual data. This study investigated the impact of green growth variables on the sustainable development index using fixed effects, random effects, and the Driscoll-Kraay standard error model from micro-panel data analysis techniques. The study concluded that the share of employment in environmental goods and services and investments in environmental protection have a positive effect on sustainable development, but the share of public R&D budget related to the environment does not have a statistically significant effect.

Gelmez and Eren (2025) investigated the green growth performance of EU countries included in the 2023 green growth index in their study. In the study, the weights of the criteria were determined using the CRITIC and MEREC methods from multi-criteria decision-making methods, and the green growth performance of the countries was measured with the WASPAS method. As a result of the criterion weighting with the CRITIC-MEREC methods, the protection of natural capital criterion was the criterion with the highest importance, while the social participation criterion was the criterion with the lowest importance. As a result of the performance measurement with the WASPAS method, taking into account the calculated weights, the countries exhibiting the most successful green growth performance were Switzerland, Austria, and Germany, respectively; It was concluded that the countries exhibiting the worst green growth performance were Montenegro, Malta, and Iceland, respectively. In her study,

Ece Çokmutlu (2023) analyzed the circular economy performance of manufacturing industry companies included in the Istanbul Stock Exchange Sustainability Index using the ENTROPI and TOPSIS methods. Five criteria were used in the analysis: energy efficiency, water efficiency, emissions, waste management, and material efficiency. As a result of applying the ENTROPI method, it was determined that water consumption and efficiency was the most effective criterion. Using the weighting coefficients obtained for the criteria, the measurement made with the TOPSIS method resulted in the conclusion that VESBE company exhibited the most successful circular economy performance, while ARÇELİK company had the worst circular economy performance.

Seyhan (2023) evaluated the production and consumption performance of EU member countries within the scope of the circular economy for the year 2020. Using data obtained from the EUROSTAT database, criterion weights were calculated with the MEREC method and performance measurements were made with the MARCOS method. In this study, criterion weight calculations using the MEREC method revealed that the most important criterion was trade in recyclable raw materials, while the least important criterion was consumption footprint. Using these calculated criterion weights, performance measurement using the MARCOS method, a multi-criteria decision-making technique, showed that for 2020, the countries exhibiting the most successful circular economy performance were the Netherlands, Germany, and France, respectively; while the countries exhibiting the worst performance were Luxembourg, Finland, and Malta, respectively.

In his study, Yılmaz (2022) compared the circular economy performance of 28 EU countries. The study analyzed data from 2016 and 2018 using CCR and BCC models and Data Envelopment Analysis (DEA). According to the CCR model, the study showed that 12 countries, including Denmark, Czech Republic, and Romania, had good circular economy performance in 2016; and 13 countries, including Romania, Belgium, and Cyprus, had good performance in 2018. According to the BCC model, 14 countries, including Belgium, Germany, and Denmark, had successful circular economy performance in 2016; and 16 countries, including Belgium, Germany, and Luxembourg, had successful performance in 2018. The countries exhibiting the worst circular economy

performance in both 2016 and 2018, depending on the year and methodology used, were Malta, Estonia, Bulgaria, and Greece. The study shows that the increase in the number of countries with successful circular economy performance in 2018 compared to 2016 indicates positive developments in the circular economy process in EU member states.

Giannakitsidov et al. (2020) measured the environmental and circular economy performance of 26 EU member states in their study. The data obtained in the study were analyzed using the data envelopment analysis method. The study revealed significant differences among EU member states, with borders disappearing between Eastern and Western Europe, while borders remained the same between Northern and Southern Europe. The study found that Belgium exhibited the most successful performance in both environmental and circular economy contexts, while countries like Spain and France showed very low environmental and circular economy performance.

Fura et al. (2020) analyzed the development levels of European Union countries in the context of the circular economy. The analysis was conducted by considering circular economy indicators obtained from the EUROSTAT database for the years 2010, 2012, 2014, and 2016. In this study, EU member states were classified as old and new members, and their progress in circular economy indicators for the years 2010 and 2016 was analyzed. The study concluded that Luxembourg, the Netherlands, and Belgium had achieved quite successful progress in circular economy, while Malta, Cyprus, Estonia, and Greece had a lower level of progress.

Data Set and Methodology

The aim of this study is to evaluate the circular economy performance of the 27 EU member states within the framework of the circular economy monitoring framework established by the European Commission, focusing on the themes of competitiveness and innovation and global sustainability and resilience. In this context, the situation in EU countries was analyzed and performance measurements were made in terms of indicators related to private investments and gross added value in circular economy sectors; employees in circular economy sectors; patents related to recycling and secondary raw materials; consumption footprint; greenhouse gas emissions from production activities; material import dependence; and the EU's self-sufficiency in raw materials. Within the scope of the study, the indicator of patents related to recycling and secondary raw materials under the competitiveness and innovation theme was not included in the performance measurement due to the lack of data for the period after 2021. Similarly, the indicator of the EU's self-sufficiency in raw materials under the global sustainability and resilience theme was also not included in the performance measurement due to the lack of country-specific data.

In this study, using annual data from the Eurostat database for the years 2020-2023, the indicators listed in the table below were first used to determine the level at which these indicators affect circular economy performance using the CRITIC method. Subsequently, circular economy performance was measured using the TOPSIS method, a multi-criteria decision-making technique, and a ranking of countries based on their performance was established.

Table 8: Criteria Used in the Study

Indicator	Direction	Source
Private investments in circular economy sectors	Max	Eurostat
Value added related to circular economy sectors	Max	Eurostat
Workers in circular economy sectors	Max	Eurostat
Consumption footprint	Min	Eurostat
Greenhouse gas emissions resulting from production activities	Min	Eurostat
Material import dependency	Min	Eurostat

A review of the literature reveals that circular economy performance in EU countries is generally measured through indicators related to production and consumption, and waste management. Therefore, no studies have been found that measure performance using indicators related to global sustainability and resilience, or competitiveness and innovation. In this context, this study will fill a significant gap in the literature. Furthermore, the fact that both the criterion weights were determined using the CRITIC method and performance measurement was performed using the TOPSIS method with these calculated weighting coefficients distinguishes this study from other studies in the literature.

CRITIC Method

When multiple criteria influence the decision-making process, one of the methods used to determine the level of influence of these criteria on the decision-making process is the CRITIC method. The CRITIC method uses the standard deviations of the criteria included in the analysis and the correlation values showing the relationship between the criteria to calculate the weight of each criterion in an unbiased manner. The method reaches a conclusion through a five-step process in practice (Diakoulaki et al., 1995, pp. 764-765; Çakır & Perçin, 2013, p. 451; Pınar et al., 2023, pp. 438-439; Şenol & Ulutaş, 2018, pp. 93-94; Orhan et al., 2020, p. 401).

The first step is to create the decision matrix using equation (1).

$$X = (x_{ij})_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

The second step is to create the normalized decision matrix using equations (2) and (3).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (3)$$

The third step is to create the correlation coefficient matrix using equation (4).

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}}; j \text{ ve } k=1,2,\dots,n \quad (4)$$

The fourth step is to calculate the C_j values using equations (5) and (6).

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (5)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^m (1 - P_{jk}); j = 1,2,\dots,n \quad (6)$$

Finally, the fifth step is to calculate the weighting coefficients of the variables using equation (7).

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k}; \sum_{j=1}^n w_j = 1; j \text{ ve } k = 1,2,\dots,n \quad (7)$$

The CRITIC method objectively determines the weighting coefficients of the criteria included in the analyses in five steps.

TOPSIS Method

It is one of the MCDM methods that allows for the determination of the best alternative and the taking of correct decisions in decision-making processes where there are multiple criteria and alternatives. The TOPSIS method calculates the performance values based on the positive and

negative ideal solution points of the alternatives and ranks the alternatives according to the performance values obtained. The method reaches the result with a six-step process in practice (Pınar & Erdoğan, 2022, pp. 139-141; Pınar & Paksoy, 2023, p. 117; Yılmaz Türkmen & Çağıl, 2012, pp. 64-67; Sevgin & Kundakçı, 2017, pp. 90-92; Sarı & Aka, 2022, pp. 821-823; Özarı, 2020).

The first step is the creation of the decision matrix with the help of equation (8).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}; i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \quad (8)$$

The second step is to create the normalized decision matrix using equations (9) and (10).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}; i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \quad (9)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (10)$$

The third step is to construct the weighted normalized decision matrix with the help of equations (11) and (12).

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (11)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

The fourth step is to calculate the positive and negative ideal solution points using equations (13) and (14).

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J)\} \rightarrow A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (13)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J)\} \rightarrow A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (14)$$

The fifth step is to determine the distances to the positive ideal solution and the negative ideal solution with the help of equations (15) and (16).

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (15)$$

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (16)$$

Finally, the relative proximity to the ideal solution is calculated using the sixth step equation (17).

$$C = \frac{S^-}{S^+ + S^-} \quad (17)$$

The calculated C values, ranging from zero to one, are sorted from largest to smallest, and the alternative with the highest value is determined as the best alternative.

Application Results

The results given in Table 9 below were obtained from the weighting calculations made using the CRITIC method with data obtained from the Eurostat database regarding private investments, gross added values, employees in circular economy sectors, consumption footprint, greenhouse gas emissions and material import dependency indicators related to circular economy sectors under the

themes of Competitiveness and Innovation and Global Sustainability and Resilience of the 27 EU member countries for the period covering the years 2020 – 2023.

Table 9: CRITIC Method Application Results

		Private Investments	Gross Value Added	Employees in the Sector	Consumer Footprint	Greenhouse Gas Emissions	Material Import Dependence
2020	Standard Deviation	0,25	0,19	0,27	0,26	0,26	0,24
	Cj Value	1,55	1,02	1,14	1,10	1,08	1,07
	Weighting Factor (<i>W</i>)	0,22	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15
2021	Standard Deviation	0,25	0,18	0,28	0,24	0,25	0,24
	Cj Value	1,67	1,04	1,25	1,02	1,12	1,08
	Weighting Factor (<i>W</i>)	0,23	0,15	0,17	0,14	0,16	0,15
2022	Standard Deviation	0,27	0,19	0,21	0,25	0,27	0,24
	Cj Value	1,61	1,07	1,02	1,16	1,34	1,18
	Weighting Factor (<i>W</i>)	0,22	0,14	0,14	0,16	0,18	0,16
2023	Standard Deviation	0,27	0,18	0,21	0,26	0,27	0,25
	Cj Value	1,58	1,07	0,98	1,21	1,26	1,15
	Weighting Factor (<i>W</i>)	0,22	0,15	0,13	0,17	0,17	0,16

According to the table, in the context of the indicators analyzed during the period covering 2020-2023, the indicator that most affected the circular economy performance of EU countries was private investments in circular economy sectors. When the weighting coefficients showing the level of impact of the indicators on the circular economy are evaluated on a yearly basis; it is seen that in 2020, private investments in circular economy sectors were the most effective indicator with a weighting coefficient of 0.22. Employees in circular economy sectors, consumption footprint, and greenhouse gas emissions had weighting coefficients of 0.16; while material import dependency and gross value added in circular economy sectors had weighting coefficients of 0.15.

In 2021, private investments became the criterion that most affected circular economy performance with a weighting coefficient of 0.23, while consumption footprint was the criterion that least affected circular economy performance with a weighting coefficient of 0.14. In 2021, private investments were followed by employees in circular economy sectors with a weighting coefficient of 0.17; Greenhouse gas emissions, with a weighting factor of 0.16, were followed by gross value added and material import dependency criteria with weighting factors of 0.15.

In 2022, private investments were the criterion that most affected circular economy performance with a weighting factor of 0.22, while gross value added and employees in the sector were the criteria that least affected performance with weighting factors of 0.16. In 2022, private investments were followed by greenhouse gas emissions with a weighting factor of 0.18, and consumption footprint and material import dependency criteria with weighting factors of 0.16.

In 2023, private investments were again the criterion that most affected circular economy performance in EU countries with a weighting factor of 0.22, while employees in circular economy sectors were the criterion that least affected performance with a weighting factor of 0.13. In 2023, private investments were followed by consumption footprint and greenhouse gas emissions with weighting factors of 0.17; Material import dependency was followed by the criterion with a weighting coefficient of 0.16, and gross value added with a weighting coefficient of 0.15.

The circular economy performance of the EU and Turkey for the period covering 2020-2023 was measured using the TOPSIS method, one of the multi-criteria decision-making techniques, with criterion weighting coefficients obtained from the EUROSTAT database within the context of the defined criteria. Country rankings were made according to the performance scores obtained with the TOPSIS method. In this context, the performance scores and performance rankings of EU member countries for the period covering 2020-2023 are given in Table 10 below.

