

VERİMLİLİK DERGİSİ



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

2023 | Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı

İşletmelerde Döngüsel Ekonominin Uygulanabilmesi İçin Gerekli Özelliklerin Delfi Yöntemi ile Belirlenmesi
Sibel Yıldız ÇANKAYA, Meftune ÖZBAKIR UMUT

Karbon Salınımının Belirleyicileri: Çevresel Performans Endeksi'ndeki Ülkelerde Bir Araştırma
Ömer İSKENDEROĞLU, Sema Nur ÜNLÜBULDUK, Erdiç KARADENİZ

AB Ülkelerindeki Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Firma Performansına Etkisi Üzerine Ampirik Bir Çalışma
Derya FİNDİK

Döngüsel Ekonomi ve Yeşil Büyüme Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Seçilmiş AB Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar
Yunus AÇCI, Gülsüm AKARSU, Reyhan CAFRI

OECD Ülkelerinin Yeşil Lojistik Performansı ile Enerji, Sağlık Ekonomisi ve Çevre İlişkisinin Analizi
Pınar KAYA SAMUT

Mekânsal Panel Modelleri Kullanılarak Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisinin İncelenmesi: Balkan Ülkelerinden Kanıtlar
Ramazan SAYAR, Yılmaz Onur ARİ, Turgut BAYRAMOĞLU

Türkiye Sanayi Sektöründeki Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Mekânsal Analizi
Anıl ERALP

Türkiye'de Çevresel Düzenlemeler ve Ekonomik Büyümenin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri: Ampirik Bir Uygulama
Melike ATAY POLAT, Suzan ERGÜN

Döngüsel Ekonomi ve Verimlilik: Sosyal Bilimler Kapsamında Bir Literatür İncelemesi
Arzum BÜYÜKKEKLİK, Yasin AFŞAR

Sürdürülebilir Kalkınma Temelinde Döngüsel Ekonomi Performansı
Meltem ECE ÇOKMUTLU

Sürdürülebilir Kalkınma ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Etkileşim
Mehmet Ali YÜCEL, M. Kenan TERZİOĞLU

Türkiye'nin Döngüsellik Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Bir Araştırma
Ferhan SAYIN, Utku UTKULU

Katar'da Ekolojik Ayak İzi ve Alt Bileşenlerinin Durağanlığının Test Edilmesi: Kesirli Frekanslı Fourier Birim Kök Analizi
Tunahan HACİMAMOĞLU

Verimlilik Fırsatı Olarak Döngüsel Ekonomi: Döngüsel Modele Geçişte Atalet Engeli
Bahar TÜRK

JOURNAL OF PRODUCTIVITY



VERİMLİLİK DERGİSİ

Journal of Productivity

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel
Müdürlüğü'nün Yayınıdır

ISSN: 1013-1388 e-ISSN: 2757-6973

Yıl: 2023 Sayı: Özel Sayı

Yayın Türü
Yerel-Sürelili / Türkçe-İngilizce

Sahibi
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
adına

Genel Müdür
Prof. Dr. İker Murat AR

Editörler
Doç. Dr. Önder BELGİN
Dr. Yücel ÖZKARA

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Nazlı SAYLAM BÖLÜKBAŞ

Grafik Tasarım ve Uygulama
Şeniz KOBAL

Dil Editörleri
Nazlı SAYLAM BÖLÜKBAŞ
Şirin Müge KAVUNCU

Yönetim Yeri
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Adres: Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
(Eskişehir Yolu 7. Km) 2151. Cadde No: 154
Çankaya 06510 ANKARA

Tel: 0 312 201 65 02 <https://www.sanayi.gov.tr>
verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr
<https://dergipark.org.tr/pub/verimlilik>

Baskı Yeri
Elma Teknik Basım Matbaacılık
Adres: İvedik OSB Matbaacılar Sitesi 1516/1 Sk. No: 35
Yenimahalle 06378 ANKARA
Tel: 0.312. 229 92 65 - Fax: 0.312. 231 67 06 elma@elmateknikbasim.com.tr

Baskı Tarihi
05.01.2023

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Önder BELGİN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Alp Eren YURTSEVEN - Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu
Dr. Cangül TOSUN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Cihan YALÇIN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Kağan KARADEMİR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. M. Hürol METE - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Murat MAHMUTOĞLU - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Onur AYTAZ - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Sinan BORLUK - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Yücel ÖZKARA - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ali SINAĞ - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Birdoğan BAKI - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN - İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cory SEARCY - Toronto Metropolitan University
Prof. Dr. Dirk CZARNITZKI - KU Leuven University
Prof. Dr. Ekrem TATOĞLU - Gulf University for Science and Technology & İbn Haldun Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan Murat ERTUĞRUL - Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Halit KESKİN - Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail EROL - Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Marina DABIC - University of Zagreb
Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN - Yükseköğretim Denetleme Kurulu
Prof. Dr. Mike DILLON - World Confederation of Productivity Science
Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN - Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer ZERENLER - Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA - Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ARAS - Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ATAY - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan AKTAŞ - TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Selçuk PERÇİN - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serpil EROL - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Süphan NASIR - İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Türkay DERELİ - Hasan Kalyoncu Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ - Başkent Üniversitesi
Doç. Dr. İskender PEKER - Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Dursun BALKAN - Türk Hava Kurumu Üniversitesi
Dr. Kamran MOOSA - PIQC Institute of Quality

Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan yazılarda belirtilen görüşler yazarlarına aittir. Dergide yayımlanan yazılardan, Verimlilik Dergisi'nin adı ve sayısı anılarak alıntı yapılabilir.

Verimlilik Dergisi'nin her sayısının, PDF formatında düzenli bir şekilde e-posta adresinize gönderilmesini istiyorsanız, konu alanına "Verimlilik Dergisi" yazarak verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr adresine e-posta gönderebilirsiniz.

Verimlilikle ilgili tüm disiplinlerden gelecek makalelere açık olan Verimlilik Dergisi, 2004 yılından itibaren "Hakemli Dergi" statüsü ile yayımlanmaya başlamıştır. Verimlilik Dergisi, 2008 yılından bu yana TÜBİTAK TR Dizin Sosyal ve Beşeri Bilimler Veri Tabanı'nda taranmaktadır. Verimlilik Dergisi'nde yayınlanması istenen çalışmalara ilişkin süreç yönetimi, TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark aracılığıyla yürütülmektedir.

TÜBİTAK

DergiPark
AKADEMİK

EBSCO
HOST

İÇİNDEKİLER

1 22	İşletmelerde Döngüsel Ekonominin Uygulanabilmesi İçin Gerekli Özelliklerin Delfi Yöntemi ile Belirlenmesi <i>A Delphi Methodology for Determining Features for Circular Economy Implementation in Firms</i> Sibel Yıldız ÇANKAYA, Meftune ÖZBAKIR UMUT
23 36	Karbon Salınımının Belirleyicileri: Çevresel Performans Endeksi'ndeki Ülkelerde Bir Araştırma <i>Determinants of Carbon Emission: A Research in Environmental Performance Index Countries</i> Ömer İSKENDEROĞLU, Sema Nur ÜNLÜBULDUK, Erdinç KARADENİZ
37 52	AB Ülkelerindeki Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Firma Performansına Etkisi Üzerine Ampirik Bir Çalışma <i>An Empirical Study on the Effect of Circular Economy Practices in EU Countries on Firm Performance</i> Derya FINDIK
53 66	Döngüsel Ekonomi ve Yeşil Büyüme Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Seçilmiş AB Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar <i>The Effect of Sustainable Development Indicators on Economic Growth within the Framework of the Circular Economy and Green Growth: Empirical Evidence From Selected EU Countries</i> Yunus AÇCI, Gülsüm AKARSU, Reyhan CAFRI
67 82	OECD Ülkelerinin Yeşil Lojistik Performansı ile Enerji, Sağlık Ekonomisi ve Çevre İlişkisinin Analizi <i>Analysis of the Green Logistics Performance of OECD Countries and the Relationship of Energy, Health Economics and Environment</i> Pınar KAYA SAMUT
83 98	Mekânsal Panel Modelleri Kullanılarak Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisinin İncelenmesi: Balkan Ülkelerinden Kanıtlar <i>Examining the Relationship of Renewable Energy Consumption, Environmental Degredation and Growth Using Spatial Panel Data Models: Evidence from Balkan Countries</i> Ramazan SAYAR, Yılmaz Onur ARİ, Turgut BAYRAMOĞLU
99 112	Türkiye Sanayi Sektöründeki Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Mekânsal Analizi <i>Spatial Analysis of the Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in the Industrial Sector of Türkiye</i> Anıl ERALP
113 126	Türkiye'de Çevresel Düzenlemeler ve Ekonomik Büyümenin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri: Ampirik Bir Uygulama <i>Impacts of Environmental Regulations and Economic Growth on Air Pollution in Türkiye: An Empirical Study</i> Melike ATAY POLAT, Suzan ERGÜN
127 150	Döngüsel Ekonomi ve Verimlilik: Sosyal Bilimler Kapsamında Bir Literatür İncelemesi <i>Circular Economy and Productivity: A Literature Review in the Scope of Social Sciences</i> Arzum BÜYÜKKEKLİK, Yasin AFŞAR
151 170	Sürdürülebilir Kalkınma Temelinde Döngüsel Ekonomi Performansı <i>Circular Economy Performance on the Basis of Sustainable Development</i> Meltem ECE ÇOKMUTLU
171 186	Sürdürülebilir Kalkınma ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Etkileşim <i>Eco-Innovation and Sustainable Development: Dynamic Spatial Interaction</i> Mehmet Ali YÜCEL, M. Kenan TERZİOĞLU
187 204	Türkiye'nin Döngüsellik Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Bir Araştırma <i>Circularity Performance of Türkiye: A Comparative Investigation with the European Union Countries</i> Ferhan SAYIN, Utku UTKULU
205 218	Katar'da Ekolojik Ayak İzi ve Alt Bileşenlerinin Durağanlığının Test Edilmesi: Kesirli Frekanslı Fourier Birim Kök Analizi <i>Testing the Stationarity of per Capita Ecological Footprint and Its Sub-Components: Fractional Frequency Fourier Unit Root Analysis</i> Tunahan HACİİMAMOĞLU
219 236	Verimlilik Fırsatı Olarak Döngüsel Ekonomi: Döngüsel Modele Geçişte Atalet Engeli <i>Circular Economy as An Opportunity for Productivity: Inertia Barrier to the Transition towards the Circular Model</i> Bahar TÜRK

İşletmelerde Döngüsel Ekonominin Uygulanabilmesi İçin Gerekli Özelliklerin Delfi Yöntemi ile Belirlenmesi

Sibel YILDIZ ÇANKAYA¹, Meftune ÖZBAKIR UMUT²

ÖZET

Amaç: İşletmelerde büyüme ve refahı tehlikeye atmadan üretim ve iş süreçlerinde oluşabilecek olumsuz etkileri azaltmak döngüsel ekonomi uygulamaları ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, verimlilik ve sürdürülebilirlik gereği döngüsel ekonominin uygulanabilmesi için gerekli işletme özelliklerini belirleyerek işletmelere önerilerde bulunmaktır.

Yöntem: Araştırmada iki turlu Delfi anketi uygulanmıştır. İlk turda literatür taramasından elde edilen maddeler kullanılmış; ikinci turda ise bu maddelere ilave olarak katılımcılar tarafından eklenen yeni önermeler katılımcılara sunulmuştur. Anket grubu akademisyenler ile işletmelerde çevre konusunda çalışan uzmanlardan oluşmaktadır.

Bulgular: Araştırma sonuçlarına göre uzmanlar, 11 madde dışında diğer maddeler üzerinde uzlaşmışlar ve 8 maddede ise mükemmel ölçüde uzlaşma sağlamışlardır. Mükemmel uzlaşma sağlanan maddeler şunlardır: Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması, su kullanımının azaltılması, enerji kullanımının azaltılması, operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması, emisyon miktarının azaltılması, tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması, üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi ve yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılmasıdır.

Özgünlük: Türkiye'de döngüsel ekonomi kapsamında işletme özelliklerinin belirlendiği ilk çalışma olması bu araştırmanın literatüre katkısını ve özgün değerini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilirlik, Verimlilik, Delfi Yöntemi.

JEL Kodları: M11, O4, Q5.

A Delphi Methodology for Determining Features for Circular Economy Implementation in Firms

ABSTRACT

Purpose: Reducing the negative effects that may occur in production and business processes without jeopardizing growth and welfare in enterprises is possible with circular economy practices. Taking into account productivity and sustainability, the purpose of this study is to determine the characteristics of businesses that are necessary to implement the circular economy and to provide recommendations to companies.

Methodology: Delphi questionnaires were applied in the study. In the first round, the items obtained from the literature review were used; in the second round, participants' new propositions were presented and considered alongside these items. The survey group consists of academics and experts involved in environmental issues in businesses.