Table 10: TOPSIS Method Application Results

2020			2021			2022			2023		
Country	P.P.	P.S.	Country	P.P.	P.S.	Country	P.P.	P.S.	Country	P.P.	P.S.
Austria	60,33	1	Austria	60,90	1	Estonia	63,75	1	Estonia	67,08	1
Belgium	56,07	2	Germany	58,23	2	Austria	56,50	2	Austria	54,04	2
Estonia	55,26	3	Portugal	58,04	3	Lithuania	53,85	3	Germany	52,02	3
Croatia	54,24	4	France	57,46	4	Latvia	52,88	4	France	51,26	4
Germany	53,34	5	Lithuania	57,03	5	France	52,39	5	Lithuania	50,55	5
France	53,20	6	Estonia	56,48	6	Croatia	52,38	6	Latvia	50,44	6
Latvia	52,51	7	Hungary	56,32	7	Germany	52,11	7	Belgium	49,68	7
Hungary	51,11	8	Belgium	55,28	8	Belgium	50,38	8	Luxmborg	49,26	8
Portugal	49,42	9	Latvia	53,93	9	Hungary	50,28	9	Hungary	48,85	9
Lithuania	48,46	10	Croatia	52,73	10	Luxembourg	48,76	10	Croatia	46,93	10
Bulgaria	47,87	11	Bulgaria	52,31	11	Romania	48,35	11	Denmark	46,82	11
Denmark	47,46	12	Poland	51,78	12	Poland	47,27	12	Romania	46,79	12
Czech Republic	46,88	13	Romania	51,73	13	Denmark	47,24	13	Poland	45,90	13
Poland	46,71	14	Denmark	51,36	14	Bulgaria	47,20	14	Bulgaria	45,70	14
Romania	45,88	15	Czech Republic	50,96	15	Czech Republic	45,53	15	Sweden	45,14	15
Spain	43,16	16	Spain	48,79	16	Portugal	45,11	16	Czech Republic	44,71	16
Netherlands	42,08	17	Luxembourg	48,77	17	Sweden	44,29	17	Portugal	43,59	17
Slovakia	41,68	18	Netherlands	48,56	18	Netherlands	44,26	18	Nethlands	43,38	18
Malta	41,66	19	Finland	46,69	19	Slovakia	44,08	19	Spain	42,78	19
Sweden	41,53	20	Sweden	46,57	20	Spain	43,90	20	Slovakia	42,71	20
Italy	39,92	21	Cyprus	45,13	21	Finland	42,63	21	Finland	42,08	21
Ireland	39,86	22	Slovakia	44,61	22	Italy	42,31	22	Italy	40,92	22
Finland	37,22	23	Italy	44,12	23	Cyprus	38,40	23	Ireland	37,60	23
Cyprus	37,14	24	Slovenia	40,16	24	Malta	37,73	24	Slovenia	36,48	24
Slovenia	37,10	25	Ireland	39,26	25	Slovenia	37,61	25	Cyprus	36,27	25
Luxembourg	36,94	26	Malta	38,00	26	Ireland	36,73	26	Malta	32,91	26
Greece	31,28	27	Greece	35,22	27	Greece	31,59	27	Greece	30,26	27

According to Table 10, in 2020, Austria demonstrated the most successful circular economy performance in the context of the themes of Competitiveness and Innovation and Global Sustainability and Resilience with a performance score of 60.33, followed by Belgium with a performance score of 56.07 and Estonia with a performance score of 55.26. The countries with the

worst circular economy performance in 2020 were, respectively, Greece, Luxembourg, Slovenia, Cyprus, and Finland.

Looking at the circular economy performance rankings for 2021, Austria again demonstrated the most successful performance among EU countries with a performance score of 60.90, followed by Germany with a performance score of 58.23 and Portugal with a performance score of 58.04. The countries with the worst circular economy performance among EU countries in 2021 were, respectively, Greece, Malta, Ireland, Slovenia, and Italy.

Looking at the circular economy performance of EU member states in 2022, Estonia had the highest performance with a score of 63.75, followed by Austria with 56.50 and Lithuania with 53.85. The worst performing countries in 2022 were Greece, Ireland, Slovenia, Malta, and Cyprus, respectively.

In 2023, the final year for performance measurement, Estonia again had the highest circular economy performance among EU countries with a score of 67.08, followed by Austria with 54.04 and Germany with 52.02. The worst performing countries in 2023 were again Greece, Malta, Cyprus, Slovenia, and Ireland, respectively.

Table 10 shows that, in terms of performance scores, country performance scores generally remained low, with even the highest performing countries achieving scores between 60 and 67. While the number of countries that achieved a performance score above 50 was 8 in 2020, this number increased to 15 in 2021, 9 in 2022, and 6 in 2023. This indicates that although significant steps have been taken in the area of circular economy, sufficient progress has not yet been achieved in EU countries. Furthermore, the overall upward trend in performance scores each year can be considered a positive development for EU countries.

Conclusion

In the new world, the environmental problems and resource issues brought about by industrialization, along with developments from production to consumption, from competition to sustainability, have brought the circular economy to the forefront. The decisions and action plans recently implemented by the European Commission regarding the transition to a circular economy have brought about significant changes and transformations in the global economy. The extent to which countries have adapted to the circular economy process, and the effectiveness of the steps taken and action plans implemented within this framework, can be determined by measuring circular economy performance. The criteria included in the circular economy monitoring framework defined by the European Commission are used in measuring circular economy performance. In this context, it is possible to make comparisons between countries based on performance measurements, identify the shortcomings of countries, and play a guiding role for future steps and regulations.

Within the scope of this study, the analysis primarily focuses on private investments and gross added value related to circular economy sectors under the theme of competitiveness and innovation, the number of people employed in circular economy sectors, and patents related to recycling and secondary raw materials; Under the theme of global sustainability and resilience, indicators such as consumption footprint, greenhouse gas emissions from production activities, and material import dependency are explained along with their trends in EU countries. Following the theoretical framework, the criterion weighting coefficients expressing the level of impact of these indicators on circular economy performance were calculated using the CRITIC method. As a result of the application of the CRITIC method, it was observed that private investments related to circular economy sectors were the criterion that most affected circular economy performance in the periods covering the years 2020-2023, with weighting coefficients of 0.22, 0.23, 0.22, and 0.22, respectively. In contrast, gross value added and material import dependency indicators with a weighting coefficient of 0.15 in 2020; and the consumption footprint indicator with a weighting coefficient of

0.14 in 2021; In 2022, gross value added and the indicator of employees in the sector, with a weighting coefficient of 0.14, and finally in 2023, the indicator of employees in the sector, with a weighting coefficient of 0.13, were the indicators that least affected the circular economy performance of countries.

Using the criterion weighting coefficients obtained using the CRITIC method, the circular economy performance values of EU member states for the years 2020, 2021, 2021, and 2023 were calculated using the TOPSIS method from the MCDM techniques, and the countries were ranked according to their performance scores. Accordingly, Austria was the country that exhibited the most successful circular economy performance in 2020 and 2021 with performance scores of 60.33 and 60.90, respectively. In 2020, Austria was followed by Belgium, Estonia, and Croatia; and in 2021, by Germany, Portugal, and France. In 2022 and 2023, Estonia emerged as the country with the most successful circular economy performance, scoring 63.75 and 67.08 respectively. In 2022, Estonia was followed by Austria, Lithuania, and Latvia; and in 2023, by Austria, Germany, and France. Conversely, throughout all the years analyzed, Greece exhibited the worst circular economy performance among the 27 EU member states.

Prioritizing investment-boosting policies such as tax breaks and subsidies to encourage investment in circular economy sectors will contribute to a country's circular economy performance. Furthermore, activating national recycling systems, increasing the use of secondary raw materials, and promoting the more intensive use of renewable and green energy in production processes will also have a positive impact on countries' circular economy performance.



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625



ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY

Rekabetçilik ve Yenilikçilik ile Küresel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Temaları Bağlamında AB Ülkelerinin Döngüsel Ekonomi Performansının CRITIC ve TOPSIS Yöntemleri ile Ölçülmesi

Giriş

Küresel ekonomilerde doğal kaynaklara yönelik talep artışı, hammadde rezervlerinin kıtlığı, iklim değişikliğinin etkileri, biyoçeşitliliğin azalması ve atık üretimindeki artışlar geleneksel ekonomi modelinin sürdürülebilirliğini tartışmalı hale getirmiştir. Geleneksel ekonomi, sanayileşme ile birlikte seri üretim sonrasında oluşan ve kentleşme ile belirgin hale gelen üretim ve tüketim anlayışını ifade etmektedir. Geleneksel ekonomi modelinde üretim yapabilmek için hammadde çıkarılır, emek ve sermaye kullanılarak ortaya çıkarılan madde tüketiciye satılır ve madde amacına hizmet ettikten sonra atık haline gelir (Uysal, 2020, s. 601). Geleneksel ekonomi modeli, ekonomik etkinliği önceleyen bir model olmakla birlikte, uzun vadeli çevresel ve sosyoekonomik maliyetleri önemli bir sorun olarak değerlendirmemekte ve atıkların ekonomiye yeniden kazandırılmasını göz ardı etmektedir (Kaplan, 2022, s. 662). Geleneksel ekonomi modeli, al – kullan – at anlayışı ile hareket etmekte bu da kaynakların verimli kullanımını engellemekte ve sürdürülebilir kalkınmanın bir engeli olarak değerlendirilmektedir (Fischer & Pascucci, 2017, s. 1).

Geleneksel ekonomide hammaddeler işlenerek ürün haline getirilir, bu ürünler tüketicilerin kullanımına sunulur ve nihayet tüketilerek atık haline gelir. Geleneksel ekonomi modelinde ürünlerin tüketimi sonrasında oluşan atıkların geri dönüştürülerek ekonomiye tekrar kazandırılması oldukça sınırlıdır. Geleneksel ekonominin temel amaçlarından birisi üretim maliyetlerini olabildiğince düşürerek karlılığı artırmaktır. Dolayısıyla öncelik çevreden ziyade sanayidedir (Önder, 2018, s. 198). Çevre duyarlılığı olmayan geleneksel ekonomi aşırı üretim, aşırı kaynak kullanımı ve doğal kaynakların tükenmesi, ürün yaşam döngüsünün kısalması, aşırı atık birikimi gibi sorunları da ortaya çıkarabilmektedir (Akdoğan, 2021, s. 10).

Geleneksel ekonominin çevreye verdiği tahribatı önleyebilmek, verimliliği artırabilmek ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmek adına geliştirilen ekonomi modeli döngüsel ekonomi modeli olarak adlandırılmaktadır. Döngüsel ekonomi modeli, geleneksel ekonomi modeline kıyasla anlaşılması daha kolay bir modeldir ve geleneksel ekonomi modelinin temel alternatifini temsil etmektedir (Acar, 2023, s. 270). Çevre sorunlarının azaltılması, atık oluşumunun azaltılması, atık maddelerin değerlendirilerek yeniden kullanımı, doğal kaynak kullanımının azaltılması, verimliliğin artırılması, ürün yaşam döngüsünün uzaması gibi ilkeler döngüsel ekonominin temel taşlarını oluşturmaktadır (Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022, s. 212). Bu bağlamda döngüsel ekonomi yaklaşımları verimli ve çevre dostu çözümler olarak ön plana çıkmaktadır (Güven & Argun, 2025, s. 15).

Döngüsel ekonomi doğadan ilham alınarak geliştirilen, doğal ekosisteme uyumlu şekilde ekonomik faaliyetlerin yürütüldüğü bir ekonomik sistemdir. Şöyle ki doğadaki bir canlının atığı

başka bir canlı tarafından kullanılır, onun atığı ise başka bir canlının girdisini oluşturur, böylelikle doğal ekosistem oluşur. Döngüsel ekonomi de temelde doğal kaynaklar kullanılarak üretilen ürünlerin kullanıldıktan sonra yok edilmesini değil, başka bir ürün girdisi olarak yeniden değerlendirilmesini ve böylelikle ürünlerin mümkün olduğunca uzun süre piyasada kalmasını amaçlayan doğal ekosisteme uyumlu bir modeldir. Bu durum uzun vadede doğadaki hammadde ve malzemelere olan bağımlılığı azaltarak hem doğanın korunmasına hem de sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır (Özsoy, 2019, s. 131; Bolayır & Eroğlu, 2025, s. 223; Teknik Destek Projesi, 2023, s. 6). Döngüsel ekonomi ürün ve malzemelerin uzun süre verimli bir biçimde kullanıldığı, kullanım sonrasında ise dönüştürülerek tekrar sürece dahil edildiği bir sistemdir. (Lacy, Long & Spindler, 2020, s. 19). Döngüsel ekonomi, üretimden dağıtımına bütün süreçlerin kullan ve ardından tekrar kullan şeklinde ilerlediği ve dolayısıyla aynı kaynakların birden fazla defa kullanıldığı bir ekonomik kavramdır (Aysan Özdemir & Gür, 2024, s. 2034). Sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak ekonomik model olarak görülen döngüsel ekonomi, atık maddelerin geri dönüştürülerek ekonomiye tekrar kazandırılması olarak da tanımlanmaktadır. Geleneksel ekonominin üretimden tüketime kadar geçen süreçte oluşan ve gereksiz olarak nitelendirdiği bertaraf edilecek maddelerin tamamı döngüsel ekonomide kaynak olarak değerlendirilmektedir (Yıldız, 2019, s. 84).

Döngüsel ekonomi nüfusun ve yaşam standartlarının yükselmesi ve bunlara bağlı olarak da tüketimdeki hızlı artıştan dolayı ön plana çıkan minimum kaynakla maksimum verimi elde etmeye dönük yenileyici bir sistemdir. Döngüsel ekonomide kaynaklar daima akışta ve kullanımda kalacak şekilde tasarlandığı için atık miktarı en aza indirgenmiş olacaktır. Sistemde zorunlu olarak ortaya çıkan atıklar ise geri dönüştürülerek ekonomiye tekrar kazandırılır (İşletmeler İçin Döngüsel Ekonomi Rehberi, 2020, s. 5). Döngüsel ekonomi modelinde döngü, kaynakların verimli kullanımını, atıkların azaltılmasını, geri dönüşümü ve tekrar kullanımı kapsayacak şekilde hareket etmektedir.

Avrupa Birliği döngüsel ekonomiyi, ürünlerin ve kaynakların değerinin olabildiğince ekonomik sistemde tutulmasını sağlamak için var olan kaynak ve malzemelerin verimli bir şekilde kullanılmasını amaçlayan ve oluşan atık miktarını en düşük seviyede tutan bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Döngüsel ekonomi modeli, ürünlerin dayanıklılığını artırmaya, üretim ve tüketim süreçlerinde enerji verimliliğine, geri dönüştürülmüş maddeler için pazar oluşturmaya, atıkların azaltılarak kaynağında ayrıştırılmasının teşvikine, bakımı-onarımı ve geri dönüşümü kolay ürünleri tasarlamaya dönük hususları da içeren geniş kapsamlı bir modeldir (Avrupa Komisyonu, 2015).