Findings: Based on the results of the study, all the other items were agreed upon except 11 items. Experts reached a perfect agreement on 8 items: Designing products that facilitate recovery, reduction of water use, reduction of energy use, reduction of environmental impacts caused by operations, reduction of emissions, reducing or discontinuing the use of dangerous products, top management support and cooperation with local governments on environmental issues.

Originality: Furthermore, the fact that this is the first study in Türkiye to examine business characteristics in the context of a circular economy demonstrates literature contribution and the originality of the research.

Keywords: Circular Economy, Sustainability, Productivity, Delphi Method.

JEL Codes: M11, O4, Q5.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bolu, Türkiye, sibelyildiz@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4942-1415 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

² Doç. Dr., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bolu, Türkiye, ozbakir_m@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7619-302X.

1. GİRİŞ

Son yıllarda işletmeler ve hükümetler değer zincirindeki tüm paydaşların çıkarlarını karşılamak için finansal performanslarını iyileştirmeye çalışırken aynı zamanda kaynakları korumak, verimliliği artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak amacına da odaklanmaktadır (Khan ve diğerleri, 2022). Bu doğrultuda Birleşmiş Milletler tarafından çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme arasındaki uyumluluk koşullarını belirlemeye yönelik 2030 yılına kadar ulaşılması gereken küresel çapta Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri belirlenmiştir. Özellikle Hedef 12 (Sorumlu Tüketim ve Üretim) ve Hedef 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) ekonomik büyümeyi çevresel bozulmadan ayırarak tüketimde ve üretimde küresel kaynak verimliliğinin sürdürülmesi gerekliliğini desteklemektedir. Sürdürülebilir üretim ve tüketim iş modelleri kullanılarak, atık miktarını azaltarak, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik ederek kaynak kullanımını ve verimliliği optimize etmek amaçlanmaktadır. Benzer şekilde, Avrupa Birliği'nin 2020'de kabul edilen Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın, 2030 yılına kadar kaynak kullanımını azaltırken sürdürülebilir ürünleri norm haline getirmek için "sürdürülebilir ürün yasası" girişimi mevcuttur (Kim ve diğerleri, 2022).

Sınırlı kaynak arzı ile artan talep arasındaki mevcut ekonomik sistemin dengesizliğine potansiyel bir çözüm olarak önerilen (Marino ve Pariso, 2020) döngüsel ekonomi paradigmasının odağında; azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm (3R- reuse, reduce, recycle) aracılığıyla atıkların azaltılması (Ellen MacArthur Foundation, 2016; Parida ve diğerleri, 2019) yer almaktadır. Döngüsel ekonomi; atıkla sonuçlanan mevcut 'doğrusal' süreçlerin, dayanıklılık, yeniden kullanılabilirlik, onarım, yenileme ve geri dönüşüm süreçlerini içeren dairesel modeller ile değiştirilmesi için yeniden tasarlanması gerektiğini savunmaktadır (Chamberlin ve Boks, 2018; Asgari ve Asgari, 2021). Döngüsel ekonomi uygulamaları, tedarik zincirlerini ve müşteri ilişkilerini geliştirerek, kaynak verimliliğini sağlayarak ve istihdam yaratarak işletmelere ve topluma fayda sağlamaktadır (Singh ve diğerleri, 2018; Bertassini ve diğerleri, 2021). Döngüsel ekonomi üç farklı seviyede gerçekleşmektedir (Ghisellini ve diğerleri, 2016; Kirchherr ve diğerleri, 2017; Su ve diğerleri, 2013):

1. *Mikro düzey*: Değişim tek bir işletmede, hanede veya bireysel düzeyde gerçekleşir. Burada odak nokta, ürün, işletme ve tüketicilerdir. Eko-tasarım ve daha temiz üretim teknikleri ile ürünlerin tasarımı ve üretimi sürecinde çevreye olumsuz etkileri önlenmeye çalışılır.

2. *Orta düzey*: Değişim, kaynakları paylaşmak için coğrafi yakınlıktaki işletmeler arasındaki simbiyotik ilişkiler kapsamında gerçekleşir. Eko-endüstriyel parklar ve eko-tarım sistemleri ile malzeme, su, enerji ve mevcut altyapı kaynaklarının paylaşımı için coğrafi yakınlık fırsatları değerlendirilir.

3. *Makro düzey*: Değişim tüm endüstrilerde, bölgelerde veya ülkelerde gerçekleşir. Odak noktası, küresel veya ulusal alanlarda tüm üretim ve tüketim sistemleridir. Özellikle temel toplumsal ihtiyaçların büyük bölümünü temsil eden ve üretim süreçlerinde önemli çevresel etkileri olan barınma, ulaşım, beslenme, giyim ve elektronik gibi sektörlerde döngüsel ekonomiye geçiş önemlidir.

Belirtilen bu üç düzeyde de işletmelerin önemli rollerinin olduğu görülmektedir. Bu role uygun şekilde geliştirilen üretim sistemlerinin işletmeler için son derece önemli olan verimli ve ekonomik olma koşulunu da karşılaması beklenmektedir. Eko-verimlilik kapsamında döngüsel ekonomi sistemlerinde, farklı yaşam döngüsü aşamaları arasında bir dizi geri besleme döngüsü oluşturularak girdi değerinin korunması amaçlanmaktadır (Hobson ve Lynch, 2016). Paylaşım, hizmet, bakım sağlama, optimum yaşam süresi için tasarım, endüstriyel simbiyoz, geri dönüşüm ve yenilenebilir kaynakların kullanımı döngüsel ekonomiye ilişkin stratejiler arasındadır (Guzzo ve diğerleri, 2019). Döngüsel ekonominin işletmeler için çevresel etkilerinin azaltılması, sosyal iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi, maliyet tasarrufu ve yeni pazarların geliştirilmesi veya mevcut pazarların büyütülmesi gibi ekonomik faydaları bulunmaktadır (Roos Lindgreen ve diğerleri, 2022). Döngüsel ekonomi uygulamaları işletmelere büyüme ve refahı tehlikeye atmadan üretim ve iş süreçlerinde oluşabilecek olumsuz etkileri azaltmayı vaat etmektedir (Ferasso ve diğerleri, 2020). Bu araştırmanın çıkış noktası döngüsel ekonominin işletmelere olan bu vaadini gerçekleştirebilmeleri için hangi özelliklere sahip olması gerektiğini ortaya koymaktır. Çalışmanın amacı, verimlilik ve sürdürülebilirlik gereği döngüsel ekonominin uygulanabilmesi için gerekli işletme özelliklerini belirleyerek işletmelere önerilerde bulunmaktır. Türkiye'de döngüsel ekonomi kapsamında işletme özelliklerinin belirlendiği ilk çalışma olması da bu araştırmanın literatüre katkısını ve özgün değerini ortaya koymaktadır.

Araştırmada döngüsel ekonominin özelliklerini belirleyebilmek için iki turdan oluşan Delfi yöntemi kullanılmıştır. Birinci turda, döngüsel ekonominin literatür taraması sonucunda belirlenen 46 özelliğinin yer aldığı anket, 18 uzman tarafından doldurulmuştur. İkinci turda ise bu 46 özelliğin yanı sıra uzmanların birinci turda eklediği 12 madde uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak uzmanların döngüsel ekonominin toplam 58 özelliğinin (46+12),11'inde uzlaşamadıkları, 8 maddede ise mükemmel bir şekilde uzlaştıkları görülmüştür.

Çalışmanın bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: Girişin ardından ikinci bölümde literatür taraması, üçüncü bölümde yöntem, dördüncü bölümde bulgular, beşinci bölümde ise araştırmanın sonuçları ile ilgili bilgi verilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde döngüsel ekonomiyi açıklamaya çalışan araştırmalarda farklı özelliklerden bahsedildiği görülmektedir. Bazı çalışmalar; döngüsel ekonominin, ekonomiyi iyileştirmeyi ve çevreyi korumayı amaçlayan dolayısıyla kirliliğin azaltılmasıyla sonuçlanan (Ma ve diğerleri, 2014) ya da kaynak kontrolü veya kaynak etkinliği ile tüketimin azaltılmasını sağlayan (Haas ve diğerleri, 2015) bir strateji olduğunu belirtmektedir. Ayrıca atığı yenileyerek eski haline getirmeyi (Ghisellini ve diğerleri, 2016) ve kullanılmış ürün bileşenlerini geri kazanmayı amaçlayan bir üretim sistemi (Haupt ve diğerleri, 2017) olarak da ifade edilmektedir. Döngüsel ekonomi; sürdürülebilirliği sağlamak için aynı malzemenin birden çok kez kullanılması (Büyüközkan ve Uztürk, 2021) kapsamında da açıklanmaktadır. Daha kapsamlı olarak ise "ekosistem işleyişini ve insan refahını en üst düzeye çıkarmak için planlama, kaynak sağlama, tedarik, üretim ve yeniden işleme aşamalarının süreç ve çıktı olarak tasarlandığı ve yönetildiği ekonomik bir model" (Murray ve diğerleri, 2017) olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalara uygun olarak iş süreçlerini geliştirmeleri işletmelere önemle önerilmektedir. Bu kapsamda Planing (2015), işletmelerin döngüsel ekonomiyi sistematik geçişi için dört temel öneri sunmaktadır:

1. *Malzeme ve ürün tasarımı*: Ürün tasarımında eko-tasarım ilkelerinin benimsenmesi, dikkatli malzeme seçimi uygulamaları, bileşenleri ve malzemeleri planlı eskitme ilkelerinin aksine mümkün olan en yüksek fayda ve değerde tasarlama.

2. *Döngüsel iş modelleri*: Kiralama, paylaşım, kullanım başına ödeme ve sonuç başına ödeme gibi iş modellerini benimseme.

3. *Tersine tedarik ağları*: İşletmelerin kullanılmış ürünlerin geri kazanılması yoluyla kâr elde ederek operasyonlarını optimize etmelerini sağlayan tedarik zincirlerine tersine lojistiği entegre etme.

4. *Etkinleştirme*: Döngüsel ekonomiye geçişi destekleyebilecek, etkinleştirici politikalar ile tüketici bilincini artırma ve dijital teknolojileri etkin bir şekilde kullanma.

Ayrıca döngüsel ekonomi paradigmasının odağında yer alan 3R konseptinde "R"lerin sayıları, işletmelerin iş süreçlerine uygun şekilde artmaktadır. Konseptin 3R'den 6R'ye (yeniden tasarla, azalt, yeniden kullan, yeniden üret, geri dönüştür, geri kazan) ve 10 R'ye (reddet, yeniden tasarla, azalt, yeniden kullan, tamir et, yenile, yeniden üret, yeniden amaçlandır, geri dönüştür, geri kazan) doğru genişlediği görülmektedir (Okorie ve diğerleri, 2018). Döngüsel ekonominin tüm ürün yaşam döngüsü boyunca kapsayıcı olması "R" lerin sayılarını artırmıştır. Ayrıca literatürde işletmelere döngüsel ekonomi süreçlerinde kılavuzluk etmesi amacıyla "ReSOLVE" (yeniden oluştur, paylaş, optimize et, döngü oluştur, sanallaştır ve değiş tokuş et) modeli de önerilmektedir (De Sousa ve diğerleri, 2018).

Döngüsel ekonomi kavramının henüz gelişmekte olan bir kavram olması işletmeler tarafından farklı modeller ile anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Ancak işletmelerin asıl ihtiyacı olanın daha ayrıntılı ve kapsayıcı işletme özelliklerinin belirlenmesi olduğu düşünülmektedir. Çünkü işletmeler açısından döngüsel ekonominin sağlayıcılarının belirlenmesi, işletmelerin bu sürece geçişini kolaylaştıracak ve işletmelere yol gösterebilecektir.

Döngüsel ekonomi sağlayıcılarının belirlenmesi için literatürde çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Örneğin, Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), döngüsel ekonominin temel unsurlarını belirleyebilmek için Delfi yöntemi kullanmışlardır. Yazarlar, üç genel kategoride (döngüsel ekonominin eylem alanları, endüstriyel simbiyoz ve sertifikalar) 19 özellik listelemişlerdir. Bocken ve diğerleri (2016), döngüsel ekonomi için gerekli ürün tasarım özelliklerini kavramsal olarak incelemişlerdir. Yazarlar, iki önemli strateji üzerinde durmuşlardır. Bunlardan ilki kaynak döngülerini yavaşlatmak için gerekli olan tasarım stratejileridir. Bu stratejinin altında uzun ömürlü ürünler tasarlamak ve ürün ömrünü uzatan tasarımlar yapmak gibi alt başlıklar bulunmaktadır. İkinci strateji ise kaynak döngülerini kapatmak için tasarım stratejileridir. Bu stratejinin altında ise söküm ve yeniden montaj için tasarım gibi alt başlıklar bulunmaktadır. Khan ve diğerleri (2020) ise vaka çalışması gerçekleştirerek döngüsel ekonomi için gerekli özellikleri/yetenekleri incelemişler ve 35 tane özellik listelemişlerdir.