Geleneksel ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş üretim süreçlerinin hem çevreye verdiği zararları azaltmakta hem de doğal kaynakları daha etkin kullanarak sürdürülebilir kalkınmaya destek vermektedir. Döngüsel ekonomi bu özelliği ile de Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri içerisinde yer almaktadır (Güreşçi, 2020, s. 59). Sürdürülebilir kalkınma ve kaynak kullanımını azaltmayı hedefleyen döngüsel ekonominin temelini, çevre ve iklim sorunlarının çözümü, oluşan atıkların değerlendirilmesi, ürünlerin döngü içerisinde birden fazla defa kullanılması ve doğadaki kaynakların yenilenmesi gibi ilkeler oluşturmaktadır. Özetle döngüsel ekonomi, bir malzemenin en yüksek değeri elde etmek için malzemenin kullanım süresini uzatmaya odaklanan, yapıcı ve yenilikçi bir yaklaşımı ifade etmektedir (Upadhyay & Alqassimi, 2019, s. 64). Döngüsel ekonomi, teknik yeterliliklerle çözümlenecek bir sistem değişikliği süreci değildir. Aksine döngüsel ekonomi, toplumdaki tüketim alışkanlıklarının ya da bireysel tüketim algılarının tamamen değiştiği ve yepyeni bir noktaya taşındığı köklü bir dönüşümü ifade eden bir süreçtir (Gökşen, vd., 2020, s. 394).

Döngüsel ekonomi modelini açıklamak için başlangıçta 3R kavramı türetilmiştir. 3R kavramı, reduce (azaltma), reuse (yeniden kullanma) ve recycle (geri dönüşüm) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Azaltma (reduce) kavramı, üretimde verimlilik artışına bağlı olarak girdi miktarının azaltılmasıdır. Yeniden kullanma (reuse) kavramı, üretim aşamalarında oluşan atıkların, ürünün başka aşamalarında ya da farklı ürünlerde kullanılmasıdır. 3R içerisindeki üçüncü kavram

olan geri dönüşüm (recycle) ise kullanılan malzemelerin geri dönüştürülerek kullanılması ve yeni malzeme kullanımının önlenmesidir (Heshmati, 2015, s. 5-6).

Döngüsel ekonomi önem kazandıkça 3R kavramı da genişleyerek 6R kavramı olarak adlandırılmaya başlanmıştır. 6R kavramında azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm kavramlarına ek olarak kurtarma (recover), yeniden tasarlama (redesign) ve yeniden üretme (remanufacture) kavramları da yer almaya başlanmıştır. Kurtarma (recover) kavramı, ürünün belirli bir süre kullanımı sonrasında bakım ve onarımının yapılmasını ifade eder. Yeniden tasarlama (redesign) kavramı, ürünün daha sonraki kullanımları için tasarımının yenilenmesidir. 6R kavramı içerisindeki bir diğer R ise yeniden üretme (remanufacture) anlamına gelmekte olup, bir ürünün tamamını ya da bir kısmını orijinalliğini ve işlevselliğini bozmadan yenilemeyi ifade eden bir kavramdır (Jawahir & Bradley, 2016, s. 105). 6R modelinin işleyişinde azaltma aşamasında üretim sürecine dahil edilen girdilerin miktarları azaltılmaya çalışılır. Azaltma aşaması hem üretim öncesi ile hem üretim süreci ile hem de ürünün kullanımı ile ilgilidir. Eğer ürün kullanıldıktan sonra yenilenebilecek durumda ise yenilenir, yenilenebilecek durumda değilse depolanır ve yeniden üretilip üretilmeyeceği değerlendirilir. Yeniden üretilen ürün kullanıma sokulur, yeniden üretimi yapılamayan depodaki ürünler ise geri dönüştürülür. Geri dönüştürülen malzeme tekrar üretim aşamasına geri dönmüş olur. Ayrıca yenilenmiş bir ürünün yeniden tasarımı yapılarak tekrar üretim aşamasına geri döndürülür (Akçacı & Güleç, 2025, s. 6-7).

Potting, Hekkert, Worrell ve Hanemaaijer (2017) çalışmalarında döngüsel ekonominin 6R ile ifade edilen kavramlarını geliştirmişler ve 10R diye ifade edilebilecek kavramları ortaya koymuşlardır. Buna göre döngüsel ekonominin kavramları; reddetmek (refuse), yeniden düşünmek (rethink), azaltmak (reduce), yeniden kullanmak (reuse), onarmak (repair), yenilemek (refurbish), yeniden üretim (remanufacture), yeniden amaçlamak (repurpose), geri dönüşüm (recycle) ve kurtarmak (recover) olarak ifade edilmiştir (Potting vd, 2017, s. 5). Diğer model ilkelerinden farklı olarak bu modelde yer alan reddetme (refuse) ilkesi, ürünü işlevsiz hale getirerek ya da aynı işi daha farklı bir ürünle yaparak diğer ürünü gereksiz hale getirmektir. Yeniden düşünme (rethink) ilkesi, ürünü yeniden kullanım ve paylaşım modelleri ile ya da işlevselliği daha yüksek ürünleri piyasaya sunarak ürünün kullanımını daha yoğun hale getirmeyi ifade eder. Modeldeki bir diğer ilke tamir etme (repair) ilkesidir. Bu ilke ürünün bakım ve onarımlarının yapılarak orijinal hali ile kullanımını sağlamayı ifade eder. Yenileme (refurbish) ilkesi, eski bir ürünü elden geçirip güncelleyerek belirlenen kalite düzeyine ulaştırmayı ifade eder. Döngüsel ekonominin son R'si olan yeniden amaçlama (repurpose) ilkesi ise atık hale gelen bir ürünü veya parçalarını yeni bir işlev ile yeni bir üründe kullanmayı ifade eden bir ilkedir. Yeniden kullanma, yeniden üretim, onarım gibi ilkeler yüksek düzeyli döngüsellik ilkeleri kapsamında değerlendirilirler (İşletmeler için döngüsel ekonomi rehberi, 2020, s. 33; Kuvvetli Yavaş, 2023, s. 18). Yüksek düzeyli döngüsellik, yeni bir ürünün daha az kaynak ve daha az malzeme kullanılarak üretilmesi anlamına gelir ve radikal bir değişimi gerektirir (Potting vd, 2017, s. 14).

Hammadde temininden başlayıp tasarımdan üretime, dağıtımdan tüketime, geri dönüşüme kadar bütün süreçleri kapsayan döngüsel ekonomi modeli, kaynakları mümkün olduğunca uzun süre döngü içerisinde tutmayı ve oluşacak atık miktarlarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Ayturan, vd., 2025, s. 15). Böylelikle sahip olunan doğal kaynakları, gelecek nesillerin refahlarını azaltmadan kullanmak mümkün olabilecektir.



Kaynak: https://sustainablefuture.com.tr/dongusel_ekonomi_nedir/ 2025.

Şekil 1. Döngüsel Ekonomi Süreci

Özetle döngüsel ekonomi süreci şekil 1’de de görüldüğü üzere hammadde ile başlar. Doğadan elde edilen hammaddeler, ürünün daha işlevsel bir biçimde kullanımı için tasarlanır. Sürdürülebilir ürün tasarımından sonra imalat aşamasına geçilir. İmalat sürecinde ürünün tamamı ya da bir kısmı yenilenir. Satışa hazır hale gelen ürünlerin dağıtım yapılarak tüketicilere ulaştırılır. Tüketicilerin ürünleri kullanım sürecinde onarım ve yeniden kullanım teşvik edilir. Olabildiğince uzun süre kullanılarak ömrünü tamamlayan ürünler toplanılarak geri dönüşüm sürecine dahil edilir. Geri dönüşüm sürecinde ürünler hammadde olarak değerlendirilerek tekrar döngüye dahil olur. Dönüştürülemeyen küçük bir kısım ise atık haline gelir. Dolayısıyla döngüsel ekonomi, hammaddenin elde edilmesinden kullanımına ve geri dönüşümüne kadar bütün süreçleri kapsamaktadır.

Döngüsel ekonomi kavramının ortaya çıkmasında öncü topluluk Avrupa Birliğidir (Seyhan, 2023:6). Bu kapsamda Avrupa Komisyonu 1975 yılında Atık Çevre Direktifini kabul ederek ilk adımı atmıştır. 1990 yılında Pearce ve Turner döngüsel ekonomi terimini ilk kez resmi olarak kullanmışlardır (Altuntaş, 2024, s. 20). Zaman içerisinde konu ile ilgili çeşitli karar ve politikalar yayınlanmıştır. 2014 yılına gelindiğinde Avrupa Komisyonu Döngüsel Ekonomiye Doğru: Avrupa için Sıfır Atık Programını yayınlamış ve döngüsel ekonomiye ilişkin ilk ciddi hedef ve politikaları belirlemiştir. Avrupa Komisyonu, birlik üyesi ülkelerde döngüsel ekonomiye ilişkin girişimleri değerlendirmek üzere döngüsel ekonomi izleme çerçevesini ifade eden Döngüsel Ekonomi Eylem Planını 2015 yılında uygulamaya koymuştur. 2020 yılına gelindiğinde Avrupa Komisyonu uygulanmakta olan döngüsel ekonomi eylem planını güncelleyerek Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem

Planı olarak tekrar uygulamaya koymuştur. 2022 yılında Avrupa Komisyonu döngüsel ekonomi eylem planında önerilen sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüme ilişkin önlem planını kabul etti. Son olarak Avrupa Komisyonu 2023 yılında ise döngüsel ekonomi izleme çerçevesini revize ederek uygulamasına devam etmiştir (Yılmaz, 2022, s. 98; Çetinkaya & Aliagaoglu, 2020, s.2904-2905).

Avrupa Komisyonu Döngüsel Ekonomi izleme çerçevesini, üretim ve tüketim, atık yönetimi, ikincil hammadde, rekabetçilik ve yenilikçilik ile küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ana temalarında yirminin üzerinde temel göstergelyi kullanarak yapmaktadır. Çalışmada rekabetçilik ve yenilikçilik teması ile küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması alt göstergeleri ile birlikte analize tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında giriş bölümü sonrasında AB ülkelerinde söz konusu göstergelerin gelişim seyri incelenmiş, literatür örneklerine yer verilmiş, çalışmada kullanılan yöntemler teorik olarak açıklanmıştır. Ardından 2022 ve 2023 yılları için göstergeler bağlamında ülkelerin döngüsel ekonomi performansları ölçülerek sıralamaları yapılmıştır.

AB Ülkelerinde Döngüsel Ekonominin Seyri

AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planları çerçevesinde çalışmanın konusunu oluşturan rekabetçilik ve yenilikçilik teması ve küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması içerisinde yer alan göstergeler ile ilgili kısa bilgiler verilmiş ve AB ülkelerinde bu göstergelerin seyri ortaya konulmuştur.

Rekabetçilik ve Yenilikçilik Teması

Döngüsel ekonomi istihdama ve sürdürülebilir büyümeye katkı sağlar. Büyüme ise beraberinde rekabeti ve yeniliği getirecektir. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi döngüsel ekonomi sürecinde yeni ürünler, yeni tasarımlar, yeniden kullanım gibi konularla sürdürülebilir büyümeye de yardımcı olur. EUROSTAT veri tabanında Rekabetçilik ve Yenilikçilik teması altında 3 gösterge bulunmaktadır.

Döngüsel Ekonomi Sektörlerine İlişkin Özel Yatırım ve Brüt Katma Değer

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin rekabetçilik ve yenilikçilik teması altındaki ilk gösterge, döngüsel ekonomi sektörlerine ilişkin özel yatırım ve brüt katma değerdir. İnovasyon ve yatırımlar döngüsel ekonomiye geçişin temel unsurlarıdır ve istihdama ve büyümeye önemli katkı sağlarlar.

EUROSTAT, kavramsal çerçeve, haritalama ve veri derleme prosedürleri ile eş değer çalışan sayısını, faktör maliyetleri üzerinden brüt katma değeri ve maddi mallara yapılan brüt yatırımları yıllık olarak hesaplamaktadır. Özel yatırımlar ve brüt katma değer milyon euro cinsinden ve GSYH'nın yüzdesi olarak hesaplanmakta ve yıllık olarak yayınlanmaktadır (Eurostat, 2025a).

Tablo 11: Döngüsel Ekonomi Sektörlerine İlişkin Özel Yatırım ve Brüt Katma Değerler (%)

	2014		2016		2019		2020		2021		2022		2023	
	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D	Ö.Y	K.D
Belçika	1,2	1,7	1,7	1,8	1,6	1,8	1,6	1,9	1,4	1,8	1,3	1,5	1,3	1,5
Bulgaristan	0,6	1,5	0,6	1,5	0,7	1,7	0,5	1,7	0,6	1,5	0,5	1,2	0,4	1,2
Çekya	0,8	2	0,7	1,9	0,7	1,8	0,7	1,8	0,7	1,9	0,6	1,5	0,6	1,4
Danimarka	1	1,8	0,9	1,9	0,8	1,7	0,8	1,8	0,9	1,7	0,8	1,6	0,8	1,6
Almanya	0,5	1,9	0,5	1,9	1	2,3	1	2,4	1	2,7	0,9	2,2	0,9	2,2
Estonya	0,6	2	0,7	2	0,8	2,3	0,8	2,2	0,7	2,1	0,7	1,9	0,7	1,9
İrlanda	0,4	6,6	0,2	5	0,5	4	0,2	3,8	0,1	3,8	0,2	2,8	0,2	2,9
Yunanistan	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,7	0,2	0,7	0,3	1	0,1	0,5	0,1	0,5
İspanya	0,3	1,7	0,5	1,7	0,5	1,9	0,5	1,9	0,6	2	0,5	1,7	0,5	1,6
Fransa	0,9	1,8	0,9	1,7	0,9	1,7	0,9	1,8	0,9	1,9	0,8	1,6	0,8	1,5
Hırvatistan	0,5	1,8	0,6	1,9	0,6	2,4	0,6	2,4	0,4	2,3	0,5	1,8	0,4	1,6
İtalya	0,3	1,6	0,4	1,7	0,7	1,8	0,5	1,8	0,5	2,1	0,5	1,7	0,5	1,6
Kıbrıs	0,2	1,4	0,3	1,5	0,3	1,7	0,3	1,5	0,5	1,5	0,2	1,3	0,2	1,3
Letonya	0,8	1,6	0,5	1,6	1,2	1,9	0,7	1,8	0,6	1,7	0,6	1,5	0,6	1,4
Litvanya	0,7	1,6	0,9	1,8	0,7	2	0,6	1,9	0,7	2,1	0,7	1,6	0,6	1,6
Lüksembg	1	1,2	1,7	1,3	1,4	1,5	1,1	1,4	1,4	1,7	1,3	1,3	1,3	1,3
Macaristan	0,6	1,6	0,7	1,6	0,8	1,8	0,7	1,8	0,7	2	0,6	1,6	0,6	1,4
Malta	0,5	2,2	0,4	2,8	0,6	3	0,5	2,9	0,4	1,6	0,4	2,3	0,4	2,1
Hollanda	0,9	1,9	1,1	1,9	1,4	1,8	1,1	1,8	1,2	1,9	1,1	1,6	1,1	1,5
Avusturya	1,6	2,2	1,6	2,2	1,5	1,9	1,4	2	1,2	2,2	1,2	1,8	1,1	1,8
Polonya	0,6	1,9	0,6	1,9	0,8	1,9	0,6	1,9	0,7	1,9	0,6	1,6	0,6	1,4
Portekiz	0,7	1,4	0,8	1,4	1	1,5	0,8	1,5	0,9	1,7	0,7	1,3	0,7	1,2
Romanya	0,9	1	0,5	1,1	0,5	1,1	0,4	1,1	0,5	1,2	0,4	0,9	0,4	0,8
Slovenya	0,2	1,6	0,3	1,6	0,3	1,5	0,3	1,6	0,3	1,7	0,2	1,4	0,2	1,3
Slovakya	0,6	1,1	0,6	1,3	0,5	1,4	0,5	1,4	0,5	1,6	0,5	1,3	0,5	1,2
Finlandiya	0,4	1,5	0,4	1,4	0,3	1,4	0,3	1,4	0,6	1,6	0,4	1,4	0,4	1,4
İsveç	0,4	1,5	0,5	1,4	0,4	1,3	0,4	1,4	0,5	1,4	0,4	1,3	0,5	1,4

Kaynak: Eurostat, 2025a.