Döngüsel ekonominin özelliklerinin belirlenmesinde Delfi yöntemi sınırlı çalışmada kullanılmış olmasına rağmen bu yöntemin kavram ve çerçeve geliştirmeye odaklanan çalışmalarda (Prieto-Sandoval ve diğerleri, 2018) önemli rol oynadığı görülmektedir. Ayrıca konu ile ilişkili olarak döngüsel ekonomi için potansiyel sosyal göstergelerin belirlenmesi amacı ile yapılan Padilla-Rivera ve diğerleri (2021)'nin çalışmasında, döngüsel ekonomiye yönelik potansiyel dönüştürücü içgörülerin belirlenmesi amacını

taşıyan De Jesus ve diğerleri (2021)'nin çalışmasında, Wurster (2021) tarafından yapılan otomotiv sektöründe döngüsel ekonomi özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmada, döngüsel ekonomiye ilişkin akademik bakış açılarının belirlenmesi amacı ile Mahanty ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada ve Huang ve diğerleri (2021)'nin döngüsel ekonomiye ulaşmanın önündeki engelleri belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında Delfi yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Delfi Yöntemi

Delfi yöntemi, alanında uzman olan kişilerin bir araya gelmeden görüşlerini bildirmeleri ve ardışık olarak tekrarlanan anketler ile uzlaşının sağlanması temeline dayanmaktadır. Bu yöntem, bireysel görüşten ziyade grup görüşünün daha geçerli olduğu tezini savunmaktadır (Koçdar ve Aydın, 2013). Delfi yöntemi, bir koordinatör tarafından katılımcılara bir dizi anket gönderilmesi, katılımcılardan geribildirim alınması, herhangi bir yeni anketten önce grup görüşünün değerlendirilerek katılımcılara sunulması ve katılımcıların bu grup görüşü doğrultusunda kendi görüşlerini tekrar gözden geçirmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu süreç, katılımcılar arasında istenen düzeyde bir fikir birliğine ulaşılan veya anket turlarında görüşler sabit olana kadar devam etmektedir (Hirschhorn, 2019).

Delfi yönteminin dört temel özelliği bulunmaktadır (Hirschhorn, 2019). Bunlardan ilki katılımcıların kimliklerinin gizli tutulmasıdır. Bu sayede her bir katılımcı diğer katılımcıların etkisi altında kalmadan kendi görüşlerini özgürce ifade etme imkânına sahip olmaktadır. Böylece, kişilik, güç, mevki, önyargı ve benzeri diğer unsurların etkisi olmadan bir uzlaşma ortamı sağlanabilmektedir (Kembro ve diğerleri, 2017; Lummus ve diğerleri, 2005). İkinci özellik olan yineleme, bir dizi anketin turlar şeklinde ardışık olarak uygulanmasıdır. Bu durum, katılımcının önceki yanıtlarını gözden geçirmesine olanak tanımaktadır (Hirschhorn, 2019). Delfi yönteminin diğer bir özelliği de kontrollü geribildirimdir. Kontrollü geribildirim, her turun başında grup görüşlerinin katılımcılara iletilmesi anlamına gelmektedir (Prieto-Sandoval ve diğerleri, 2018; Lummus ve diğerleri, 2005). Delfi yönteminin son özelliği ise grup yanıtlarının istatistiksel olarak birleştirilmesidir. Anketin sonunda, katılımcıların yanıtlarının istatistiksel analizleri yapılarak çıkan sonuç grubun görüşü olarak kabul edilmektedir (Hirschhorn, 2019).

Delfi yöntemi, başlangıçta askeri konularda karar vermek amacıyla geliştirilmiş olsa da daha sonraki yıllarda teknoloji tahmini, mühendislik, hemşirelik ve sosyal bilimlerin farklı alanlarında yaygın kullanım imkânına sahip olmuştur. Bu yöntemin özellikle kavram veya çerçeve geliştirmeye odaklanan çalışmalarda yararlı katkıları olduğu düşünülmektedir. Örneğin; Krægpøth ve diğerleri (2017), dinamik tedarik zinciri tasarımında karşılaşılan engelleri Delfi yöntemiyle incelemişlerdir. Bouzon ve diğerleri (2016), tersine lojistikte karşılaşılan engelleri Delfi yöntemini kullanarak ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Addison (2003) ise e-ticarette karşılaşılan risklerin belirlenmesinde bu yöntemi tercih etmiştir.

3.2. Delfi Yönteminin Genel Aşamaları

3.2.1. Katılımcıların Seçilmesi

Delfi yönteminde katılımcıların konusunda uzman ve bilgili kişiler olması ve araştırmaya katılım için istekli olmaları sonuçların güvenilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. (Roßmann ve diğerleri, 2018; Jafarnejad ve diğerleri, 2019). Bu yöntemde önemli olan bir diğer konu ise uygun örneklem büyüklüğünün seçilmesidir. Delfi yönteminde yer alan katılımcıların sayısı, çalışmanın amacına göre değişebilmektedir. Yani kaç katılımcının yer alacağı ile ilgili belirli bir sayı bulunmamaktadır (Kembro ve diğerleri, 2017). Örneğin; Okoli ve Pawlowski (2004), 10 ile 18 kişinin yeterli olabileceğini belirttiktedirler. Benzer şekilde Şahin (2001) de ideal katılımcı sayısının 10 ile 20 kişiden oluşması gerektiğini altını çizmektedir.

3.2.2. Birinci Tur Delfi Anketlerinin Gönderilmesi ve Analizlerinin Yapılması

Birinci tur Delfi anketi açık uçlu sorulardan oluşabileceği gibi kapalı uçlu sorulardan da oluşabilmektedir (Koçdar ve Aydın, 2013). Eğer birinci turda açık uçlu sorular sorulmuş ise içerik analizi yapılarak önemli temaların ortaya çıkartılması gerekmektedir. Bu aşamada katılımcıların sorulara verdikleri yanıtlar kısa cümlelere ya da ifadelerle dönüştürülerek ikinci turda katılımcılara gönderilmektedir (Lummus ve diğerleri, 2005). Fakat kapalı uçlu sorular sorulmuş ise bu durumda grup tepkisinin istatistiksel analizleri yapılmalıdır. Delfi anketinin analizinde genellikle birinci çeyrek (Ç1), medyan (md), üçüncü çeyrek (Ç3), çeyrekler arası genişlik (R), ortalama ve standart sapma değerleri kullanılmaktadır. Bu analizler benzer şekilde ikinci ve üçüncü turlarda da hesaplanmaktadır.

3.2.3. İkinci Tur Delfi Anketinin Gönderilmesi ve Analizi

Delfi yönteminde her anket bir önceki ankete verilen cevaplara göre yapılandırılmaktadır. Dolayısıyla ikinci tur Delfi anketinin temelini, birinci turdaki açık uçlu sorulara verilen yanıtlar ve kapalı uçlu soruların istatistiksel analizleri oluşturmaktadır. Bu aşamada katılımcılardan grup yanıtlarını inceleyerek kendi verdikleri yanıtları gözden geçirmeleri ve isterlerse değişiklik yapmaları istenmektedir. Bu noktada genellikle likert tipi ölçekler kullanılmaktadır (Koçdar ve Aydın, 2013). İkinci tur Delfi anketinin analizleri de birinci turdaki gibi yapılmakta ve ayrıca katılımcıların uzlaşım uzlaşamadıklarına bakılarak üçüncü tur Delfi anketine gerek olup olmadığı belirlenmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Araştırma Yöntemi

Araştırmada Delfi yöntemi tercih edilmiştir. Delfi yönteminin kullanım alanlarının gözden geçirilmesi, yöntemin geçerliliğinin ve faydalarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu nedenle Tablo 1’de Delfi yöntemine alternatif olabilecek diğer yöntemlerin çeşitli kriterlere göre karşılaştırılması sunulmaktadır.

Tablo 1. Delfi yönteminin özelliklerinin diğer yöntemlerle karşılaştırılması

	<i>Anket</i>	<i>Vaka analizi</i>	<i>Görüşme</i>	<i>Odak grup</i>	<i>Delfi yöntemi</i>
Geri bildirim	Yok	Düşük	Orta-Düşük	Yüksek	Çok yüksek
Grup değerlendirmesi	Yok	Düşük	Yok	Çok yüksek	Orta
İletişim akışı	Yok	Yok	Çok yüksek	Çok yüksek	Yüksek
Anonimlik	Var	Yok	Yok	Yok	Var
Fikir birliği süreci	Yok	Orta	Yok	Düşük	Çok yüksek
Uzman sayısı	50'den fazla	Bir ya da daha fazla	En az 10	8-12	10-20
Yanıt oranı	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta
Maliyet	Düşük	Çok yüksek	Çok yüksek	Yüksek	Orta
Hız	Çok hızlı	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok yavaş

Kaynak: San-Jose ve Retolaza (2016)

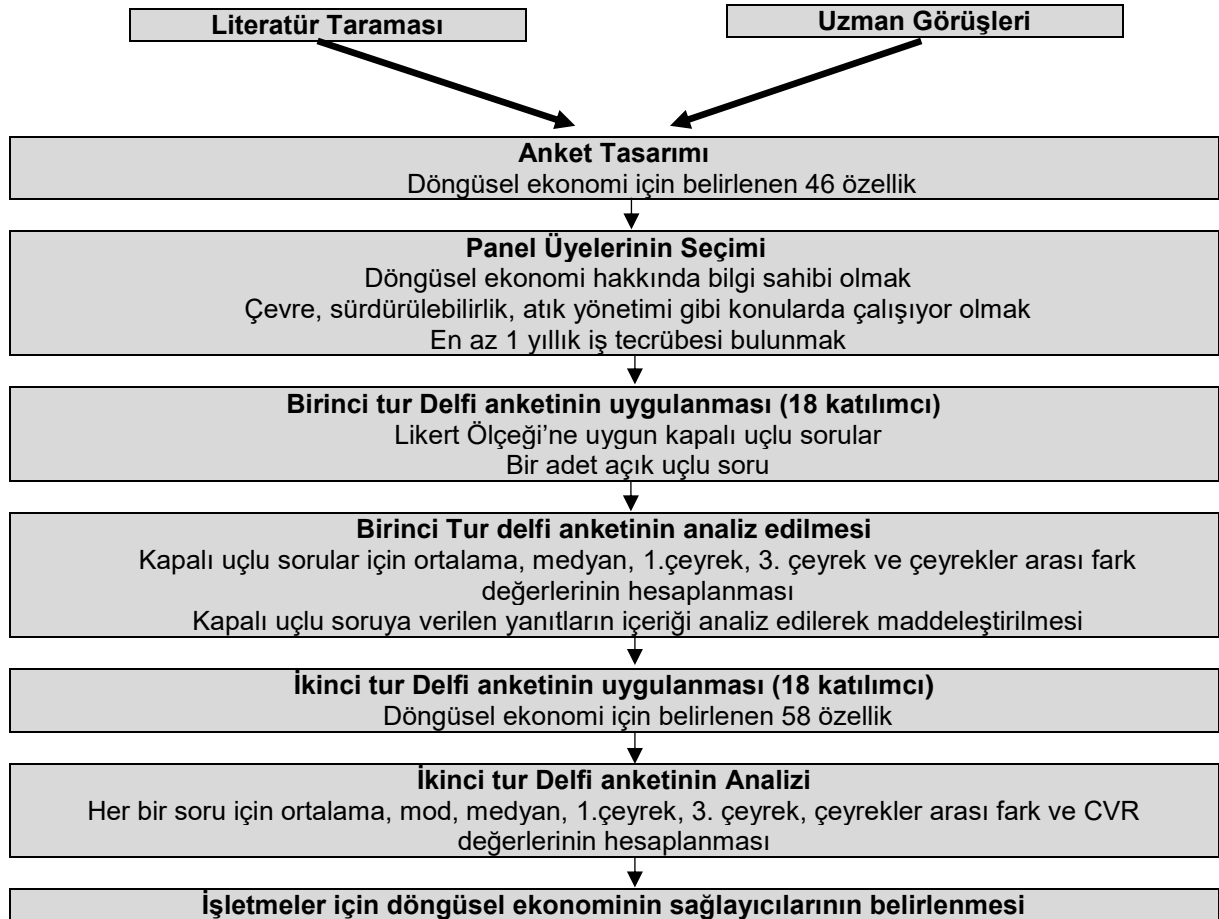
Tablo 1 incelendiğinde Delfi yönteminin avantajlarının aşağıdaki gibi sıralanması mümkündür:

- Ankete cevap verebilecek katılımcı sayısının az olduğu durumlarda, çok sayıda katılımcının gerektiği anket yöntemi yerine odak grup, görüşme, vaka analizi ve Delfi yöntemi daha uygundur.
- Bir konu hakkında fikir birliğine varılması gerektiğinde Delfi yöntemi diğer yöntemlerden üstün konumdadır.
- Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında geri bildirim gerektiren süreçler için de Delfi yöntemi oldukça kullanışlıdır. Delfi yönteminde uzmanlara aynı soru hakkında en az iki kere danışılmaktadır. Böylece uzmanlar, diğer uzmanlardan alınan bilgiler yardımıyla yanıtlarını yeniden gözden geçirebilirler ki özellikle emin olmadıkları soruları bir daha düşünme fırsatını bu yöntemde yakalayabilmektedirler. Bu durum, bir araya gelemeyen uzmanların (zaman ve mekân sınırlamalarından dolayı) bir grup çalışması gerçekleştirebilmelerine imkân tanımakta ve aynı zamanda katılımcıların kişilik ya da statü açısından birbirlerini olumsuz etkilemelerinin de önüne geçmektedir (Landeta, 2006).
- Anonimlik gereken durumlarda anket ve Delfi yöntemi diğer yöntemlere göre avantajlıdır. Bununla birlikte katılımcıların fiziki olarak bir araya gelmelerinin mümkün olmadığı durumlarda da Delfi yöntemi öne çıkmaktadır. Örneğin; döngüsel ekonomi konusunda fikir sahibi olan ve bu alanda çalışan kişi sayısının az olduğu tahmin edilmektedir. Bu kişilerin coğrafi olarak farklı noktalarda oldukları düşünüldüğünde, bu kişileri odak grup içinde bir araya getirmek oldukça zordur.
- Delfi yönteminde anket yönteminde olduğu gibi çok sayıda katılımcı yer alması da özellikle vaka analiziyle karşılaştırıldığında daha fazla sayıda katılımcının yani daha fazla sayıda bakış açısının araştırmaya dahil edilmesi mümkündür.

Sonuç olarak Delfi yöntemi, ankete cevap verebilecek kişi sayısının az olduğu; geri bildirim, anonimliğin ve fikir birliğinin önem gösterdiği durumlarda kullanılabilir bir yöntemdir. Aynı zamanda maliyet açısından da diğer nitel yöntemlerle (vaka çalışması, odak grup, görüşme) karşılaştırıldığında daha iyi konumda bulunduğu anlaşılmaktadır. Uygulama hızının yavaşlığı ise Delfi yönteminin dezavantajı olarak görülmektedir (San-Jose ve Retolaza, 2016).

Balbay ve diğerleri (2021), Türkiye’de döngüsel ekonomi kavramının oldukça yeni olduğunun altını çizmişlerdir. Aynı şekilde Özuyar ve Gürsoy (2021) da Türkiye’deki bilimsel yayınlarda döngüsel ekonominin yerini inceledikleri çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Buradan hareketle, anket grubu oluşturulurken döngüsel ekonomi hakkında yeterli ve doğru bilgiye sahip kişilerin az olduğu düşüncesiyle araştırmada Delfi yöntemi kullanılmıştır. Çünkü Delfi yönteminde amaç çok sayıda uzmanla görüşmek değil, uzmanlar arasında fikir birliğine varmaktır (Prieto-Sandoval ve diğerleri, 2018). Zaten bu çalışmada amaç, katılımcıların döngüsel ekonominin hangi özellikleri konusunda fikir birliğine vardıklarını ortaya çıkartarak bu konuda bir çerçeve çizebilmektir. Delfi yönteminin seçilmesinin diğer bir nedeni ise araştırmaya katılacak olan uzmanların coğrafi olarak birbirinden farklı yerlerde bulunmalarındadır. Delfi yönteminde katılımcılar bir araya gelmedikleri için farklı lokasyonlardaki uzmanların araştırmaya katkıda bulunmaları sağlanabilecektir. Son olarak ise Delfi yöntemi, kavram veya çerçeve geliştirmeye odaklanan çalışmalarda başarıyla kullanıldığı için bu araştırmada da tercih edilmiştir (Prieto-Sandoval ve diğerleri, 2018).

Delfi yönteminde belirli bazı aşamalar olmakla beraber araştırmacı, problemin yapısına uygun olarak Delfi yöntemiyle ilgili bazı konuları özelleştirme esnekliğine sahiptir. Bu konular; turların sayısı, katılımcı sayısı, katılımcıyı seçme teknikleri, kullanılan soru türleri, katılımcılara verilen geri bildirim miktarı, örneklem yaklaşımı ve analiz yöntemidir. Özetle Delfi yönteminde, bu tür konularla ilgili kesin kurallar bulunmamaktadır (Hasson ve Keeney, 2011; Hirschhorn, 2019). Bu araştırmada iki aşamalı Delfi yöntemi kullanılmış ve araştırmada izlenen adımlar Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırmada izlenen adımlar

4.2. Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özelliklerinin Belirlenmesi

Döngüsel ekonominin özelliklerini belirleyebilmek için öncelikle herhangi bir sektör ayrımı gözetilmeden kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bir akademisyen ve iki yönetici ile yapılan görüşmeler doğrultusunda Tablo 2’de listelenen 46 özelliğin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada kullanılan döngüsel ekonomi için işletme özellikleri

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	İlgili Çalışmalar
1	Biyolojik olarak parçalanabilen veya kolayca dönüştürülebilir malzeme seçimi	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)
2	Çevre dostu tedarikçi seçimi	Zhou ve diğerleri (2019)
3	Çevre dostu hammadde satın alınması	Zhou ve diğerleri (2019)
4	Tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması	Zhou ve diğerleri (2019)
5	Uzun ömürlü ürünler tasarlanması	Bocken ve diğerleri (2016), Sousa-Zomer ve diğerleri (2018)
6	Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması (örn; geri dönüşüm için tasarım, yeniden üretim için tasarım, yeniden kullanım için tasarım)	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), EEA (2021), Ünal ve diğerleri (2019), Lewandowski (2016)
7	Bakımı ve onarımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması	Bocken ve diğerleri (2016)
8	İyileştirilebilirliği (upgrade) ve uyarlanabilirliği kolaylaştıran ürünler tasarlanması	Bocken ve diğerleri (2016)
9	Standardizasyonu ve uyumluluğu kolaylaştıran ürünler tasarlanması	Bocken ve diğerleri (2016)
10	Sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması	Bocken ve diğerleri (2016)
11	Sürdürülebilir enerji ile çalışan ürünler tasarlanması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)
12	Beşikten beşiğe (kapalı döngü) tasarım anlayışının benimsenmesi	Ogunmakinde ve diğerleri (2021)
13	Hammadde ve malzeme kullanımının azaltılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Li ve Su (2012), EEA (2021), Zhou ve diğerleri (2019)
14	Su kullanımının azaltılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Li and Su (2012), EEA (2021)
15	Enerji kullanımının azaltılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Li and Su (2012), EEA (2021), Ünal ve diğerleri (2019)
16	Üretim için sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarından faydalanılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), EEA (2021), Lewandowski (2016), Zhou ve diğerleri (2019)
17	Operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması	Zhou ve diğerleri (2019), Li ve Su (2012)
18	Emisyon miktarının azaltılması	Ogunmakinde ve diğerleri (2021), EEA (2021)
19	Tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması	Zhou ve diğerleri (2019)
20	Üretim sürecinde oluşan atıkların (su, hammadde, malzeme, parça gibi) geri kazanılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Li ve Su (2012), Kinnunen ve diğerleri (2019), Lacy ve diğerleri (2014), Khan ve diğerleri (2020), Li ve Su (2012)
21	Tüketicilerin oluşturduğu atıkların geri kazandırılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Khan ve diğerleri (2020), Zhou ve diğerleri (2019)
22	Atık suyun azaltılması	Li ve Su (2012)
23	Katı atığın azaltılması	Li ve Su (2012)
24	Taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması	Zhou ve diğerleri (2019)
25	Ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi (mümkün olduğunca en kısa güzergahların belirlenmesi, hibrit araçların kullanımı gibi)	Zhou ve diğerleri (2019)
26	Döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması (paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi)	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Khan ve diğerleri (2020), Lacy ve diğerleri (2014)
27	Bir endüstriyel birliğe, kümeye veya ortak döngüsel ağlara katılım sağlanması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Sousa-Zomer ve diğerleri (2018)
28	Endüstriyel komşularla altyapı ve hizmetlerin paylaşılması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)

Tablo 2. (Devamı)

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	İlgili Çalışmalar
29	Atıkların girdi/kaynak olarak kullanılabilmesi için diğer işletmelere verilmesi	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018), Khan ve diğerleri (2020), Lewandowski (2016)
30	Diğer işletmelerin atıklarının alınması ve kullanılması	Zhou ve diğerleri (2019), Lewandowski (2016)
31	Çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)
32	İşletme içerisinde bir çevre yönetim sisteminin geliştirilmesi	Zhou ve diğerleri (2019)
33	Genişletilmiş üretici sorumluluğuna sahip olunması	Ogunmakinde ve diğerleri (2021)
34	Malzeme pasaportuna (ürüne hangi malzemelerin, hammaddelerin ve bileşenlerin girdiğine dair kayıtlar) sahip olunması	Ogunmakinde ve diğerleri (2021)
35	Ürünlerin çevre sertifikalarına sahip olması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)
36	Üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi	Ünal ve diğerleri (2019)
37	Döngüsel ekonomiden/sürdürülebilirlikten sorumlu bir birimin olması	Khan ve diğerleri (2020)
38	Döngüsel ekonomi/sürdürülebilirlik kültürünün oluşturulması	Khan ve diğerleri (2020)
39	Çalışanların döngüsel ekonomi konusunda eğitilmesi	Khan ve diğerleri (2020)
40	Paydaşlarla etkin iletişim kurulması	Ünal ve diğerleri (2019), Sousa-Zomer ve diğerleri (2018)
41	Sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)
42	Araştırma merkezleri ve üniversitelerle çevre konusunda iş birliği yapılması	Khan ve diğerleri (2020)
43	Yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması	Khan ve diğerleri (2020)
44	Tedarikçilerle çevre konusunda iş birliği yapılması	Khan ve diğerleri (2020)
45	Kâr amacı gütmeyen organizasyonlar ile iş birliği yapılması	Khan ve diğerleri (2020)
46	Çevresel konularda müşteriler için iletişim kanallarının oluşturulması	Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)

Tablo 2'de görülen inceleme sonucunda döngüsel ekonomi için gerekli işletme özellikleri 11 temel başlık altında sınıflandırılabilir. Bunlar:

1. Yeşil satın alma (örneğin; biyolojik olarak parçalanabilen veya kolayca dönüştürülebilir malzeme seçimi ve çevre dostu tedarikçi seçimi gibi).
2. Eko-tasarım (örneğin; uzun ömürlü ürünler tasarlanması ve bakımı ve onarımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması gibi).
3. Yeşil üretim (örneğin; üretim için sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarından faydalanılması, operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması gibi).
4. Verimlilik (örneğin; hammadde ve malzeme kullanımının azaltılması, su kullanımının azaltılması, enerji kullanımının azaltılması gibi).
5. Atık yönetimi ya da tersine lojistik (örneğin; tüketicilerin oluşturduğu atıkların geri kazandırılması ve atık suyun azaltılması gibi).
6. Yeşil lojistik (örneğin; taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması ve ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi gibi).
7. İş modelleri (örneğin; döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması; paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi).
8. Endüstriyel simbiyoz (örneğin; bir endüstriyel birliğe, kümeye veya ortak döngüsel ağlara katılım sağlanması ve endüstriyel komşularla alt yapı ve hizmetlerin paylaşılması gibi).
9. Sertifikasyon/taahhüt (örneğin; çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması ve işletme içerisinde bir çevre yönetim sisteminin geliştirilmesi gibi).
10. Yönetimsel özellikler (örneğin; üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi ve döngüsel ekonomiden/sürdürülebilirlikten sorumlu bir birimin olması gibi).
11. Sürdürülebilir pazarlama (örneğin; çevresel konularda müşteriler için iletişim kanallarının oluşturulması ve paydaşlarla etkin iletişim kurulması gibi).

4.3. Evren ve Örneklem

Delfi yönteminde katılımcılar, konuyla ilgili uzmanlıklarına göre seçilmektedirler. Dolayısıyla evreni temsil edebilecek rastgele bir örneklem yerine, konuyla ilgili sorulara cevap verebilme bilgisine ve uzmanlığına sahip kişilerin seçilmesi önemlidir (Jafarnejad ve diğerleri, 2019). Bu bilgiler ışığında araştırmada, Delfi çalışmalarında sıklıkla kullanılan amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiştir (Jafarnejad ve diğerleri, 2019).