Tablo 1’de AB üyesi ülkelerin 2014 – 2023 yıllarına ilişkin Eurostat veri tabanından elde edilen döngüsel ekonomi sektörlerine ilişkin özel yatırım ve brüt katma değerler, GSYH’larının yüzdesi olarak verilmiştir. Tabloya göre ülkelerin özel yatırım ve brüt katma değerleri GSYH’larının %1 - %2 ‘si civarlarında oluşmakla birlikte, yaratılan katma değerlerin ülkeler bazında genellikle yatırımlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin İrlanda’da 2014 yılında özel yatırımlar GSYH’nın %0,4’ünü oluştururken, yaratılan katma değer GSYH’nın %6,6’sını oluşturmuştur. 2023 yılında özel yatırımlar GSYH’nın %0,2’sini oluştururken, yaratılan katma değer GSYH’nın %2,9’u kadar olmuştur.

Döngüsel Ekonomi Sektörlerinde Çalışanlar

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin rekabetçilik ve yenilikçilik teması altındaki ikinci gösterge, döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışan sayılarıdır. Geri dönüşüm, onarım, yeniden

kullanım gibi döngüsel ekonomi ile yakından ilişkili sektörler iş yoğunluğuna sahip olup yerel istihdama destek olurlar. Bu kapsamda çalışan sayısı tam zamanlı eş değer olarak ve toplam istihdamın yüzdesi olarak hesaplanmaktadır. Döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanların sayılarına bakılarak döngüsel ekonomiye ne derece geçildiği ve beklenen sonuçların alınıp alınmadığı anlaşılır (Eurostat, 2025b).

Tablo 12: Döngüsel Ekonomi Sektörlerinde Çalışanların Oranı (%)

	2014	2019	2020	2021	2022	2023
Belçika	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,2
Bulgaristan	2,9	3,1	3	3	2,7	2,7
Çekya	2,5	2,6	2,6	2,9	2,6	2,6
Danimarka	1,6	1,5	1,5	1,6	1,3	1,3
Almanya	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7
Estonya	3,4	3,8	3,7	4,2	7,3	7,9
İrlanda	1,7	1,7	1,6	1,9	1,1	1,3
Yunanistan	1,7	1,8	1,8	2	1,6	1,5
İspanya	2	2,3	2,3	2,3	1,9	2
Fransa	1,8	1,9	2	2	1,8	1,8
Hırvatistan	3,8	4,6	4,5	4,6	4	3,9
İtalya	2,1	2,1	2,2	2,3	2	2
Kıbrıs	2,3	2,9	2,8	2,9	2,8	2,8
Letonya	4,5	3,9	3,7	3,7	3,5	3,6
Litvanya	4,1	4,3	4,3	4,6	4	4,2
Lüksemburg	1,7	1,5	1,7	1,7	3,9	4,2
Macaristan	2,3	2,6	2,6	2,8	2,3	2,3
Malta	3,3	3,1	3,1	3,5	2,7	2,7
Hollanda	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
Avusturya	1,5	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4
Polonya	2,4	2,5	2,5	2,5	2,3	2,3
Portekiz	2,3	2,6	2,6	2,8	2,3	2,3
Romanya	2,3	2,4	2,4	2,8	2,3	2,3
Slovenya	2,1	2,3	3,1	2,9	2,5	2,7
Slovakya	2,7	2,8	2,8	2,8	2,6	2,7
Finlandiya	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
İsveç	1,6	1,6	1,5	1,7	1,4	1,5

Kaynak: Eurostat, 2025b.

Tablo 2’de AB üyesi ülkelerde 2014 – 2023 yıllarında Eurostat veri tabanından elde edilen döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanların toplam istihdam içerisindeki payları yüzde olarak verilmiştir. Tabloya göre ülkelerde istihdamdakilerin yaklaşık %2’sinin döngüsel ekonomi sektörlerinde çalıştıkları görülmekle birlikte Estonya, Litvanya, Letonya ve Hırvatistan’da bu oranının oldukça yüksek olması dikkat çekmektedir.

Geri Dönüşüm ve İkincil Hammaddelerle İlgili Patentler

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin rekabetçilik ve yenilikçilik teması altındaki son gösterge geri dönüşüm ve ikincil hammaddelerle ilgili patentlerdir. Patent istatistikleri, belirli bir

endüstriyel sektördeki teknolojik ilerlemeyi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir göstergedir. İnovasyon konusunda yaygın bir biçimde çıktı odaklı gösterge olarak kabul edilirler. Döngüsel ekonomiye geçişte, yeni teknolojilerin, süreçlerin, hizmetlerin ve iş modellerinin geliştirilmesinde inovasyon önemli bir role sahiptir.

Geri dönüşüm ve ikincil hammaddelerle ilgili patent sayısını ölçen gösterge, Kooperatif Patent Sınıflandırması (CPC) kullanılarak sınıflandırılmakta, milyon kişi başına düşen patent sayısı olarak yayınlanmaktadır. Ayrıca bu göstergeye ait veriler doğrudan EUROSTAT tarafından üretilmemekte, Avrupa Patent Ofisi (EPO)'nin üretmiş olduğu veriler Eurostat veri tabanında yayınlanmaktadır (Eurostat, 2025c).

Tablo 13: Geri Dönüşüm ve İkincil Hammadde ile İlgili Patentler (Milyon Kişi Başına)

	2012	2013	2014	2018	2019	2020	2021
Belçika	0,8	1,39	1,15	1,45	1,77	1,02	1,03
Bulgaristan	0	0	0,21	0,07	0	0	0
Çekya	0,72	0,67	0,41	0,44	0,91	1	0,55
Danimarka	0,69	1,06	1,75	0,96	1,33	0,9	0,78
Almanya	1,17	1,07	1,1	1,03	1,42	1,65	0,95
Estonya	0,19	0	2,28	0	0	0	0,75
İrlanda	0,3	0,55	0,83	0,62	0,48	0,79	0,75
Yunanistan	0	0	0,09	0	0,03	0,05	0
İspanya	0,39	0,56	0,44	0,38	0,32	0,62	0,47
Fransa	0,81	0,64	1,06	0,64	0,85	0,79	0,48
Hırvatistan	0,04	0	0	0	0	0	0
İtalya	0,58	0,47	0,34	0,37	0,83	0,97	0,64
Kıbrıs	0	0,97	0,58	0	0	0	0
Letonya	1,15	1,99	0,04	0	0,52	0,26	0
Litvanya	0,39	0,34	0	0	0,53	0	0,36
Lüksemburg	4,94	6,18	11,66	3,73	4,57	6,93	1,67
Macaristan	0,35	0,13	0,29	0,21	0,31	0,1	0
Malta	0	0	1,73	0	0	0	0
Hollanda	1,17	1,03	1,29	1,81	1,42	1,06	1,69
Avusturya	1,36	1,23	0,94	1,5	2,17	2,96	3,41
Polonya	1,41	0,74	0,74	0,76	0,63	0,78	0,39
Portekiz	0,27	0,29	0	0,1	0,38	0,48	0
Romanya	0,25	0,12	0,25	0,59	0,41	0,65	0,64
Slovenya	0	0,97	1,13	0	0,48	0,24	0,47
Slovakya	0,25	0,18	0,18	0,37	0,18	0,37	0
Finlandiya	2,59	2,63	2,71	4,3	3,24	6,03	5,85
İsveç	0,57	0,9	0,6	1,72	1,51	0,79	0,36

Kaynak, Eurostat, 2025c.

Tablo 3’de AB üyesi ülkelerde 2012 – 2021 yıllarında geri dönüşüm ve ikincil hammadde ile ilgili milyon kişi başına düşen patent sayıları verilmiştir. Tabloya göre Lüksemburg, Avusturya ve Finlandiya’nın kişi başına düşen patent sayıları bağlamında diğer AB ülkelerinden ayrıştıkları

görülmektedir. Bazı ülkelerde bu sayı sıfır veya sıfıra yakın iken örneğin Finlandiya’da 2021 yılında milyon kişi başına 5,85 patent düşmüştür.

Küresel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Teması

Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamada kullanacağı kaynakları daraltmadan, şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılamayı hedefler. Sürdürülebilirlik kavramı genel olarak doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik etmeye dayanmaktadır ve döngüsel ekonomi anlayışında sürdürülebilirliğin gelişmesinin bir sonucudur. Bu kapsamda küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması EUROSTAT veri tabanında dört gösterge ile açıklanmaktadır.

Tüketim Ayak İzi

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altındaki ilk gösterge, tüketim ayak izidir. Bir ekonominin dünya üzerindeki kaynak tüketimini bütüncül bir şekilde değerlendirmek için kullanılan tüketim ayak izi, o ülkenin talep ettiği mal ve hizmetlerin arka planında, küresel çapta gerçekleşen toplam ham madde çıkarımını ölçer. İthal mallar aracılığıyla yerel ve çevresel etkileri ele alan tüketim ayak izi, temsili ürünlerin tüketim yoğunluğu ve çevresel etkilerine ilişkin verileri birleştirerek AB ve üye devletler tüketiminin çevresel etkilerini tahmin eder. Tüketim ayak izi, gıda, mobilité, konut, ev eşyası ve cihazlar ürün gruplarından yaklaşık 160 ürünün yaşam döngüleri boyunca havaya, toprağa ve suya verdiği emisyonlar ile kullanılan kaynakları, bu ürünlerin tüketim yoğunluklarını potansiyel çevresel etkilere dönüştüren çevresel etki değerlendirme yöntemidir.

Göstergeye ait veriler etki kategorisine göre kişi başına birim olarak, endeks (2010=100) olarak ve gezegensel sınır olarak yıllık bazda, AB Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından üretilmekte ve EUROSTAT tarafından da yayınlanmaktadır (Eurostat, 2025d).

Tablo 14: AB Ülkelerinde Kişi Başına Birim Olarak Tüketim Ayak İzi

	2014	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Belçika	1,07	1,06	1,05	1,09	1,04	1,03	1,05	1,02
Bulgaristan	0,58	0,62	0,66	0,69	0,66	0,69	0,7	0,72
Çekya	0,76	0,78	0,84	0,84	0,81	0,88	0,91	0,86
Danimarka	1,17	1,18	1,2	1,23	1,2	1,18	1,22	1,18
Almanya	1,13	1,1	1,09	1,09	1,06	1,03	1,05	1,08
Estonya	0,92	0,95	1,02	1,04	0,98	0,99	1	0,97
İrlanda	1,41	1,4	1,34	1,28	1,23	1,18	1,21	1,25
Yunanistan	0,77	0,78	0,85	0,85	0,77	0,82	0,89	0,88
İspanya	0,92	0,94	1,01	1	0,91	1	1,07	1,05
Fransa	0,98	0,98	0,99	0,97	0,92	0,94	0,97	0,97
Hırvatistan	0,72	0,75	0,86	0,85	0,81	0,87	0,91	0,89
İtalya	1	1,02	1,05	1,08	1	1,04	1,09	1,05
Kıbrıs	1,07	1,09	1,15	1,14	1	1,05	1,11	1,13
Letonya	0,85	0,86	0,9	0,92	0,9	0,88	0,92	0,95
Litvanya	0,82	0,81	0,91	0,93	0,92	0,95	0,98	0,94
Lüksemburg	1,27	1,29	1,31	1,32	1,27	1,31	1,32	1,3
Macaristan	0,63	0,64	0,7	0,7	0,68	0,71	0,73	0,72
Malta	1,11	1,12	1,18	1,18	1,08	1,11	1,14	1,12
Hollanda	1,22	1,21	1,23	1,17	1,08	1,1	1,2	1,18
Avusturya	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,96	0,96
Polonya	0,7	0,71	0,79	0,79	0,81	0,85	0,86	0,86
Portekiz	0,85	0,86	0,99	1,02	0,94	0,97	1,04	1,07
Romanya	0,58	0,59	0,63	0,62	0,62	0,64	0,66	0,67
Slovenya	0,86	0,88	0,91	0,89	0,85	0,84	0,87	0,87
Slovakya	0,64	0,62	0,68	0,68	0,67	0,69	0,71	0,71
Finlandiya	1,15	1,13	1,13	1,12	1,07	1,08	1,1	1,09
İsveç	1,19	1,19	1,13	1,12	1	1,02	1,07	1,08

Kaynak: Eurostat, 2025d.