Araştırmada hem içsel hem de dışsal bir bakış açısı kazanmak için yöneticiler dışında akademisyenler de araştırmaya dahil edilmiştir (Kembro ve diğerleri, 2017). Tüm katılımcılar üç kritere göre seçilmiştir: Döngüsel ekonomi hakkında bilgi sahibi olmak; çevre yönetimi, sürdürülebilirlik, verimlilik ve döngüsel ekonomi gibi alanlarda çalışıyor olmak ve en az 1 yıllık deneyime sahip olmak. Çalışmada bu kriterlere sahip 18 uzmanın görüşlerine başvurulmuş ve çalışmanın tüm turlarında e-posta kullanılmıştır. Katılımcılara ait bilgiler Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Katılımcıların özellikleri

<i>Cinsiyet</i>	<i>Frekans</i>	<i>Eğitim</i>	<i>Frekans</i>
Kadın	7	Lisans	11
Erkek	11	Lisansüstü	7
<i>Toplam</i>	<i>18</i>	<i>Toplam</i>	<i>18</i>
<i>Mesleki Deneyim Süresi</i>		<i>Çalışılan Pozisyon</i>	
1-5 yıl	6	Üretim Planlama Mühendisi	1
6-10	5	Çevre Mühendisi	4
11-15	1	Kalite Güvence Müdürü	1
16-20	1	Yönetici	1
20+	5	Global Çevre Lideri	1
<i>Toplam</i>	<i>18</i>	<i>Sürdürülebilirlik Uzmanı</i>	<i>2</i>
<i>Sektör</i>		<i>Genel Müdür</i>	<i>1</i>
Biyokütle	1	Teknik Saha Müdürü	1
Yenilenebilir Enerji	2	Şirket Sahibi	1
Gıda	4	Öğretim Elemanı	2
Tekstil	6	Sürdürülebilirlik Müdürü	1
Enerji	1	Lojistik Uzmanı	1
Kamu	2	Kurumsal Sosyal Sorumluluk Uzmanı	1
Kimya	1	<i>Toplam</i>	<i>18</i>
Lojistik	1		
<i>Toplam</i>	<i>18</i>		

4.4. Birinci Tur Delfi Anketi

Bu araştırmada kullanılan Delfi yöntemi iki turdan oluşmaktadır. Birinci turda döngüsel ekonominin 46 özelliğinin bulunduğu anket uzmanlara e-posta aracılığıyla gönderilmiş ve uzmanlardan 5'li likert (1=çok düşük düzeyde önemli, 5=çok yüksek düzeyde önemli) kullanarak işaretleme yapmaları istenmiştir. Ayrıca uzmanlardan listelenen 46 özellik dışında kendilerinin de eklemek istedikleri özellikler varsa bunları belirtmeleri istenmiştir. Birinci turda ankete 18 uzman katılmıştır. Birinci Delfi anketinin tur sonuçları Tablo 4'te görülmektedir. Katılımcılardan gelen cevaplar doğrultusunda ortalama, medyan, birinci çeyrek (Ç1), üçüncü çeyrek (Ç3) ve çeyrekler arası fark (R) değerleri hesaplanmıştır. Şahin (2001)'e göre, hesaplanan çeyrekler arası fark değeri 1,2'den az olan faktörler uzlaşmanın olduğu faktörler olarak kabul edilmektedir. Tablo 4'te görülen birinci tur anket sonuçlarına göre, katılımcıların koyu renkte gösterilen sekiz faktör üzerinde uzlaşmadığı, kalan 38 faktör üzerinde ise uzlaştığı söylenebilir. Katılımcıların döngüsel ekonominin sağlayıcıları konusunda uzlaşmadığı maddeler şunlardır: Çevre dostu tedarikçi seçimi, tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması, sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması, taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması, ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi (mümkün olduğunca en kısa güzergahların belirlenmesi, hibrit araçların kullanımı gibi), döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması (paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi); çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması, sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi.

Tablo 4. Birinci tur anket sonuçları

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	Mod	Ortalama	Medyan	Ç1	Ç3	R (Ç3-Ç1)
1	Biyolojik olarak parçalanabilen veya kolayca dönüştürülebilir malzeme seçimi	5	4,6	5	4	5	1
2	Çevre dostu tedarikçi seçimi	5	4,3	5	3,75	5	1,25
3	Çevre dostu hammadde satın alınması	5	4,4	5	4	5	1
4	Tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması	5	3,9	4	3	5	2
5	Uzun ömürlü ürünler tasarlanması	5	4,4	5	4	5	1
6	Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması (örn; geri dönüşüm için tasarım, yeniden üretim için tasarım, yeniden kullanım için tasarım)	5	4,8	5	4,75	5	0,25
7	Bakımı ve onarımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması	5	4,6	5	4	5	1
8	İyileştirilebilirliği (upgrade) ve uyarlanabilirliği kolaylaştıran ürünler tasarlanması	5	4,3	4,5	4	5	1
9	Standardizasyonu ve uyumluluğu kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4	4,2	4	4	5	1
10	Sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4	4,2	4	3,75	5	1,25
11	Sürdürülebilir enerji ile çalışan ürünler tasarlanması	5	4,5	5	4	5	1
12	Beşikten beşiğe tasarım anlayışının benimsenmesi	5	4,6	5	4	5	1
13	Hammadde ve malzeme kullanımının azaltılması	5	4,5	5	4	5	1
14	Su kullanımının azaltılması	5	4,7	5	4	5	1
15	Enerji kullanımının azaltılması	5	4,8	5	4,75	5	0,25
16	Üretim için sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarından faydalanılması	5	4,6	5	4	5	1
17	Operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması	5	4,7	5	4	5	1
18	Emisyon miktarının azaltılması	5	4,8	5	5	5	0
19	Tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması	5	4,7	5	4	5	1
20	Üretim sürecinde oluşan atıkların (su, hammadde, malzeme, parça gibi) geri kazanılması	5	4,7	5	4	5	1
21	Tüketicilerin oluşturduğu atıkların geri kazandırılması	5	4,2	5	4	5	1
22	Atık suyun azaltılması	5	4,4	5	4	5	1
23	Katı atığın azaltılması	5	4,4	5	4	5	1
24	Taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması	4	4,2	4	3	5	2
25	Ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi (mümkün olduğunca en kısa güzergahların belirlenmesi, hibrit araçların kullanımı gibi)	5	4,1	4,5	3,75	5	1,25
26	Döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması (paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi)	5	4,2	4,5	3	5	2

Tablo 4. (Devamı)

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	Mod	Ortalama	Medyan	Ç1	Ç3	R (Ç3-Ç1)
27	Bir endüstriyel birliğe, kümeye veya ortak döngüsel ağlara katılım sağlanması	5	4,5	5	4	5	1
28	Endüstriyel komşularla alt yapı ve hizmetlerin paylaşılması	4	4,4	4	4	5	1
29	Atıkların girdi/kaynak olarak kullanılabilmesi için diğer işletmelere verilmesi	5	4,5	5	4	5	1
30	Diğer işletmelerin atıklarının alınması ve kullanılması	5	4,2	4	4	5	1
31	Çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması	5	4	4	3	5	2
32	İşletme içerisinde bir çevre yönetim sisteminin geliştirilmesi	5	4,4	5	4	5	1
33	Genişletilmiş üretici sorumluluğuna sahip olunması	5	4,3	5	4	5	1
34	Malzeme pasaportuna (ürüne hangi malzemelerin, hammaddelerin ve bileşenlerin girdiğine dair kayıtlar) sahip olunması	5	4,4	5	4	5	1
35	Ürünlerin çevre sertifikalarına sahip olması	5	4,3	5	4	5	1
36	Üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi	5	4,9	5	5	5	0
37	Döngüsel ekonomiden/sürdürülebilirlikten sorumlu bir birimin olması	5	4,6	4	4	5	1
38	Döngüsel ekonomi/sürdürülebilirlik kültürünün oluşturulması	5	4,7	4,5	4,75	5	0,25
39	Çalışanların döngüsel ekonomi konusunda eğitilmesi	5	4,4	5	4	5	1
40	Paydaşlarla etkin iletişim kurulması	4	4,5	4	4	5	1
41	Sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi	5	4,2	5	3,5	5	1,5
42	Araştırma merkezleri ve üniversitelerle çevre konusunda iş birliği yapılması	5	4,6	4,5	4	5	1
43	Yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması	5	4,6	5	4	5	1
44	Tedarikçilerle çevre konusunda iş birliği yapılması	5	4,5	5	4	5	1
45	Kâr amacı gütmeyen organizasyonlar ile iş birliği yapılması	5	4,2	5	4	5	1
46	Çevresel konularda müşteriler için iletişim kanallarının oluşturulması	5	4,5	5	4	5	1

Medyan: Yanıtların %50'sini soluna, %50'sini de sağına alan noktadır.

Birinci Çeyrek (Ç1): Yanıtların %25'ini soluna, %75'ini de sağına alan noktadır.

Üçüncü Çeyrek (Ç3): Yanıtların %25'ini sağına, %75'ini de soluna alan noktadır.

Genişlik (R): Üçüncü çeyrek ile birinci çeyrek arasındaki farktır (Şahin, 2001).

Daha önce de belirtildiği gibi birinci tur anketinde katılımcılara likert tarzı soruların yanında, "Anket listesinde yer almayan ama sizin eklemek istediğiniz döngüsel ekonomi sağlayıcıları nelerdir?" sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların bu soruya verdikleri cevaplar doğrultusunda ankete 12 yeni madde eklenmiştir. Daha önceki 46 maddeye ek olarak yeni ilave edilen bu maddeler şu şekilde sıralanmaktadır: Daha az enerjiyle çalışan ürünler tasarlanması, üretimde çevre dostu malzeme kullanılması, bürolarda oluşan atıkların geri kazandırılması, tehlikeli atığın azaltılması, çevreyi daha az kirleten ulaştırma araçlarının tercih edilmesi (karayolu yerine demiryolunun tercih edilmesi gibi), çalışanların ulaşımında çevre dostu uygulamalara yönlendirilmesi (güzergahların yakıt tasarrufu sağlayacak şekilde düzenlenmesi, servislere ya da toplu taşımaya öncelik verilmesi gibi), geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ambalajların

kullanılması, döngüsel ekonomiyle ilgili hedeflerin belirlenmesi, döngüsel ekonomiyle ilgili performansın ölçülmesi, döngüsel ekonomiyle ilgili bilgi sistemlerinin kurulması, müşteriler ile çevre konusunda iş birliği yapılması ve işletmelerin günlük karbon ayak izlerinin ölçülmesidir.

4.5. İkinci Tur Delfi Anketi

Bu aşamada 18 uzman ankete katılım sağlamıştır. İkinci tur anket formu, birinci turda yer alan 46 madde ve katılımcıların ekledikleri yeni maddeler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bu ankette ayrıca birinci tur anketin analiz sonuçları (her bir maddenin ortalaması, birinci-üçüncü çeyrek değerleri ve çeyrekler arası fark ve medyan değerleri) ve katılımcıların birinci turda yaptıkları işaretlemeler yer almaktadır. İkinci turda katılımcılardan bu sonuçları da dikkate alarak daha önce vermiş oldukları cevapları gözden geçirmeleri istenmiştir. İkinci tur analiz sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

İkinci tur Delfi analizi sonuçları incelendiğinde katılımcıların değerlendirmelerinde çok az değişiklik yaptıkları görülmüştür. Bu nedenle çalışmanın kararlılığa ulaştığı düşünülerek üçüncü tur Delfi anketine gerek olmadığı ve üçüncü turun sonuçlara önemli bir katkı sağlamayacağı görüşüne varılmıştır. Literatürde de iki tur arasında %15 veya daha düşük oranda bir değişiklik, istikrarlı bir durumun göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gracht, 2012).

Bu noktadan sonra ikinci tur Delfi sonuçlarına göre uzlaşma olup olmadığının ya da katılımcıların hangi maddelerde uzlaştığının belirlenmesi gerekmektedir. Fakat uzlaşmanın nasıl sağlanacağı Delfi yöntemindeki en tartışmalı konulardan biridir (Gracht, 2012). Dolayısıyla literatürde uzlaşma ölçütleri olarak farklı değerlerin ele alındığı ve farklı analizlerin yapıldığı görülmektedir. Örneğin bazı yazarlar uzlaşma için medyan değerinin 4 ve üzerinde olması gerektiğini belirtmektedirler (Musa ve diğerleri, 2015). Bazı yazarlar ise çeyrekler arası farkın (R) 1,2'den düşük olması durumunda uzlaşmanın sağlandığını vurgulamaktadırlar (Şahin, 2001). Literatürde kullanılan bir başka ölçüt de kapsam geçerlilik oranı olarak karşımıza çıkmaktadır (content validity ratio-CVR) (Park ve Park, 2020; Chand ve diğerleri, 2020).

Bu çalışmada uzlaşmanın sağlanıp sağlanmadığını test etmek için öncelikle medyan değerleri kontrol edilmiş ve tüm maddeler için bu değer 4 ve üstü olduğu görülmüştür. Daha sonra da R ve CVR değerleri kontrol edilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi uzlaşma için R değerinin 1,2'den küçük olması beklenmektedir. Tablo 5'te sunulan R değerlerine bakıldığında uzmanların 11 maddede uzlaşmadıkları görülmektedir. Katılımcıların uzlaşmadıkları bu maddeleri ise şu şekilde sıralamak mümkündür: Tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması, sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması, taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması, ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi (mümkün olduğunca en kısa güzergahların belirlenmesi, hibrit araçların kullanımı gibi), döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması (paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi), çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması, sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi, bürolarda oluşan atıkların geri kazandırılması, çevreyi daha az kirleten ulaştırma araçlarının tercih edilmesi (karayolu yerine demiryolunun tercih edilmesi gibi), çalışanların ulaşımında çevre dostu uygulamalara yönlendirilmesi (güzergahların yakıt tasarrufu sağlayacak şekilde düzenlenmesi, servislere ya da toplu taşımaya öncelik verilmesi gibi) ve işletmelerin günlük karbon ayak izlerinin ölçülmesi.

İkinci Delfi aşamasının bu sonuçları ilk turun sonuçlarıyla karşılaştırıldığında tedarikçinin "çevre dostu olmaya zorlanması, sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması, taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması, ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi, döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması, çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması, sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi" maddelerinde uzmanların uzlaşmama durumlarının devam ettiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte ilk turda uzlaşamayan çevre dostu tedarikçi seçimi maddesinde ise ikinci turda uzlaşıldığı görülmektedir. Son olarak katılımcıların birinci turda ekledikleri 12 maddeden dördünde de uzlaşmadıkları ortaya çıkmaktadır.

Çalışmada Tablo 5'te görülen CVR değerleri de hesaplanmıştır. Kapsam geçerliliği, bir aracın (kontrol listesi, anket ya da ölçek gibi) ölçmesi beklenen içeriği ölçtüğüne dair güvence sağlamayı amaçlayan bir süreci ifade etmektedir. CVR değeri -1 (mükemmel uzlaşmama) ve +1 (mükemmel uzlaşma) arasında bir değer almakta ve bu değer ne kadar yüksekse uzlaşmanın sağlanabildiğinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Literatürde genellikle %50'lik bir anlaşma seviyesinin kapsam geçerliliği konusunda bir miktar güvence sağladığı vurgulanmaktadır (Ayre ve Scally, 2014). Buradan yola çıkarak bu çalışmada da 0,50 ve üzerindeki CVR değerleri uzlaşma için yeterli görülmüştür. CVR değeri için kullanılan formül Eşitlik 1'de sunulmaktadır (Chand ve diğerleri, 2020).

$$CVR = \frac{ne - N/2}{N/2} \quad (1)$$

Tablo 5. İkinci tur anket sonuçları

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	Ortalama	MOD	Medyan	Ç1	Ç3	R (Ç3-Ç1)	CVR
1	Biyolojik olarak parçalanabilen veya kolayca dönüştürülebilir malzeme seçimi	4,56	5	5	4	5	1	0,88
2	Çevre dostu tedarikçi seçimi	4,28	5	4,5	4	5	1	0,67
3	Çevre dostu hammadde satın alınması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
4	Tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması	3,83	4	4	3	5	2	0,44
5	Uzun ömürlü ürünler tasarlanması	4,39	5	5	4	5	1	0,77
6	Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması (örn; geri dönüşüm için tasarım, yeniden üretim için tasarım, yeniden kullanım için tasarım)	4,78	5	5	4,75	5	0,25	1
7	Bakımı ve onarımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4,61	5	5	4	5	1	0,77
8	İyileştirilebilirliği (upgrade) ve uyarlanabilirliği kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4,33	5	4,5	4	5	1	0,66
9	Standardizasyonu ve uyumluluğu kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4,22	4	4	4	5	1	0,66
10	Sökmeyi ve yeniden birleştirmeyi kolaylaştıran ürünler tasarlanması	4,11	4	4	3,75	5	1,25	0,55
11	Sürdürülebilir enerji ile çalışan ürünler tasarlanması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
12	Beşikten beşiğe tasarım anlayışının benimsenmesi	4,56	5	5	4	5	1	0,77
13	Hammadde ve malzeme kullanımının azaltılması	4,5	5	5	4	5	1	0,77
14	Su kullanımının azaltılması	4,72	5	5	4	5	1	1
15	Enerji kullanımının azaltılması	4,78	5	5	4,75	5	0,25	1
16	Üretim için sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarından faydalanılması	4,61	5	5	4	5	1	0,88
17	Operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması	4,72	5	5	4	5	1	1
18	Emisyon miktarının azaltılması	4,83	5	5	5	5	0	1
19	Tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması	4,67	5	5	4	5	1	1
20	Üretim sürecinde oluşan atıkların (su, hammadde, malzeme, parça gibi) geri kazanılması	4,67	5	5	4	5	1	0,88
21	Tüketicilerin oluşturduğu atıkların geri kazandırılması	4,17	5	5	4	5	1	0,66
22	Atık suyun azaltılması	4,44	5	4,5	4	5	1	0,88
23	Katı atığın azaltılması	4,39	5	4,5	4	5	1	0,77
24	Taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması	4,11	5	4,5	3	5	2	0,44

Tablo 5. (Devamı)

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	Ortalama	MOD	Medyan	Ç1	Ç3	R (Ç3-Ç1)	CVR
25	Ürünlerin taşınmasında çevre dostu uygulamalara öncelik verilmesi (mümkün olduğunca en kısa güzergahların belirlenmesi, hibrit araçların kullanımı gibi)	4,11	5	4	3,75	5	1,25	0,55
26	Döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması (paylaşım ekonomisi, satın alma yerine kirama modeli, ikinci el pazar modeli gibi)	4,06	5	4,5	3	5	2	0,44
27	Bir endüstriyel birliğe, kümeye veya ortak döngüsel ağlara katılım sağlanması	4,61	5	5	4	5	1	0,88
28	Endüstriyel komşularla alt yapı ve hizmetlerin paylaşılması	4,5	5	5	4	5	1	0,77
29	Atıkların girdi/kaynak olarak kullanılabilmesi için diğer işletmelere verilmesi	4,5	5	5	4	5	1	0,77
30	Diğer işletmelerin atıklarının alınması ve kullanılması	4,28	5	4,5	4	5	1	0,66
31	Çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması	3,94	5	4,5	3	5	2	0,33
32	İşletme içerisinde bir çevre yönetim sisteminin geliştirilmesi	4,39	5	5	4	5	1	0,66
33	Genişletilmiş üretici sorumluluğuna sahip olunması	4,33	4	4	4	5	1	0,77
34	Malzeme pasaportuna (ürüne hangi malzemelerin, hammaddelerin ve bileşenlerin girdiğine dair kayıtlar) sahip olunması	4,44	5	5	4	5	1	0,77
35	Ürünlerin çevre sertifikalarına sahip olması	4,33	5	4,5	4	5	1	0,77
36	Üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi	4,89	5	5	5	5	0	1
37	Döngüsel ekonomiden/sürdürülebilirlikten sorumlu bir birimin olması	4,61	5	5	4	5	1	0,88
38	Döngüsel ekonomi/sürdürülebilirlik kültürünün oluşturulması	4,72	5	5	4,75	5	0,25	0,88
39	Çalışanların döngüsel ekonomi konusunda eğitilmesi	4,44	5	5	4	5	1	0,77
40	Paydaşlarla etkin iletişim kurulması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
41	Sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi	4,18	5	4	3,5	5	1,5	0,44

Tablo 5. (Devamı)

No	Döngüsel Ekonomi İçin İşletme Özellikleri	Ortalama	MOD	Medyan	Ç1	Ç3	R (Ç3-Ç1)	CVR
42	Araştırma merkezleri ve üniversitelerle çevre konusunda iş birliği yapılması	4,56	5	5	4	5	1	0,88
43	Yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması	4,61	5	5	4	5	1	1
44	Tedarikçilerle çevre konusunda iş birliği yapılması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
45	Kâr amacı gütmeyen organizasyonlar ile iş birliği yapılması	4,24	4	4	4	5	1	0,66
46	Çevresel konularda müşteriler için iletişim kanallarının oluşturulması	4,47	5	5	4	5	1	0,77
47	Daha az enerjiyle çalışan ürünler tasarlanması	4,72	5	5	4,75	5	0,25	0,88
48	Üretimde çevre dostu malzeme kullanılması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
49	Bürolarda oluşan atıkların geri kazandırılması	4,06	4	4	3,75	5	1,25	0,55
50	Tehlikeli atığın azaltılması	4,5	5	5	4	5	1	0,88
51	Çevreyi daha az kirleten ulaştırma araçlarının tercih edilmesi (karayolu yerine demiryolunun tercih edilmesi gibi)	3,61	4	4	3	5	2	0,44
52	Çalışanların ulaşımında çevre dostu uygulamalara yönlendirilmesi (güzergahların yakıt tasarrufu sağlayacak şekilde düzenlenmesi, servislere ya da toplu taşımaya öncelik verilmesi gibi)	4,11	5	4	3,75	5	1,25	0,55
53	Geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ambalajların kullanılması	4,67	5	5	4	5	1	0,88
54	Döngüsel ekonomiyle ilgili hedeflerin belirlenmesi	4,41	5	5	4	5	1	0,66
55	Döngüsel ekonomiyle ilgili performansın ölçülmesi	4,29	5	5	4	5	1	0,55
56	Döngüsel ekonomiyle ilgili bilgi sistemlerinin kurulması	4,24	5	4	4	5	1	0,55
57	Müşteriler ile çevre konusunda iş birliği yapılması	4,53	5	5	4	5	1	0,88
58	İşletmelerin günlük karbon ayak izlerinin ölçülmesi	4	5	4	3,25	5	1,75	0,55

Eşitlik 1’de yer alan “*ne*” değeri panelde yer alan uzmanların 5’li likert’e göre “yüksek düzeyde önemli” ve “çok yüksek düzeyde önemli” olarak belirttikleri madde sayısıdır. Formüldeki *N* değeri ise panelde yer alan katılımcı sayısıdır (Chand ve diğerleri, 2020). CVR sonuçlarına göre uzmanlar şu altı maddede uzlaşmamışlardır: Tedarikçinin çevre dostu olmaya zorlanması, taşıma araçlarında yakıt tüketiminin azaltılması, döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması, çevre yönetim sistemi sertifikasına sahip olunması, sektördeki potansiyel ortaklar arasında güven ve şeffaflık gibi konuların yönetilmesi, çevreyi daha az kirleten ulaştırma araçlarının tercih edilmesi. Görüldüğü üzere bu maddeler yukarıda hesaplanan R değerine göre de uzlaşamayan maddeleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte CVR değeri,

mükemmel bir uzlaşmanın olduğu maddeleri de göstermektedir. Mükemmel uzlaşının olduğu yani +1 değerini alan bu maddeler ise şunlardır: Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması, su kullanımının azaltılması, enerji kullanımının azaltılması, operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması, emisyon miktarının azaltılması, tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması, üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi, yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılmasıdır.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Döngüsel ekonomi hem ekonomik bir değer yaratarak hem de kapalı döngü enerji ve malzeme döngüleri sağlayarak işletmeler açısından sürdürülebilir kalkınmayı mümkün kılmaktadır. Bu nedenle özellikle son yıllarda önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak çoğu işletme, doğrusal bir model altında çalışmaya devam ettiğinden döngüsel ekonomiye geçişte zorlanmaktadır. Döngüsel ekonomiyle ilgili özellikle uluslararası literatürde nispeten çok sayıda çalışma olmakla birlikte, Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018)'nin belirttiği üzere işletmeler açısından döngüsel ekonominin uygulanması ya da değerlendirilmesi için özel bir kılavuz bulunmamaktadır. Dolayısıyla yazarlar, bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde Aranda-Uson ve diğerleri (2020) de döngüsel ekonominin çoğunlukla makro düzeyde incelendiğini fakat mikro düzeyde yani işletmeler düzeyinde döngüsel ekonominin ilkeleri ya da iş modellerine nasıl adapte edileceğiyle ilgili yeterli düzeyde çalışma bulunmadığına dikkat çekmektedirler. Buradan yola çıkan bu çalışmanın amacı, işletmelerde döngüsel ekonominin sağlayıcılarının belirlenmesidir. Böylece işletmelere döngüsel ekonomiyi uygulama düzeylerini değerlendirmek için kullanabilecekleri bir dizi kilit unsur sağlanabilecektir. Dolayısıyla işletmeler açısından döngüsel ekonominin sağlayıcılarının belirlenmesi, işletmelerin bu sürece geçişini kolaylaştıracak ve işletmelere yol gösterebilecektir.

Araştırmada yukarıda bahsedilen amacı gerçekleştirebilmek için iki aşamalı Delfi yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle literatür taraması yapılarak döngüsel ekonominin sağlayıcıları listelenmiş ve ardından bir akademisyenin ve iki yöneticinin görüşleri doğrultusunda araştırmada kullanılacak olan 46 özellik belirlenmiştir. Döngüsel ekonominin 46 özelliğinin yer aldığı anket, 18 uzman tarafından doldurulmuş ve böylece Delfi yönteminin birinci turu tamamlanmıştır. Birinci turda uzmanlar 38 madde üzerinde uzlaşmışlar, 8 maddede ise uzlaşmamışlardır. Birinci turda uzmanlar ayrıca döngüsel ekonominin özelliği olarak ankete 12 yeni madde eklemiştirler. İkinci turda, daha önce belirlenen döngüsel ekonominin 46 özelliğinin yanında katılımcıların belirlediği 12 madde de yer almaktadır. Toplamda döngüsel ekonominin 58 özelliğinin yer aldığı ikinci tur Delfi anketine yine 18 uzman katılmıştır. Bu anketin sonuçlarına bakıldığında katılımcıların 58 maddenin 11'inde uzlaşmadıkları görülmektedir.