Tablo 4'te 2014 – 2023 yıllarında AB ülkelerinde tüketim ayak izinin kişi başına birim değerleri verilmiştir. Tabloya göre Belçika'da 2014 yılında 1,07 birim olan tüketim ayak izi 2023 yılında 1,02 birim olarak gerçekleşmiştir. İspanya'da ise 2014 yılında tüketim ayak izi 0,92 birim iken 2023 yılında 1,05 birime yükselmiştir.

Üretim Faaliyetlerinden Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altındaki bir diğer gösterge, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarıdır. Sera gazı emisyonu, ülkede bir yıl içerisinde sera etkisine neden olabilecek insan kaynaklı gazların karbondioksit (CO₂) eşdeğeri cinsinden hesaplanmasını ifade eder. Doğal kaynakların çıkarılması ve işlenmesi ile de ilişkili olarak sera gazı emisyonları mevcuttur. Daha fazla ikincil hammaddeye sahip döngüsel bir ekonominin daha az sera gazı salması nedeniyle iklim nötrlüğüne katkıda bulunur

Sera gazları, karbondioksit, metan, diazotmonoksit, amonyak, karbonmonoksit, kükürtdioksit gibi çok sayıda gazı kapsamaktadır. Sera gazı emisyonları CO2 eşdeğeri cinsinden, kişi başına kilogram olarak hesaplanmaktadır (Eurostat, 2025e).

Tablo 15: AB Ülkelerinde Kişi Başına Sera Gazı Emisyonları (ton)

	2008	2020	2021	2022	2023	2024
Belçika	10,3	7,5	7,5	7,2	6,8	6,8
Bulgaristan	8,4	7	8	8,4	6,4	6,2
Çekya	11,9	8,3	9	8,8	7,6	7,2
Danimarka	18,6	12,9	14,2	13,4	12,6	13,5
Almanya	10	6,9	7,4	7,4	6,5	6,3
Estonya	15	7,9	8,8	9,9	7,3	7
İrlanda	11,9	10,5	10,9	12,2	11,7	11,3
Yunanistan	11	7,2	7,4	7	6,7	6,5
İspanya	7,3	4,5	4,8	4,9	4,5	4,4
Fransa	6,7	4,7	4,9	4,8	4,5	4,4
Hırvatistan	5,8	4,7	4,7	4,8	4,9	4,6
İtalya	48	4,9	5,3	5,3	5	4,8
Kıbrıs	11,1	7,6	7,4	7,4	7,4	7,5
Letonya	5,3	5	5,2	5,2	5,2	5,1
Litvanya	6,9	7,8	7,9	7,4	7,2	7,3
Lüksemburg	17	13,1	13	12,8	11,7	11,8
Macaristan	6,1	5,3	5,3	5,2	4,7	4,8
Malta	6,2	4,8	5,7	6,6	9,1	11,6
Hollanda	11,6	8,8	8,8	8,3	7,8	7,7
Avusturya	8,2	6,1	6,3	6,4	5,9	5,9
Polonya	9,4	8,9	9,9	9,5	8,7	8,4
Portekiz	6,5	4,8	4,8	4,8	4,4	4,2
Romanya	6,7	4,9	5	4,7	4,4	4,9
Slovenya	8	6	5,9	5,4	5,2	5,4
Slovakya	7,6	5,5	6,2	5,5	5,4	5
Finlandiya	12,7	7,9	7,9	7,7	7,1	6,6
İsveç	6,1	3,9	4,1	4	3,9	4,1

Kaynak: Eurostat, 2025e.

Tablo 5'te AB ülkelerinde 2008 – 2024 yılları için hesaplanan sera gazı emisyonları kişi başına ton cinsinden verilmiştir. Tabloya bütün olarak bakıldığında, Avrupa Komisyonunun hedefleri doğrultusunda ülkelerin sera gazı emisyonlarında yıllar itibariyle bir azalmanın olduğu görülmektedir. Örneğin Belçika'da 2008 yılında kişi başına sera gazı emisyonu 10,3 ton iken 2024 yılında bu rakam 6,8 tona gerilemiştir. Benzer şekilde Almanya'da 2008 yılında kişi başına sera gazı emisyonu 10 ton iken 2024 yılında bu rakam 6,3 ton olarak gerçekleşmiştir (Sera gazı emisyonları, Paris iklim anlaşmaları ve ekonomiye katkıları noktasında bk. Dikmen 2019; Pınarcıoğlu 2018; Altıntaş 2021; Doğan & Acet 2017; Ulusoy & Atay 2018; Aldırmaz Akkaya 2019).

Malzeme İthalat Bağımlılığı

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altındaki bir diğer gösterge, malzeme ithalat bağımlılığıdır. Malzeme ithalat bağımlılığı, bir ekonomide ihtiyaç duyulan malzemeleri tedarik etmek için ithalata ne derece bağımlı olduğunu gösterir. Özellikle fosil enerji kaynakları olmak üzere ithalat bağımlılığını kontrol altına almak ve azaltmak oldukça önemlidir. Bu gösterge ithalatın, doğrudan madde girdilerine oranının yüzde olarak hesaplanmasıyla elde edilir. Malzeme ithalat bağımlılığı negatif veya %100'den büyük olamaz. Oranın ayrıca %100'e eşit olması halinde ilgili yılda ülkede herhangi bir üretimin yapılmadığı sonucuna ulaşılır (Eurostat, 2025f).

Tablo 16: AB Ülkelerinde Malzeme İthalat Bağımlılığı (%)

	2000	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Belçika	67,1	72,5	71,4	72,4	73	74,9	75,6	75,8
Bulgaristan	16,1	15,9	14,1	16	15,3	17,3	15,8	16,8
Çekya	20,2	29,3	33	31,1	33,2	32,9	34	34,8
Danimarka	29,1	35,2	35,9	38	39,2	39,5	42,6	42,8
Almanya	30,7	38	40	39,6	38,7	38,6	38,6	39,5
Estonya	18,2	21,7	19,9	26,9	30,5	26,4	21,9	22,8
İrlanda	21,4	28,6	32,1	29,6	31,7	30,9	30,5	31,5
Yunanistan	23,8	23,2	29,5	39,1	40,6	40,1	39,8	42
İspanya	28,3	32,7	43,8	38	39,5	42,3	42	39,8
Fransa	32,5	35,9	36,9	32,1	31,9	32,4	29,6	30,8
Hırvatistan	23,6	26,8	29,5	33,8	35,5	36,8	36,6	37,6
İtalya	37,6	40,8	47,1	45,7	46,6	48,1	47,6	46,6
Kıbrıs	22,2	24,7	32,8	32,4	31,9	31,1	32,3	32,7
Letonya	24,5	26,4	31,4	32	31,4	31,1	31,9	29
Litvanya	33	41	40,7	36,7	37,9	36,8	34,7	33,4
Lüksemburg	86,3	90,2	91,2	90,2	89,5	90,1	89	89,4
Macaristan	22,3	28,9	26,7	26,8	27,9	29,7	27,6	27,8
Malta	43,1	57,7	74,6	69,9	72,5	72,5	67,7	73,6
Hollanda	68,6	73,1	77,3	79,9	81,4	82	83	83,7
Avusturya	34,3	41,5	42,4	44,3	43	41,9	41,6	40,9
Polonya	12	16,9	17,6	19,3	19,7	20,8	20,6	21
Portekiz	24,6	24,2	31	31,1	28,9	32,2	31,5	32,3
Romanya	13,4	12,1	9,3	9,3	10,1	9,9	9,2	9
Slovenya	28,3	38,3	44,5	46,5	45,6	46,9	45,8	47,3
Slovakya	40,3	42,2	42,4	42,7	45,2	45,8	43,8	44,5
Finlandiya	27	21,6	22	20,2	19,1	18,4	16,8	17,5
İsveç	28,3	27,6	25,5	23,7	23,9	24,4	24,6	25,7

Kaynak: Eurostat, 2025f.

Tablo 6'da AB ülkelerinde 2000 – 2024 yılları için malzeme ithalat bağımlılığı yüzde olarak verilmiştir. Tabloya bütün olarak bakıldığında AB ülkelerinin çoğunluğunda yıllar itibarıyla ithalata bağımlılığın arttığı görülmektedir. Örneğin Lüksemburg'da 2000 yılında malzeme ithalat bağımlılığı

%86,3 iken 2024 yılında %89,4 olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde Polonya’da malzeme ithalat bağımlılığı 2000 yılında %12 seviyelerinde iken 2024 yılında bu oran %21 seviyelerine yükselmiştir.

AB’nin Hammaddede Konusunda Kendi Kendine Yeterliliği

Döngüsel ekonomi izleme çerçevesinin küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altındaki son gösterge, AB’nin hammadde konusunda kendi kendine yeterliliğidir. Hammaddeler AB ekonomisinin işleyişinde hayati öneme sahiptir. AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, kritik hammaddeler alanında belirli eylemleri hedeflemektedir. Kritik hammaddeler, AB için yüksek ekonomik öneme sahip ve tedarik kesintilerine karşı hassas olanlardır. Bazı durumlarda çıkarılmaları önemli çevresel etkilere neden olacağı için çevre politikalarını da etkileyebilirler. Kritik hammaddelerin geri geri kazanımını artırmak, daha döngüsel bir ekonomiye geçişte dikkate alınması gereken temel zorluklardan birisidir.

Kendi kendine yeterlilik göstergesi, AB’nin birçok hammadde açısından dünyanın geri kalanından ne kadar bağımsız olduğunu ölçmektedir. Kendi kendine yeterlilik göstergesinin hesaplanması, malzemeler açısından değer zincirinin ilk iki aşaması olan çıkarma ve işleme aşamalarında yapılmakta ve yüzde olarak ölçülmektedir. Kendi kendine yeterlilik göstergesinin değerleri %0 ile %100 arasında değişebilmektedir. Bu aralığın dışındaki herhangi bir değer yorumlanamaz. Dolayısıyla belirli bir malzeme ile ilgili ne negatif kendi kendine yeterliliğin ne de %100’den fazla kendi kendine yeterliliğin olması mümkün değildir (Eurostat, 2025g).

Tablo 17: Bazı Hammaddeler Bağlamında AB Ülkelerinin Kendi Kendine Yeterliliği (%)

	2011		2015		2018		2022	
	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme	Çıkarma	İşleme
Alüminyum	16,8	52,9	11,8	53,8	9,8	52,3	11	42
Borat /Bor	0	0	0	0	0	0	0	30
Kobalt	4	25,2	15,6	26,2	2,6	8,5	19	99
Bakır	57,4	82,9	57,5	82,3	62,3	82,1	52	83
Kalsitum Floriti	23	100	43,7	100	29	100	40	:
Galyum	:	100	:	30,2	:	0	:	2
Germanyum	:	36,5	:	69,2	:	0	:	58
İndiyum	:	100	:	100	:	100	:	89
Demir	25,5	95,8	25,7	94,7	30,2	94,9	23	94,9
Kıraçtaşı	89,9	:	93,9	:	94,3	:	100	:
Lityum	16,1	0	9,7	0	30,1	0	19	0
Molibden	0	3	0	14	0	22	0	0
Doğal Grafit	0,9	:	1,3	:	0,3	:	1	:
Platin	:	0	:	3,1	:	3,9	:	3,9
Silikon	:	39,5	:	35,7	:	31,8	:	36
Vanadyum	:	60,2	:	47,9	:	48,3	100	0

Kaynak: Eurostat, 2025g.

Tablo 7’de 2011 – 2022 yıllarında AB ülkelerinin bazı hammaddelerin çıkarılması ve işlenmesi bağlamında kendi kendine yeterliliği yüzde olarak verilmiştir. Tabloya göre AB ülkeleri bazı hammaddelerde hem çıkarma hem de işleme süreçlerinde pay sahibi iken bazı hammaddelerde sadece çıkarma veya sadece işleme süreçlerinde pay sahibidir. 2022 yılında çıkarılan Alüminyumun %11’i AB ülkeleri tarafından çıkarılırken bu hammaddenin %42’si AB ülkeleri tarafından işlenmiştir.

Literatür Örnekleri

Döngüsel ekonomi ile ilgili özellikle son yıllarda birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar firma bazlı, sektör bazlı, ülke ve ülke grubu bazlı olarak gerek durum tespiti ya da etki durumu, gerekse karşılaştırma ya da performans ölçümü şeklindedir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu ise verilerin elde edilmesi noktasından hareketle Avrupa Birliği ülkeleri ile ilgilidir. Çalışmanın bu bölümünde döngüsel ekonomi performansı ölçümüne dönük literatür örneklerine yer verilmiştir.

Işık (2025) çalışmasında 2015 – 2021 döneminde 16 Avrupa Birliği ülkesinde yeşil büyümenin sürdürülebilir kalkınmaya katkısını yıllık verileri kullanarak analiz etmiştir. Çalışmada mikro panel veri analiz tekniklerinden sabit etkiler, rassal etkiler ve Driscoll-Kraay standart hata modeli kullanılarak yeşil büyüme değişkenlerinin sürdürülebilir kalkınma endeksine etkisini araştırmıştır. Çalışma çevresel mal ve hizmetlerdeki istihdam payı ve çevre koruma yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu ancak çevreyle ilgili kamu Ar – Ge bütçe payının ise istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Gelmez ve Eren (2025) çalışmalarında 2023 yılı yeşil büyüme indeksinde yer alan AB ülkelerinin yeşil büyüme performanslarını araştırmışlardır. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden CRITIC ve MEREC yöntemleri ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, WASPAS yöntemi ile de ülkelerin yeşil büyüme performansları ölçülmüştür. CRITIC – MEREC yöntemleri ile yapılan kriter ağırlıklandırması sonucunda doğal sermayenin korunması kriteri önem derecesi en yüksek kriter olurken, sosyal katılım kriteri önem derecesi en düşük kriter olmuştur. Hesaplanan ağırlıklarda dikkate alınarak WASPAS yöntemi ile yapılan performans ölçümü sonucunda en başarılı yeşil büyüme performansını sergileyen ülkelerin sırasıyla İsviçre, Avusturya ve Almanya olduğu; en kötü yeşil büyüme performansını sergileyen ülkelerin ise yine sırasıyla Karadağ, Malta ve İzlanda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ece Çokmutlu (2023) çalışmasında Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan imalat sanayi işletmelerinin döngüsel ekonomi performanslarını ENTROPI ve TOPSIS yöntemleri ile analiz etmiştir. Analizde enerji verimliliği, su verimliliği, emisyon, atık yönetimi ve malzeme verimliliği olmak üzere beş kriter kullanılmıştır. ENTROPI yöntemi uygulaması sonucunda su tüketimi ve verimliliği kriterinin en etkin kriter olduğu belirlenmiştir. Kriterlere ilişkin elde edilen ağırlık katsayıları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile yapılan ölçüm sonucunda VESBE işletmesinin en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen işletme olduğu ve ARÇELİK işletmesinin ise en kötü döngüsel ekonomi performansına sahip işletme olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Seyhan (2023) çalışmasında AB üyesi ülkelerin 2020 yılı için döngüsel ekonomi kapsamında üretim ve tüketim performanslarını değerlendirmiştir. EUROSTAT veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak MEREC yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmış ve MARCOS yöntemi ile performans ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada MEREC yöntemi ile yapılan kriter ağırlık hesaplamalarında en önemli kriterin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti, en az öneme sahip kriterin ise tüketim ayak izi olduğu belirlenmiştir. Hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak ÇKKV tekniklerinden MARCOS yöntemi ile yapılan performans ölçümü sonucunda 2020 yılı için en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkelerin sırasıyla Hollanda, Almanya ve Fransa olduğu; en kötü performansı sergileyen ülkelerin ise sırasıyla Lüksemburg, Finlandiya ve Malta olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz (2022) çalışmasında, 28 AB ülkesinin döngüsel ekonomi performanslarını karşılaştırmıştır. Çalışma kapsamında 2016 ve 2018 yıllarına ait veriler CCR ve BCC modelleri ile Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma, CCR modeline göre 2016 yılında Danimarka, Çekya ve Romanya'nın da içerisinde bulunduğu 12 ülkenin; 2018 yılında ise Romanya, Belçika ve Kıbrıs'ın da içerisinde bulunduğu 13 ülkenin döngüsel ekonomi performanslarının iyi durumda olduğunu ortaya koymuştur. BCC modeline göre ise 2016 yılında

Belçika, Almanya ve Danimarka gibi ülkelerin de içerisinde yer aldığı 14 ülkenin; 2018 yılında ise Belçika, Almanya, Lüksemburg gibi ülkelerinde içerisinde yer aldığı 16 ülkenin döngüsel ekonomi performanslarının başarılı olduğunu ortaya koymuştur. 2016 ve 2018 yıllarında en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler yıl ve yöntemle göre değişmekle birlikte Malta, Estonya, Bulgaristan, Yunanistan gibi ülkeler olmuştur. Çalışma 2016 yılına göre 2018 yılında ülkelerin döngüsel ekonomi performanslarının başarılı olduğu ülkelerin sayısındaki artış AB üyesi ülkelerde döngüsel ekonomi sürecine ilişkin olumlu gelişmeler yaşandığını göstermektedir.

Giannakitsidov vd. (2020), çalışmalarında, 26 AB üyesi ülkenin çevresel ve döngüsel ekonomi performanslarını ölçmüşlerdir. Çalışma kapsamında elde edilen veriler veri zarflama yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda AB üyesi ülkeler arasında önemli farklılıklar olduğu, Doğu ve Batı Avrupa arasında sınırların ortadan kalktığı, Kuzey ve Güney Avrupa arasında ise sınırların aynı kaldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Belçika hem çevresel hem de döngüsel ekonomi bağlamında en başarılı performansı sergileyen ülke olurken İspanya ve Fransa gibi ülkeler oldukça düşük bir çevresel ve döngüsel ekonomi performansı sergileyen ülke olmuştur.

Fura vd. (2020) çalışmalarında, Avrupa Birliği ülkelerinin döngüsel ekonomi bağlamında gelişim düzeylerini analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında 2010, 2012, 2014 ve 2016 yıllarına ait EUROSTAT veri tabanından elde edilen döngüsel ekonomi göstergelerini dikkate alarak analizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada AB üyesi ülkeler eski ve yeni üyeler olarak sınıflandırılmış ve bu ülkelerin 2010 ve 2016 yılları için döngüsel ekonomi göstergelerindeki ilerleme düzeyleri analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Lüksemburg, Hollanda ve Belçika'nın oldukça başarılı bir döngüsel ekonomi ilerlemesine sahip oldukları; Malta, Kıbrıs, Estonya ve Yunanistan'ın ise daha düşük bir ilerleme düzeyine sahip oldukları belirlenmiştir.

Veri Seti ve Yöntem

Çalışmanın amacı AB üyesi 27 ülkenin Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen döngüsel ekonomi izleme çerçevesinde yer alan rekabetçilik ve yenilikçilik teması ile küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması bağlamında döngüsel ekonomi performanslarını değerlendirmektir. Bu kapsamda döngüsel ekonomi sektörleri ile ilgili özel yatırımlar ve brüt katma değer; döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar; geri dönüşüm ve ikincil hammadde ile ilgili patentler; tüketim ayak izi; üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları; malzeme ithalat bağımlılığı ve AB'nin hammadde konusunda kendi kendine yeterliliği göstergeleri bağlamında AB ülkelerindeki durum analiz edilmiş ve performans ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada kapsamında rekabetçilik ve yenilikçilik teması altındaki geri dönüşüm ve ikincil hammadde ile ilgili patentler göstergesi 2021 yılı sonrası için veri bulunmaması dolayısıyla performans ölçümüne dahil edilmemiştir. Ayrıca küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altında bulunan AB'nin hammadde konusunda kendi kendine yeterliliği göstergesi de ülke bazlı veri bulunmadığından dolayı performans ölçümünün kapsamına alınmamıştır.

Çalışmada aşağıdaki tabloda belirtilen göstergelerin 2020 – 2023 yıllarına ait Eurostat veri tabanından elde edilen yıllık verileri kullanılarak öncelikle CRITIC yöntem ile göstergelerin, döngüsel ekonomi performansını etkileme düzeyleri belirlenmiş, ardından da Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden TOPSIS yöntemi ile döngüsel ekonomi performansları ölçülerek ülkeler arasında başarı sıralaması yapılmıştır.

Tablo 18: Çalışmada Kullanılan Kriterler

Gösterge	Yönü	Kaynağı
Döngüsel ekonomi sektörlerine ilişkin özel yatırımlar	Max	Eurostat
Döngüsel ekonomi sektörlerine ilişkin katma değerler	Max	Eurostat
Döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar	Max	Eurostat
Tüketim ayak izi	Min	Eurostat
Üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları	Min	Eurostat
Malzeme ithalat bağımlılığı	Min	Eurostat

Literatür incelendiğinde AB ülkelerinde döngüsel ekonomi performanslarının genellikle üretim ve tüketim teması ile atık yönetimi teması kapsamında yer alan göstergeler aracılığı ile ölçüldüğü görülmektedir. Dolayısıyla küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması ile rekabetçilik ve yenilikçilik temasına ait göstergeler kullanılarak performans ölçümü yapan çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu kapsamda çalışma literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracaktır. Ayrıca çalışmada hem CRITIC yöntem ile kriter ağırlıklarının belirlenmiş olması hem de hesaplanan bu ağırlık katsayıları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile performans ölçümünün yapılması bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayırtmaktadır.

CRITIC Yöntem

Birden fazla kriterin karar alma sürecinde etkili olması durumunda, bu kriterlerin karar sürecini etkileme düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de CRITIC yöntemidir. CRITIC yöntem analize dahil edilen kriterlerin standart sapmalarını ve kriterler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon değerlerini kullanarak, her bir kriterin ağırlığını tarafsız bir şekilde hesaplamada kullanılmaktadır. Yöntem uygulamada beş basamaktan oluşan bir süreç ile sonuca ulaşmaktadır (Diakoulaki vd., 1995, s. 764-765; Çakır & Perçin, 2013, s. 451; Pınar vd., 2023, s. 438-439; Şenol & Ulutaş, 2018, s. 93-94; Orhan vd., 2020, s. 401).

Birinci basamak eşitlik (1) kullanılarak karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$X = (x_{ij})_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

İkinci basamak eşitlik (2) ve eşitlik (3) yardımı ile normalize karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (3)$$

Üçüncü basamak eşitlik (4) yardımı ile korelasyon katsayı matrisinin oluşturulmasıdır.

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}}; j \text{ ve } k = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Dördüncü basamak eşitlik (5) ve eşitlik (6) kullanılarak C_j değerlerinin hesaplanmasıdır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (5)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^m (1 - P_{jk}); j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Son olarak beşinci basamak ise eşitlik (7) kullanılarak değişkenlerin ağırlık katsayılarının hesaplanmasıdır.

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^n c_k} ; \sum_{j=1}^n w_j = 1 ; j \text{ ve } k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

CRITIC yöntem ile beş basamakta, analizlere dahil edilen kriterlerin ağırlık katsayıları objektif bir biçimde belirlenir.

TOPSIS Yöntemi

Birden fazla kriterin ve alternatifin bulunduğu karar alma süreçlerinde, en iyi alternatifin belirlenerek doğru kararlar alınmasına imkan tanıyan ÇKKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi, alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüm noktalarını baz alarak performans değerlerini hesaplamakta ve elde edilen performans değerlerine göre alternatifleri sıralamaktadır. Yöntem uygulamada altı basamaklı bir süreç ile sonuca ulaşmaktadır (Pınar & Erdoğan, 2022, s. 139-141; Pınar & Paksoy, 2023, s. 117; Yılmaz Türkmen & Çağıl, 2012, s. 64-67; Sevgin & Kundakçı, 2017, s. 90-92; Sarı & Aka, 2022, s.821-823; Özari, 2020).

Birinci basamak eşitlik (8) yardımı ile karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} ; i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \quad (8)$$

İkinci basamak eşitlik (9) ve eşitlik (10) yardımı ile normalize karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}} ; i=1,2,3,\dots,m \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \quad (9)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Üçüncü basamak eşitlik (11) ve eşitlik (12) yardımı ile ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (11)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Dördüncü basamak eşitlik (13) ve eşitlik (14) yardımı ile pozitif ve negatif ideal çözüm noktalarının hesaplanmasıdır.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J)\} \rightarrow A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (13)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J)\} \rightarrow A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (14)$$

Beşinci basamak eşitlik (15) ve eşitlik (16) yardım ile pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme uzaklıkların belirlenmesidir.

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (15)$$

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (16)$$

Son olarak altıncı basamak eşitlik (17) yardımı ile ideal çözüme göreli yakınlık hesaplanır.

$$C = \frac{S^-}{S^+ + S^-} \quad (17)$$

Sıfır ile bir arasında hesaplanan C değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak, en yüksek değere sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

Uygulama Sonuçları

2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönem için 27 AB üyesi ülkenin *Rekabetçilik ve Yenilikçilik* ile *Küresel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık* temaları altında yer alan döngüsel ekonomi sektörlerine ilişkin özel yatırımlar, brüt katma değerler, döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar, tüketim ayak izi, sera gazı emisyonları ve malzeme ithalat bağımlılığı göstergeleri bağlamında Eurostat veri tabanından elde edilen veriler ile CRITIC yöntem kullanılarak yapılan ağırlık hesaplamalarında aşağıda tablo 9’da verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 19: CRITIC Yöntem Uygulama Sonuçları

		Özel Yatırımlar	Brüt Katma Değerler	Sektörde Çalışanlar	Tüketim Ayak İzi	Sera Gazı Emisyonu	Malz. İth. Bağımlılığı
2020	Standart Sapma	0,25	0,19	0,27	0,26	0,26	0,24
	Cj Değeri	1,55	1,02	1,14	1,10	1,08	1,07
	Ağırlık Katsayısı (W)	0,22	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15
2021	Standart Sapma	0,25	0,18	0,28	0,24	0,25	0,24
	Cj Değeri	1,67	1,04	1,25	1,02	1,12	1,08
	Ağırlık Katsayısı (W)	0,23	0,15	0,17	0,14	0,16	0,15
2022	Standart Sapma	0,27	0,19	0,21	0,25	0,27	0,24
	Cj Değeri	1,61	1,07	1,02	1,16	1,34	1,18
	Ağırlık Katsayısı (W)	0,22	0,14	0,14	0,16	0,18	0,16
2023	Standart Sapma	0,27	0,18	0,21	0,26	0,27	0,25
	Cj Değeri	1,58	1,07	0,98	1,21	1,26	1,15
	Ağırlık Katsayısı (W)	0,22	0,15	0,13	0,17	0,17	0,16

Tabloya göre 2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönemde analize konu edilen göstergeler bağlamında AB ülkelerinin döngüsel ekonomi performanslarını en çok etkileyen gösterge, döngüsel ekonomi sektörlerine yapılan özel yatırımlar olmuştur. Göstergelerin döngüsel ekonomiyi etkileme düzeylerini gösteren ağırlık katsayıları yıl bazlı değerlendirildiğinde; 2020 yılında döngüsel ekonomi sektörlerine yapılan özel yatırımların 0,22 ağırlık katsayısı ile en etkin gösterge olduğu görülmüştür. Döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar, tüketim ayak izi ve sera gazı emisyonu 0,16 ağırlık katsayısına; malzeme ithalat bağımlılığı ile döngüsel ekonomi sektörlerindeki brüt katma değerler ise 0,15 ağırlık katsayısına sahip olmuştur.