İkinci Delfi anketinde yazarlar sekiz maddede mükemmel bir şekilde uzlaşmışlardır: Geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması, su kullanımının azaltılması, enerji kullanımının azaltılması, operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması, emisyon miktarının azaltılması, tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması, üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi, yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması. Bu durum, ifade edilen 8 maddenin sektör ayrımı gözetmeksizin döngüsel ekonominin uygulanabilmesini sağlayan en önemli özellikler olduğunu ortaya koymaktadır.

Uzlaşının sağlandığı maddelerin Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile uyumluluğu dikkat çekicidir. "Hedef 12- Sorumlu üretim ve tüketim" kapsamında belirtilen 2030'a kadar önleme, azaltma, geri dönüşüm ve tekrar kullanma yoluyla katı atık üretiminin önemli ölçüde azaltılması hedefi ile "geri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması" maddesi uyumluluk göstermektedir. "Hedef 6- Temiz Su" kapsamında 2030'a kadar herkesin güvenilir ve erişilebilir içme suyuna evrensel ve eşit biçimde erişiminin güvence altına alınması hedefi ile "su kullanımının azaltılması" maddesi uyumludur. "Hedef 7- Erişilebilir ve temiz enerji" kapsamında belirtilen 2030'a kadar uygun fiyatlı, güvenilir ve modern enerji hizmetlerine evrensel erişimin sağlanması hedefi ile "enerji kullanımının azaltılması" maddesi uyumluluk göstermektedir. "Hedef 9- Sanayi, yenilikçilik ve altyapı" kapsamında 2030'a kadar her ülkenin kendi kapasitesine uygun olarak harekete geçmesiyle, kaynakların daha verimli kullanımının artırılması ve temiz ve çevresel açıdan daha sağlam teknolojiler ve sanayi süreçlerinin daha çok benimsenmesi yoluyla altyapının ve güçlendirme sanayilerinin sürdürülebilir hale gelecek biçimde geliştirilmesi ve katma değer birim başına CO₂ emisyonu hedefi "operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması", "emisyon miktarının azaltılması" ve "tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması ya da bırakılması" maddeleri ile uyumludur. "Hedef 17- Amaçlar için ortaklık" hedefi ile de "üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi" ve "yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması" maddelerinin uyumlu olduğu görülmektedir.

Mükemmel uzlaşının sağlandığı maddelere daha yakından bakıldığında şu sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür:

Gerri kazanımı kolaylaştıran ürünler tasarlanması: Döngüsel ekonomide kaynakların tekrar kullanılması ve böylece kaynakların sürekli döngü içinde kalması hedeflenmektedir. Bununla ilişkili olarak da literatürde döngüsel ekonomiyi tanımlamak için genellikle geri dönüşüm, yeniden kullanım, yeniden üretim ve azaltma gibi geri kazanım seçenekleri üzerinde durulmaktadır (Yang ve diğerleri, 2014). Gerri kazanım seçenekleri, kaynakların olabildiğince döngüde kalmasını sağlayan faaliyetlerdir. Ürünün üretilmesinden tüketiciye ulaştırılması aşamalarının her birinde bu faaliyetlerin temel alınması özellikle önemlidir. Bunun başarılabilmesi için ise ürünlerin geri kazanıma uygun bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Sonuç olarak ürünlerin kullanım ömürleri düşünülerek tasarlanmaları döngüsel ekonominin başarısı için gerekli bir unsurdur. Birçok yazar da döngüsel ekonomi için çevreci tasarımın önemine değinmiştir (Adams ve diğerleri, 2017).

Operasyonların neden olduğu çevresel etkilerin ve tehlikeli ürünlerin kullanımının azaltılması: Döngüsel ekonomiyle ilgili çalışmalar genellikle ürünlerin geri kazanımına ve kaynakların verimli kullanılmasına odaklanmaktadır. Ancak döngüsel ekonomi aynı zamanda temiz üretimi (cleaner production) de konu almaktadır (Li ve Su, 2012).

Su ve enerji kullanımının azaltılması: Bu araştırmada uzmanların mükemmel olarak uzlaştıkları bir diğer konu ise su kullanımının ve enerji kullanımının azaltılması gibi verimliliği niteleyen unsurlardır. Kaynakların verimli kullanımı döngüsel ekonomide önemli bir unsurdur (Li ve Su, 2012). Aranda-Uson ve diğerleri (2020), işletmeler tarafından döngüsel ekonomi ile ilgili faaliyetlerin benimsenme düzeyini ölçtükleri çalışmalarında enerji verimliliğinin en sık kullanılan ikinci faaliyet olduğu ortaya çıkmıştır. Birinci faaliyet atıkların geri dönüşümü, üçüncü faaliyet ise çevre kirliliğinin azaltılmasıdır. Görüldüğü üzere Aranda-Uson ve diğerlerinin (2020) ulaştığı sonuç, bu araştırmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Emisyon miktarının azaltılması: Daha önce de belirtildiği gibi döngüsel ekonominin amacı kaynakların olabildiğince uzun süre döngü içinde kalmasını sağlamaktır. Böylece atık miktarının azaltılması mümkün olabilecektir. Artan nüfusla birlikte her yıl artan oranda üretim gerçekleştirilmektedir. Ürünlerin %60'ından fazlası atık olmakta ve bu tablo iklim krizinin önemli bir tetikleyicisi konumunda olan sera gazı emisyonu artışıyla sonuçlanmaktadır (Balbay ve diğerleri, 2021).

Üst yönetimin döngüsel ekonomiyi desteklemesi: Döngüsel ekonomi, mevcut iş modellerinin değiştirilmesini gerektirmektedir. Fakat çalışanların değişime karşı direnç göstermesi, yeni iş modellerinin uygulanmasını zorlaştırarak işletme içinde dar boğazların oluşmasına neden olacaktır. Bu açıdan yöneticilerin döngüsel ekonomiyi desteklemesi, çalışanların da bu konuda motive olmasını sağlayarak döngüsel ekonomiye geçişi ve yeni iş modellerinin uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

Yerel yönetimlerle çevre konusunda iş birliği yapılması: İşletmeler açısından bakıldığında çevre konusunda yerel yönetimlerin iki temel rolü olduğu söylenebilir: Düzenleyici rol ve destekleyici rol. Düzenleyici rol, yerel yönetimlerin işletmeleri çevre konusunda tedbir almaya zorlayabilmesini ifade etmektedir. Destekleyici rol ise yerel yönetimlerin çevre koruma konusunda işletmelere yardımcı olmasını anlamına gelmektedir. Yerel yönetimler, işletmelerin çevre sorunları hakkında bilgi alabilecekleri ilk kuruluşlardan biridir (Gombault ve Verstege, 1999). Bununla birlikte atık yönetimi konusu da yerel yönetimlerle birlikte ele alınması gereken bir diğer husustur.

Çalışmada uzmanların üzerinde mükemmel olarak uzlaştıkları uygulamalar, döngüsel ekonominin benimsenmesinin ilk aşaması olarak düşünülebilir. Bu uygulamalar, endüstriler ve yasalar tarafından sıklıkla vurgulandıkları için bu alandaki diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Aranda-Uson ve diğerleri, 2020). Oysa bir endüstriyel birliğe, kümeye veya döngüsel ağlara katılım ya da uzmanların uzlaşmadıkları döngüsel ekonomi için yeni iş modellerinin tasarlanması gibi faaliyetler sık kullanılmayan ve döngüsel ekonominin en ileri aşamalarını temsil eden faaliyetlerdir. Doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş, zaman içinde kademeli olarak dinamik bağlantıların kurulduğu süreçleri gerekli kılmaktadır. Bu nedenle döngüsel ekonomiye geçişin kademeli olarak gerçekleşeceği varsayılabilir. Yöneticiler geri kazanım ya da su/enerji kullanımının azaltılması gibi tam anlamıyla uzlaşının sağlandığı faaliyetlerle başlayıp daha sonra kademeli olarak yüksek oranda uzlaşının sağlandığı diğer faaliyetlerle devam edebilirler.

Delfi yöntemi, katılımcıların hangi döngüsel ekonomi özellikleri konusunda uzlaştıkları ya da uzlaşmadıkları konusunda bilgi vermektedir. Fakat Delfi yöntemi bu özellikler arasında bir sıralama yapmamaktadır. Gelecek çalışmalarda Analitik Hiyerarşi Süreci gibi yöntemler kullanılarak bu özelliklerin önem sıralamaları tespit edilebilir. Bu özelliklerin karşılıklı etkilerini test etmek için ise DEMATEL yöntemi kullanılabilir. Bu analiz sonucunda etkileme seviyesi yüksek olan özellikler ortaya çıkartılarak öncelikle hangilerine odaklanması gerektiği belirlenebilir. Döngüsel ekonominin özelliklerini belirleme konusunda odak grup görüşmesi yöntemine de başvurulabilir. Gelecek araştırmalar uzmanları bir araya getirme konusunda başarı gösterebilirlerse odak grup görüşmesi Delfi yöntemine göre daha zengin bir içerik elde

edilmesini sağlayabilir. Son olarak bu çalışmada herhangi bir sektör ayrımı yapılmamıştır. Gelecek araştırmaların belirli bir sektöre odaklanarak yürütülmesi de mümkündür. Döngüsel ekonominin özelliklerini belirli bir sektörde ya da işletmede araştırmak için vaka çalışmaları gerçekleştirilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Sibel Yıldız Çankaya: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı Meftune Özbakır Umut: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Sibel Yıldız Çankaya: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Meftune Özbakır Umut: Literature review, Conceptualization, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimlerde İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 08.03.2022 tarihli ve 2022/56 numaralı kararı ile onay alınmıştır.
For this study, the approval of the Bolu Abant İzzet Baysal University Human Research in Social Sciences Ethics Committee was obtained with the decision dated 08.03.2022 and numbered 2022/56.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Adams, K.T., Osmani, M., Thorpe, T. ve Thornback, J. (2017). "Circular Economy in Construction: Current Awareness, Challenges and Enablers", *Waste and Resource Management*, 170, 15-24.
- Addison, T. (2003). "E-Commerce Project Development Risks: Evidence From A Delphi Survey", *International Journal of Information Management*, 23, 25-40.
- Aranda-Uson, A., Tarragona, P.P., Scarpellini, S. ve Llena-Macarulla, F. (2020). "The Progressive Adoption Of A Circular Economy By Businesses For Cleaner Production: An Approach From A Regional Study in Spain", *Journal of Cleaner Production*, 247, 1-12.
- Asgari, A. ve Asgari, R. (2021). "How Circular Economy Transforms Business Models in a Transition Towards Circular Ecosystem: The Barriers and Incentives", *Sustainable Production and Consumption*, 28, 566-579.
- Ayre, C. ve Scally, A.J. (2014). "Critical Values for Lawshe's Content Validity Ratio: Revisiting The Original Methods of Calculation", *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 47(1), 79-86.
- Balbay, Ş., Sarıhan, A. ve Avşar, E. (2021). "Dünya'da ve Türkiye'de "Döngüsel Ekonomi / Endüstriyel Sürdürülebilirlik Yaklaşımı", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 557-569.
- Bertassini, A. C., Ometto, A. R., Severengiz, S. ve Gerolamo, M. C. (2021). "Circular Economy and Sustainability: The Role Of Organizational Behaviour in The Transition Journey", *Business Strategy and the Environment*, 1-34.
- Bocken, N.M.P., Pauw, I. Bakker, C. ve Grinten, B. (2016). "Product Design And Business Model Strategies For a Circular Economy", *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320.
- Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M.T. ve Campos, L.M.S. (2016). "Identification And Analysis of Reverse Logistics Barriers Using Fuzzy Delphi Method And AHP", *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 182-197.
- Büyükoğuzkan, G. ve Uztürk, D. (2021). "A Novel 2-Tuple SAW-MAIRCA Method For Partner Evaluation For Circular Economy", *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems, (INFUS 2021)*, 24-26 Ağustos 2021, İstanbul, Türkiye, 113-120.
- Chamberlin, L. ve Boks, C. (2018). "Marketing Approaches For a Circular Economy: Using Design Frameworks To Interpret Online Communications", *Sustainability*, 10(6), 1-27.
- Chand, P., Thakkar, J.J. ve Ghosh, K.K. (2020). "Analysis of Supply Chain Sustainability with Supply Chain Complexity, Inter-Relationship Study Using Delphi And Interpretive Structural Modeling For Indian Mining And Earthmoving Machinery Industry", *Resources Policy*, 68, 1-18.
- De Jesus, A., Lammi, M., Domenech, T., Vanhuysse, F. ve Mendonça, S. (2021). "Eco-innovation Diversity in a Circular Economy: Towards Circular Innovation Studies", *Sustainability*, 13(19), 1-22.
- De Sousa Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Godinho Filho, M. ve Roubaud, D. (2018), "Industry 4.0 and the Circular Economy: A Proposed Research Agenda And Original Roadmap For Sustainable Operations", *Annals of Operations Research*, 270(1/2), 273-286.
- EEA, (2021). <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe> (Erişim Tarihi: 06.03.2021).
- Ellen MacArthur Foundation (2016). "Circular Economy in India: Rethinking Growth For Long-Term Prosperity".https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Circular_economy-in-India_5-Dec_2016.pdf, (Erişim Tarihi: 06.03.2021).
- Ferasso, M., Beliaeva, T., Kraus, S., Clauss, T. ve Ribeiro-Soriano, D. (2020). "Circular Economy Business Models: The State of Research and Avenues Ahead", *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3006-3024.
- Ghisellini, P., Cialani, C. ve Ulgiati, S. (2016), "A Review On Circular Economy: The Expected Transition To A Balanced Interplay Of Environmental and Economic Systems", *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Gombault, M. ve Versteeg, S. (1999). "Cleaner Production in Smes Through A Partnership With (Local) Authorities: Successes From The Netherlands", *Journal of Cleaner Production*, 7, 249-261.
- Gracht, H.A. (2012). "Consensus Measurement in Delphi Studies Review and Implications for Future Quality Assurance", *Technological Forecasting & Social Change*, 79, 1525-1536.
- Guzzo, D., Trevisan, A.H., Echeveste, M. ve Costa, J.M.H. (2019). "Circular Innovation Framework: Verifying Conceptual To Practical Decisions in Sustainability-Oriented Product-Service System Cases", *Sustainability*, 11, 3248.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D. ve Heinz, M. (2015). "How Circular Is The Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, And Recycling In The European Union And The World In 2005", *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765-777.
- Hasson, F. ve Keeney, S. (2011). "Enhancing Rigour in the Delphi Technique Research", *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 1695-1704.