2021 yılına gelindiğinde özel yatırımlar 0,23 ağırlık katsayısı ile döngüsel ekonomi performansını en çok etkileyen kriter olurken, tüketim ayak izi 0,14 ağırlık katsayısı ile döngüsel ekonomi performansını en az etkileyen kriter olmuştur. 2021 yılında özel yatırımları 0,17 ağırlık

katsayısı ile döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar; 0,16 ağırlık katsayısı ile sera gazı emisyonu; 0,15 ağırlık katsayısı ile de brüt katma değerler ile malzeme ithalat bağımlılığı kriterleri izlemiştir.

2022 yılında özel yatırımlar 0,22 ağırlık katsayısı ile döngüsel ekonomi performansını en çok etkileyen kriter olurken, brüt katma değerler ile sektörde çalışanlar ağırlık katsayısı ile performansı en az etkileyen kriterler olmuştur. 2022 yılında özel yatırımları 0,18 ağırlık katsayısı ise sera gazı emisyonu; 0,16 ağırlık katsayısı ile tüketim ayak izi ve malzeme ithalat bağımlılığı kriterleri takip etmiştir.

2023 yılında yine özel yatırımlar 0,22 ağırlık katsayısı ile AB ülkelerinde döngüsel ekonomi performansını en çok etkileyen kriter olurken, 0,13 ağırlık katsayısı ile döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışanlar performansı en az etkileyen kriter olmuştur. 2023 yılında özel yatırımları 0,17 ağırlık katsayısı ile tüketim ayak izi ve sera gazı emisyonu; 0,16 ağırlık katsayısı ile malzeme ithalat bağımlılığı ve 0,15 ağırlık katsayısı ile brüt katma değer kriterleri takip etmiştir.

AB ve Türkiye'nin belirlenmiş kriterler bağlamında EUROSTAT veri tabanından elde edilen ve CRITIC yöntem uygulaması ile ulaşılan kriter ağırlık katsayıları kullanılarak döngüsel ekonomi performansları 2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönem için ÇKKV tekniklerinden TOPSIS yöntemi ile ölçülmüştür. TOPSIS yöntemi uygulaması ile elde edilen performans puanlarına göre ülkelerin sıralamaları yapılmıştır. Bu kapsamda AB üyesi ülkelerin 2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönemdeki performans puanları ve performans sıralamaları aşağıda tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 20: TOPSIS Yöntemi Uygulama Sonuçları

2020			2021			2022			2023		
Ülke	P.P.	P.S.	Ülke	P.P.	P.S.	Ülke	P.P.	P.S.	Ülke	P.P.	P.S.
Avusturya	60,33	1	Avusturya	60,90	1	Estonya	63,75	1	Estonya	67,08	1
Belçika	56,07	2	Almanya	58,23	2	Avusturya	56,50	2	Avusturya	54,04	2
Estonya	55,26	3	Portekiz	58,04	3	Litvanya	53,85	3	Almanya	52,02	3
Hırvatistan	54,24	4	Fransa	57,46	4	Letonya	52,88	4	Fransa	51,26	4
Almanya	53,34	5	Litvanya	57,03	5	Fransa	52,39	5	Litvanya	50,55	5
Fransa	53,20	6	Estonya	56,48	6	Hırvatistan	52,38	6	Letonya	50,44	6
Letonya	52,51	7	Macaristan	56,32	7	Almanya	52,11	7	Belçika	49,68	7
Macaristan	51,11	8	Belçika	55,28	8	Belçika	50,38	8	Lüksembg	49,26	8
Portekiz	49,42	9	Letonya	53,93	9	Macaristan	50,28	9	Macaristan	48,85	9
Litvanya	48,46	10	Hırvatistan	52,73	10	Lüksembg	48,76	10	Hırvatistan	46,93	10
Bulgaristan	47,87	11	Bulgaristan	52,31	11	Romanya	48,35	11	Danimarka	46,82	11
Danimarka	47,46	12	Polonya	51,78	12	Polonya	47,27	12	Romanya	46,79	12
Çekya	46,88	13	Romanya	51,73	13	Danimarka	47,24	13	Polonya	45,90	13
Polonya	46,71	14	Danimarka	51,36	14	Bulgaristan	47,20	14	Bulgaristan	45,70	14
Romanya	45,88	15	Çekya	50,96	15	Çekya	45,53	15	İsveç	45,14	15
İspanya	43,16	16	İspanya	48,79	16	Portekiz	45,11	16	Çekya	44,71	16
Hollanda	42,08	17	Lüksembg	48,77	17	İsveç	44,29	17	Portekiz	43,59	17
Slovakya	41,68	18	Hollanda	48,56	18	Hollanda	44,26	18	Hollanda	43,38	18
Malta	41,66	19	Finlandiya	46,69	19	Slovakya	44,08	19	İspanya	42,78	19
İsveç	41,53	20	İsveç	46,57	20	İspanya	43,90	20	Slovakya	42,71	20
İtalya	39,92	21	Kıbrıs	45,13	21	Finlandiya	42,63	21	Finlandiya	42,08	21
İrlanda	39,86	22	Slovakya	44,61	22	İtalya	42,31	22	İtalya	40,92	22
Finlandiya	37,22	23	İtalya	44,12	23	Kıbrıs	38,40	23	İrlanda	37,60	23
Kıbrıs	37,14	24	Slovenya	40,16	24	Malta	37,73	24	Slovenya	36,48	24
Slovenya	37,10	25	İrlanda	39,26	25	Slovenya	37,61	25	Kıbrıs	36,27	25
Lüksemburg	36,94	26	Malta	38,00	26	İrlanda	36,73	26	Malta	32,91	26
Yunanistan	31,28	27	Yunanistan	35,22	27	Yunanistan	31,59	27	Yunanistan	30,26	27

Tablo 10'a göre 2020 yılında *Rekabetçilik ve Yenilikçilik* ile *Küresel Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık* temaları bağlamında en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke 60,33 performans puanı ile Avusturya olurken bunu 56,07 performans puanı ile Belçika ve 55,26 performans puanı ile Estonya takip etmiştir. 2020 yılında en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler ise sırasıyla Yunanistan, Lüksemburg, Slovenya, Kıbrıs ve Finlandiya olmuştur.

2021 yılı döngüsel ekonomi performans sıralamalarına bakıldığında AB ülkeleri içerisinde en başarılı performansı sergileyen ülke 60,90 performans puanı ile yine Avusturya olurken, bunu 58,23 performans puanı ile Almanya ve 58,04 performans puanı ile Portekiz takip etmiştir. 2021 yılında AB ülkeleri içerisinde en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler sırasıyla Yunanistan, Malta, İrlanda, Slovenya ve İtalya olmuştur.

AB üyesi ülkelerde 2022 yılı döngüsel ekonomi performanslarına bakıldığında, en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke 63,75 performans puanı ile Estonya olurken bunu

56,50 performans puanı ile Avusturya ve 53,85 performans puanı ile Litvanya takip etmiştir. 2022 yılında en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler ise sırasıyla Yunanistan, İrlanda, Slovenya, Malta ve Kıbrıs olmuştur.

Performans ölçümünün gerçekleştirildiği son yıl olan 2023 yılında AB ülkeleri içerisinde en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke 67,08 performans puanı ile yine Estonya olurken bunu 54,04 performans puanı ile Avusturya ve 52,02 performans puanı ile Almanya takip etmiştir. 2023 yılında en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülkeler ise sırasıyla Yunanistan, Malta, Kıbrıs, Slovenya ve İrlanda olmuştur.

Tablo 10'a performans puanları bağlamında bakıldığında, ülke performans puanlarının genel olarak düşük kaldığı, en başarılı performansın sergilendiği ülkelerde bile 60 – 67 aralığında bir performans puanına ulaşıldığı görülmektedir. 50 performans puanının üzerine çıkabilen ülke sayısı 2020 yılında 8 iken, 2021 yılında 15 ülke, 2022 yılında 9 ülke ve 2023 yılında 6 ülke 50 performans puanının üzerine çıkabilmiştir. Bu durum her ne kadar döngüsel ekonomi noktasında önemli adımlar atılsa da AB ülkelerinde bu konuda yeterli gelişimin henüz sağlanamadığını göstermektedir. Ayrıca her geçen yıl performans puanlarının genel itibarıyla artış eğiliminde olması AB ülkeleri bağlamında iyi bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Sonuç

Yeni dünyada sanayileşmenin beraberinde getirdiği çevresel sorunlar ve kaynak problemi ile üretimden tüketime, rekabetten sürdürülebilirliğe yaşanan gelişmeler döngüsel ekonomiyi ön plana çıkarmıştır. Avrupa Komisyonunun son dönemlerde döngüsel ekonomiye geçiş noktasında aldığı kararlar ve yürürlüğe koyduğu eylem planları dünya ekonomisinde de önemli değişimleri ve dönüşümleri beraberinde getirmiştir. Ülkelerin döngüsel ekonomi sürecine ne derece uyum sağladıkları, bu kapsamda atılan adımların ve uygulanan eylem planlarının etkinliği döngüsel ekonomi performanslarının ölçümü ile belirlenebilmektedir. Döngüsel ekonomi performanslarının ölçümünde Avrupa Komisyonunun belirlediği döngüsel ekonomi izleme çerçevesinde yer alan kriterler kullanılmaktadır. Bu kapsamda performans ölçümleri sonucunda ülkeler arasında kıyaslama yapmak mümkün olabilmekte, ülkelerin eksik yönleri belirlenebilmekte ve geleceğe dair adımlar ve düzenlemeler için yol gösterici rolü oynamaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle analize konu edilen rekabetçilik ve yenilikçilik teması altındaki döngüsel ekonomi sektörleri ile ilgili özel yatırımlar ve brüt katma değer, döngüsel ekonomi sektörlerinde çalışan kişiler ile geri dönüşüm ve ikincil hammaddeler ile ilgili patentler; küresel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık teması altındaki tüketim ayak izi, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları ve malzeme ithalat bağımlılığı göstergeleri AB ülkelerindeki seyirleri ile birlikte açıklanmıştır. Teorik çerçeveden sonra analize dahil edilen bu göstergelerin döngüsel ekonomi performansını etkileme düzeylerini ifade eden kriter ağırlık katsayıları CRITIC yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. CRITIC yöntem uygulaması sonucunda 2020 – 2023 yıllarını kapsayan dönemlerde, döngüsel ekonomi sektörleri ile ilgili özel yatırımların sırasıyla 0,22 – 0,23 – 0,22 ve 0,22 ağırlık katsayıları ile döngüsel ekonomi performansını en çok etkileyen kriter olduğu görülmüştür. Buna karşılık 2020 yılında 0,15 ağırlık katsayısı ile brüt katma değerler ve malzeme ithalat bağımlılığı göstergeleri; 2021 yılında 0,14 ağırlık katsayısı ile tüketim ayak izi göstergesi; 2022 yılında 0,14 ağırlık katsayısı ile brüt katma değerler ve sektörde çalışanlar göstergesi ve nihayet 2023 yılında ise 0,13 ağırlık katsayısı ile sektörde çalışanlar göstergesi ülkelerin döngüsel ekonomi performansını en az etkileyen göstergeler olmuştur.

CRITIC yöntem kullanılarak elde edilen kriter ağırlık katsayıları kullanılarak ÇKKV tekniklerinden TOPSIS yöntemi ile AB üyesi ülkelerin 2020 – 2021 – 20211 – 2023 yılları için döngüsel ekonomi performans değerleri hesaplanmış, elde edilen performans puanlarına göre ülkelerin başarı sıralaması yapılmıştır. Buna göre 2020 ve 2021 yıllarında 60,33 ve 60,90 performans puanları ile en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke Avusturya olmuştur. 2020

yılında Avusturya'yı Belçika, Estonya ve Hırvatistan; 2021 yılında ise Almanya, Portekiz ve Fransa takip etmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında ise bu kez Estonya 63,75 ve 67,08 performans puanları ile en başarılı döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke olmuştur. 2022 yılında Estonya'yı Avusturya, Litvanya ve Letonya; 2023 yılında ise Avusturya, Almanya ve Fransa takip etmiştir. Buna karşılık analize konu edilen yılların tamamında Yunanistan, 27 AB üyesi ülke içerisinde en kötü döngüsel ekonomi performansını sergileyen ülke olmuştur.

Döngüsel ekonomi sektörlerine yatırımları teşvik etmek amacıyla vergi indirimleri, sübvansiyonlar gibi yatırımları artırmaya dönük politikalara öncelik verilmesi ülkenin döngüsel ekonomi performansına katkı sağlayacaktır. Ayrıca ülkelerin ulusal geri kazanım sistemlerini etkinleştirilmesi, ikincil hammadde kullanımlarının artırılması, yenilenebilir ve yeşil enerjinin üretim süreçlerinde daha yoğun kullanımlarının sağlanması gibi uygulamalar ülkelerde döngüsel ekonomi performansını artırıcı etki yaratacaktır.

References

- Acar, M. (2023). Döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma: mevcut durum ve yapılması gerekenler. M. E. Aydın & G. Engin (Ed.), *Temiz üretim, yeşil mutabakat ve sürdürülebilir atık yönetimi* içinde (ss. 265-288). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.
- Akçacı, T. & Güleç, O. (2025). Döngüsel ekonomi: ENTROPİ ve CRITIC yöntemleri ile ampirik bulgular. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 10(1), 1-32.
- Akdoğan, U. (2021). *Döngüsel ekonomide çevresel mali düzenlemeler ve sürdürülebilir vergilendirme*. Gazi Kitabevi.
- Aldırmaz Akkaya, F. (2019). Sürdürülebilir turizm gelişiminde yenilenebilir enerji kooperatifleri (Kemaliye özelinde örnek yatırım analizi ve finansal katkı değerlendirmesi). *Turkish Studies*, 14(4), 2003–2028. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.22970>
- Altıntaş, C. (2024). *Sürdürülebilir kalkınma bağlamında döngüsel ekonomi modelinin enerji politikalarına etkilerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Altıntaş, F. F. (2021). G7 grubu ülkelerin iklim değişikliği koruma performanslarının CODAS ve EDAS yöntemleri ile incelenmesi. *Turkish Studies*, 16(4), 1181-1201. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.51022>
- Avrupa Komisyonu (2015) Closing the loop—an EU action plan for the circular economy. COM (2015) 614 Final, Brussels/BE, 2 December 2015: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/EN/1-2015-614-EN-F1-1.PDF>. Erişim Tarihi: Temmuz 2025.
- Aysan Özdemir, Z. H. & Gür, B. (2024). Döngüsel ekonomi: Avrupa Birliği çalışmaları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(50), 2031-2048.
- Ayturan, Z., C., Dınçbaş, T. & Hasar, H. (2025). Türkiye'nin iklim politikaları ve döngüsel ekonomi. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl 4, 7, 12-29.
- Bolayır, S. & Eroğlu, İ. (2025). Doğrusaldan döngüsel ekonomiye geçişte bazı ülke örnekleri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (83), 221-231.
- Çakır, S., & Perçin, S. (2013). Çok kriterli karar verme teknikleriyle lojistik firmalarında performans ölçümü. *Ege Üniversitesi Bakış Dergisi*, 13 (4), 449-459.
- Çetinkaya, S. & Aliagaoglu, A. (2020). Şehirselleşme kavramının literatürdeki yerinin değerlendirilmesi. *Turkish Studies - Social*, 15(6), 2901-2918
- Diakoulaki, D., Mavratas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22 (7), 763-770.
- Dikmen, A. Ç. (2019). Türkiye'de güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin sera gazı emisyonları ve çevre maliyetinin azalmasına katkıları. *Turkish Studies*, 14(2), 275–293. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.15149>
- Doğan, F., & Acet, G. S. (2017). Uluslararası ilişkilerde çevre gündeminin inşası, çevrenin boyutları ve çevre rejimi. *Turkish Studies*, 12(24), 33–54. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.12317>
- Ece Çokmutlu, M. (2023). Sürdürülebilir kalkınma temelinde döngüsel ekonomi performansı. *Verimlilik Dergisi*, 151-170. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1111745>

- Eurostat, (2025a),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_cie012/default/table?lang=en&category=cei.cei_cie. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025b),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_cie011/default/table?lang=en&category=cei.cei_cie. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025c),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_cie020/default/table?lang=en&category=cei.cei_cie. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025d),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_gsr010/default/table?lang=en&category=cei.cei_gsr. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025e),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_gsr011/default/table?lang=en&category=cei.cei_gsr. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025f),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_gsr030/default/table?lang=en&category=cei.cei_gsr. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Eurostat, (2025g),
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_gsr020/default/table?lang=en&category=cei.cei_gsr. Erişim Tarihi: Kasım 2025.
- Fischer, A. & Pascucci, S., (2017). Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the dutch textile industry. *Journal of Cleaner Production*, 155(2), 17-32.
- Fura, B., Stee, M. & Mis, T. (2020). Statistical evaluation of the level of development of circular economy in european union member countries. *Energics*, 13(23), 6401.
- Gelmez, E. & Eren, H. (2025). Avrupa ülkelerinin yeşil büyüme performanslarının CRITIC-MEREC tabanlı WASPAS yöntemi ile değerlendirilmesi, *Verimlilik Dergisi*, 59(4), 827-852.
- Giannakitsidou, O., Giannikos, I. & Chondrou, A. (2020). Ranking European countries on the basis of their environmental and circular economy performance: A DEA application in MSW. *Waste Management*, 109, 181-191.
- Gökşen, Y., Ünal, C. & Tuna, H. (2020). Döngüsel ekonomi ve endüstri 4.0 odağında dijitalleşmenin rolü. F. Sayın (Ed.), *Döngüsel ekonomi: Makro ve mikro incelemeler* içinde (ss. 387-412). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Güreşçi, G. (2020). Sürdürülebilir kalkınma açısından döngüsel ekonomi ve pandeminin etkileri. F. Sayın (Ed.), *Döngüsel Ekonomi: Makro ve Mikro İncelemeler* içinde (ss. 47-65). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Güven H. & Argun Y. A. (2025). Döngüsel ekonomi çerçevesinde sıfır atık: Yozgat ili örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Ermenek Akademi Dergisi*, 1(1), 14-27.
- Heshmati, A. (2015). A review of the circular economy and its implementation. *Discussion Paper Series*, 2-61.
- https://sustainablefuture.com.tr/dongusel_ekonomi_nedir/ (2025). Erişim Tarihi: Eylül 2025.
- Işık, S. (2025). Sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme ilişkisi: Seçilmiş AB ülkeleri özelinde ampirik bir analiz. *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 1-12.

- İşletmeler için Döngüsel Ekonomi Rehberi (2020). <https://business4goals.org/wp-content/uploads/2021/03/%C4%B0sletmeler-icin-Dongusel-Ekonomi-Rehberi.pdf>. Erişim Tarihi: Eylül 2025.
- Jawahir, I.S. & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6r-based closedloop material flow in sustainable manufacturing, *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing Decoupling Growth from Resource Use*, 103-108.
- Kaplan, Y. (2022). The EU's the circular economy policy: Analysing a path-dependent institutional change process. *Turkish Studys-Economy*, 17(3), 659-674.
- Kuvvetli Yavaş, H. (2023). Ekonomide bir paradigma değişimi olarak döngüsel ekonomi. *Türkiye'de sıfır atık: Tespitler, beklentiler ve fırsatlar*. tam metin bildiri kitapçığı içinde Ü. Bulut Karaca (ed.), İstanbul Arel Üniversitesi.
- Lacy, P., Long, J. & Spindler, W. (2020). *The circular economy handbook: realizing the circular advantage*. Palgrave Macmillan.
- Orhan, M., Altın, H. & Aytekin, M. (2020). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle finansal performans değerlendirme: Ulaştırma alanında bir uygulama. *Turkish Studies – Economy*, 15(1), 395-410.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: Döngüsel ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (57), 196-204.
- Özari, Ç. (2020). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin seçimi üzerine bir değerlendirme: TOPSIS örneği. *Turkish Studies - Social*, 15(4), 2071-2081.
- Özsoy, T. (2019). Döngüsel ekonomi: Almanya'daki durumun bir özeti. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 7(14), 129-143.
- Pınar, A. & Erdoğan, S. (2022). Temel makroekonomik göstergeler ile Türkiye ve Özbekistan'ın ekonomik performansının ölçümü (2010-2021). B. Mercan, A. Şahbaz ve M. Gömleksiz (Ed.), *İpek Yolu: Tarih, Felsefe ve Ekonomi Perspektifinde Güncel Tartışmalar* içinde (ss. 129-148), Necmeddin Erbakan Üniversitesi Yayınları.
- Pınar, A. & Paksoy, H. (2023). Seçilmiş ülkelerin TOPSİS yöntemi ile ölçülen ekonomik performanslarının karşılaştırılması. M. Yılmaz (Ed.), *Cumhuriyetin Yüzüncü Yılında Türkiye'nin Ekonomik Büyümesi Üzerine Çalışmalar* içinde (ss. 107-130), Nobel Yayınları.
- Pınar, A., Yıldırım, M. & Erdoğan, S. (2023). COVID dönemi ve sonrası Türkiye ekonomisinin performansının CRİTİC, TOPSİS ve MABAC yöntemleri ile ölçülmesi. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 25(44), 433-449.
- Pınarcıoğlu, N. Ş. (2018). İklim değişikliği müzakerelerinde geline nokta: Paris Anlaşması ve sonrası. *Turkish Studies*, 13(23), 211–224. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14226>
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E. & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product Chain, *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*, 2544, 1-46.
- Sarı, S.S. & Aka, S. (2022). Finansal ödeme sistemlerinin bulanık TOPSIS yöntemiyle karşılaştırılması. *Turkish Studies – Economy*, 17(3), 815-834.
- Sevgin, H. & Kundakçı, N. (2017). TOPSİS ve MOORA yöntemleri ile Avrupa Birliğine üye olan ülkelerin ve Türkiye'nin ekonomik göstergelere göre sıralanması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(3), 87-108.

- Seyhan, N. (2023). AB’de döngüsel ekonomi üretim ve tüketim göstergelerinin değerlendirilmesi: MEREC temelli MARCOS uygulaması. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4(3), 364-391.
- Sürmen, M. & Ece Çokmutlu, M. (2022). Döngüsel ekonomi performans ölçümü üzerine bir araştırma. *Ekonomi İşletme ve Yönetim Dergisi*, 6(2), 209-234.
- Şenol, Z. & Ulutaş, A. (2018). Muhasebe temelli performans ölçümleri ile piyasa temelli performans ölçümlerinin CRITIC ve ARAS yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 55(641), 83-102.
- Teknik Destek Projesi (2023). *Türkiye’nin döngüsel ekonomiye geçiş potansiyelinin değerlendirilmesi için teknik destek projesi*, Sözleşme No EuropeAid/140562/IH/SER/TR, 2023 https://webdosya.csb.gov.tr/db/dongusel/icerikler/act_2.4_lca_gu-del-ne_15122023_tr-202_31226091133.pdf. Erişim Tarihi: Temmuz 2025
- Ulusoy, T., & Atay, H. (2018). İl özel idarelerinde alternatif finansman kaynakları: Karbon sertifikaları ve kullanımı. *Turkish Studies–Economics, Finance and Politics*, 13(30), 477–494. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14303>
- Upadhayay, S. & Alqassimi, O. (2019). Transition from linear to circular economy. *Westcliff International Journal of Applied Research*, 2(2), 62-74.
- Uysal, Y. (2020). Ekonomi politikalarında mevcut genel perspektif ve döngüsel ekonomi anlayışının içerilmesi üzerine bir deneme. F. Sayın (Ed.), *Döngüsel Ekonomi: Makro ve Mikro İncelemeler* içinde (ss. 599–618). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yıldız, Ş. (2019). Sürdürülebilir kalkınma anlayışı kapsamında döngüsel ekonomi yaklaşımı: Atık yönetimi ve sıfır atık. E. E. Başar vd. (Ed.), *Sürdürülebilirlik: Ekonomik ve Sosyal Eğilimler* içinde (ss. 83-98). İmaj Yayınevi.
- Yılmaz Türkmen, S. & Çağıl, G. (2012). İMKB’ye kote bilişim sektörü şirketlerinin finansal performanslarının TOPSİS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Maliye-Finans Yazıları*, 26(95), 59-78.
- Yılmaz, V. (2022). Avrupa Birliği ülkelerinin ekonomi performansı. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 94-114.

ETHICAL DECLARATIONS

Research and Publication Ethics

The author(s) declare that this manuscript is an original work prepared in accordance with the principles of scientific research and publication ethics. The manuscript has not been previously published and is not currently under consideration for publication elsewhere. All sources used in the preparation of this study have been properly cited and referenced. The author(s) confirm that the work contains no plagiarism, fabrication, falsification, or manipulation of data. The research findings are presented honestly and transparently in accordance with the principles of academic integrity.

Author Contributions

All authors have significantly contributed to the conception, design, analysis, and preparation of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript and agree to its submission and publication.

Conflict of Interest

The author(s) declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

Funding

This research did not receive any specific grant, financial support, or funding from any public, commercial, or non-profit funding agencies.

Artificial Intelligence (AI) Usage Disclosure

During the preparation of this manuscript, artificial intelligence tools may have been used solely for limited purposes such as language editing, translation assistance, and stylistic improvement. Any AI-assisted translations or language corrections were carefully reviewed and verified by the author(s). Artificial intelligence tools were not used to generate the core scientific content, research design, analysis, or scholarly conclusions. All academic responsibility for the content of the manuscript rests entirely with the author(s).

Copyright and Permissions

The author(s) confirm that all necessary permissions for copyrighted materials have been obtained where required and that the manuscript does not violate any intellectual property rights.

Author Approval

All authors confirm that they have read and approved the final version of the manuscript and consent to its submission and publication.

ETİK BEYANLAR

Araştırma ve Yayın Etiği

Yazar(lar), bu makalenin özgün bir çalışma olduğunu ve bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hazırlandığını beyan eder. Makale daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış olup başka bir dergide değerlendirme sürecinde değildir.

Çalışmada kullanılan tüm kaynaklar akademik kurallara uygun biçimde atıflanmıştır. Yazar(lar), çalışmanın intihal, veri uydurma, veri tahrifi veya manipülasyon içermediğini; araştırma bulgularının bilimsel dürüstlük ilkelerine uygun şekilde sunulduğunu beyan eder.

Yazar Katkısı

Tüm yazarlar çalışmanın tasarlanması, yürütülmesi, analizi ve makalenin hazırlanmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuyup onaylamış ve yayımlanmasını kabul etmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), bu makalenin yayımlanmasına ilişkin herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Finansal Destek

Bu araştırma herhangi bir kamu kurumu, ticari kuruluş veya kâr amacı gütmeyen kuruluş tarafından finansal olarak desteklenmemiştir.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Makalenin hazırlanması sürecinde yapay zekâ araçlarından yalnızca dil düzenleme, çeviri desteği ve anlatım iyileştirmesi amacıyla sınırlı ölçüde yararlanılmış olabilir. Yapay zekâ araçları tarafından yapılan çeviri ve dil düzenlemeleri yazar(lar) tarafından dikkatle kontrol edilmiştir. Yapay zekâ araçları çalışmanın bilimsel içeriğinin, araştırma tasarımının, analizlerinin veya akademik sonuçlarının oluşturulmasında kullanılmamıştır. Makalenin içeriğine ilişkin tüm akademik sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Telif Hakları ve İzinler

Yazar(lar), telif hakkı gerektiren materyaller kullanılmışsa gerekli izinlerin alındığını ve çalışmanın herhangi bir fikrî mülkiyet hakkını ihlal etmediğini beyan eder.

Yazar Onayı

Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuduklarını, onayladıklarını ve yayımlanmasını kabul ettiklerini beyan eder.