- Haupt, M., Vadenbo, C. ve Hellweg, S. (2017). "Do We Have The Right Performance Indicators For The Circular Economy? Insight Into The Swiss Waste Management System", *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 615-627.
- Hirschhorn, F. (2019). "Reflections on the Application of the Delphi Method: Lessons From A Case in Public Transport Research", *International Journal of Social Research Methodology*, 22(3), 309-322.
- Hobson, K. ve Lynch, N. (2016). "Diversifying and De-Growing The Circular Economy: Radical Social Transformation In A Resource-Scarce World", *Futures*, 82, 15–25.
- Huang, Y. F., Azevedo, S. G., Lin, T. J., Cheng, C. S. ve Lin, C. T. (2021). "Exploring The Decisive Barriers to Achieve Circular Economy: Strategies For The Textile Innovation In Taiwan", *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1406-1423.
- Jafarnejad, A. Momeni, M., Hajiagha, S.H.R. ve Khorshidi, M.F. (2019). "A Dynamic Supply Chain Resilience Model For Medical Equipment's Industry", *Journal of Modelling in Management*, 14(3), 816-840.
- Kembro, J. Naslund, D. ve Olhager, J. (2017). "Information Sharing Across Multiple Supply Chain Tiers: A Delphi Study on Antecedents", *International Journal of Production Economics*, 193,77–86.
- Khan, O., Daddi, T. ve Iraldo, F. (2020). "Microfoundations of Dynamic Capabilities: Insights From Circular Economy Business Cases", *Business Strategy and the Environment*, 29, 1479-1493.
- Khan, S. A. R., Shah, A. S. A., Yu, Z. ve Tanveer, M. (2022). "A Systematic Literature Review On Circular Economy Practices: Challenges, Opportunities and Future Trends", *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 2053-4604. DOI 10.1108/JEEE-09-2021-0349.
- Kim, C. H., Kuah, A. T. ve Thirumaran, K. (2022). "Morphology for Circular Economy Business Models in the Electrical and Electronic Equipment Sector of Singapore and South Korea: Findings, Implications, and Future Agenda", *Sustainable Production and Consumption*, 30, 829–850.
- Kinnunen, P. H. M. ve Kaksonen, A. H. (2019). "Towards Circular Economy in Mining: Opportunities and Bottlenecks For Tailings Valorization", *Journal of Cleaner Production*, 228, 153-160.
- Kirchherr, J., Reike, D. ve Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing The Circular Economy: An Analysis Of 114 Definitions", *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Koçdar, S. ve Aydın, H. (2013). "Açık ve Uzaktan Öğrenme Araştırmalarında Delfi Tekniğinin Kullanımı", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 31-44.
- Krægpøth, T. Stentoft, J. ve Jensen, J.K. (2017). "Dynamic Supply Chain Design: A Delphi Study Of Drivers and Barriers", *International Journal of Production*, 55(22), 6846-6856.
- Lacy, P., Keeble, J. ve McNamara, R., (2014). "Circular Advantage – Innovative Business Models and Technologies to Create Value Without Limits to Growth". https://www.accenture.com/t20150523t053139_w_/us-en/_acnmedia/accenture/conversion_assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accenture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf (Erişim Tarihi:11.04.2022).
- Landeta, J. (2006). "Current Validity of the Delphi Method in Social Sciences", *Technological Forecasting & Social Change*, 73, 467-482.
- Lewandowski, M. (2016). "Designing The Business Models For Circular Economy—Towards The Conceptual Framework", *Sustainability*, 8(1), 1-28.
- Li, R.H. ve Su, C.H. (2012). "Evaluation Of The Circular Economy Development Level of Chinese Chemical Enterprises", *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1595-1601.
- Lummus, R.R. ve Duclos, V. (2005). "Delphi Study On Supply Chain Flexibility", *International Journal of Production Research*, 43(13), 2687-2708.
- Ma, S., Wen, Z., Chen, J. ve Wen, Z. (2014). "Mode Of Circular Economy in China's Iron And Steel Industry: A Case Study in Wu'an City", *Journal of Cleaner Production*, 64, 505-512.
- Mahanty, S., Boons, F., Handl, J. ve Batista-Navarro, R. (2021). "An Investigation Of Academic Perspectives On The 'Circular Economy'using Text Mining And A Delphi Study", *Journal of Cleaner Production*, 319,1-15.
- Marino, A. ve Pariso, P. (2020). "Comparing European Countries' Performances in The Transition Towards The Circular Economy", *The Science of the Total Environment*, 729, 138142.
- Murray, A., Skene, K. ve Haynes, K. (2017). "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration Of The Concept And Application in A Global Context", *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380.
- Musa, H.D., Yacob, M.R., Abdullah, A.M. ve Ishak, M.Y. (2015). "Delphi Method of Developing Environmental Well-Being Indicators For The Evaluation Of Urban Sustainability in Malaysia", *Procedia Environmental Sciences*, 30, 244–249.
- Ogunmakinde, O.E., Sher, W. ve Egbelakin, T. (2021). "Circular Economy Pillars: A Semi-Systematic Review", *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23, 899-914.

- Okoli, C. ve Pawlowski, (2004). "The Delphi Method As A Research Tool: An Example, Design Considerations and Applications", *Information & Management*, 42,15–29.
- Okorie, O., Salonitis, K., Charnley, F., Moreno, M., Turner, C. ve Tiwari, A. (2018). "Digitisation and The Circular Economy: A Review of Current Research and Future Trends", *Energies*, 11(11), 3009.
- Özuyar, P. ve Gürsoy, Ç. (2021). "Türkiye'deki Bilimsel Yayınlarda Döngüsel Ekonomi Teriminin Yeri", *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(4), 315-331.
- Padilla-Rivera, A., do Carmo, B. B. T., Arcese, G. ve Merveille, N. (2021). "Social Circular Economy Indicators: Selection Through Fuzzy Delphi Method", *Sustainable Production and Consumption*, 26, 101-110.
- Parida, V., Burstrom, T., Visnjic, I. ve Wincent, J. (2019). "Orchestrating Industrial Ecosystem in Circular Economy: A Two-Stage Transformation Model For Large Manufacturing Companies", *Journal of Business Research*, 101, 715–725.
- Park, H.H. ve Park, J.H. (2020). "Development of an Elderly Lifestyle Profile: A Delphi Survey of Multidisciplinary Health-Care Experts", *PLoS ONE*, 15(6), 1-15.
- Planing, P. (2015). "Business Model Innovation in A Circular Economy Reasons For Non-Acceptance Of Circular Business Models", *Open Journal Of Business Model Innovation*, 1(11), 1-11.
- Prieto-Sandoval, V., Ormazabal, M., Jaca, C. ve Viles, E. (2018). "Key Elements in Assessing Circular Economy Implementation in Small And Medium Sized Enterprises", *Business Strategy and the Environment*, 27, 1525–1534.
- Roos Lindgreen, E., Opferkuch, K., Walker, A. M., Salomone, R., Reyes, T., Raggi, A., Simboli, A., Vermeulen, W.J.V ve Caeiro, S. (2022). "Exploring Assessment Practices of Companies Actively Engaged With Circular Economy", *Business Strategy and the Environment*. doi.org/10.1002/bse.2962.
- Roßmann, B., Canzaniello, A., Gracht, H. ve Hartmann, E. (2018). "The Future And Social Impact Of Big Data Analytics in Supply Chain Management: Results From A Delphi Study", *Technological Forecasting & Social Change*, 130, 135–149.
- San-Jose, L. ve Retolaza, J.L. (2016). "Is the Delphi Method Valid For Business Ethics? A survey analysis", *European Journal of Futures Research*, 4(19), 1-15.
- Singh, M. P., Chakraborty, A. ve Roy, M. (2018). "Developing An Extended Theory Of Planned Behaviour Model To Explore Circular Economy Readiness in Manufacturing MSMEs, India", *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 313–322.
- Sousa-Zomer, T.T., Magalhaes, L., Zancul, E. ve Cauchick-Miguel, P.A. (2018). "Exploring The Challenges For Circular Business Implementation in Manufacturing Companies: An Empirical Investigation Of A Pay-Per-Use Service Provider", *Resources, Conservation & Recycling*, 135, 3–13.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y. ve Yu, X., (2013). "A Review Of The Circular Economy in China: Moving From Rhetoric To Implementation", *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.
- Şahin, A.E. (2001). "Eğitim Araştırmalarında Delphi Tekniği ve Kullanımı", *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 215–220.
- Ünal, E., Urbinati, A., Chiaroni, D. ve Manzini, R. (2019). "Value Creation In Circular Business Models: The Case Of A US Small Medium Enterprise In The Building Sector", *Resources, Conservation & Recycling*, 146, 291-307.
- Wurster S. (2021). "Creating a Circular Economy in the Automotive Industry: The Contribution of Combining Crowdsourcing and Delphi Research", *Sustainability*, 13(12), 6762.
- Yang Q. Z., Zhou J. ve Xu K., (2014). "A 3R Implementation Framework to Enable Circular Consumption in Community", *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(2), 217-222.
- Zhou, Y., Xu, L., ve Muhammad Shaikh, G. (2019). "Evaluating And Prioritizing The Green Supply Chain Management Practices in Pakistan: Based On Delphi And Fuzzy AHP Approach", *Symmetry*, 11(11), 1-22.

Karbon Salınımının Belirleyicileri: Çevresel Performans Endeksi'ndeki Ülkelerde Bir Araştırma

Ömer İSKENDEROĞLU¹, Sema Nur ÜNLÜBULDUK², Erdinç KARADENİZ³

ÖZET

Amaç: Çalışmanın amacı, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının, ekonomik büyümenin, finansal gelişmenin ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde etkisinin olup olmadığını test etmek ve eğer bir etki varsa bu etkinin yönünü belirlemektir.

Yöntem: Çalışmada Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan 14 ülkenin 1990-2018 yılları arasındaki verileri üzerinde panel veri analizi gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Ekonomik büyüme, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımları üzerinde olumsuz ve önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının çevresel bozulmayı azalttığı bulgusu, kirlilik halesi hipotezinin geçerliliğine işaret etmektedir. Finansal gelişmenin ise karbon salınımları üzerinde anlamlı bir ilişkisinin olmadığı saptanmıştır.

Özgünlük: Bu çalışma teoride yer alan hipotezlerle bağdaştırılması konusunda diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, literatürde genellikle gelişmekte olan ülkeler üzerine çalışmalar yer alırken, gelişmiş ülkeler üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çalışmanın kapsamındaki ülkeler Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan ülkeler olması bağlamında diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Salınımı, Ekonomik Büyüme, Finansal Gelişme, Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları, Yenilenebilir Enerji Tüketimi.

JEL Kodları: F18, F21, Q1.

Determinants of Carbon Emission: A Research in Environmental Performance Index Countries

ABSTRACT

Purpose: The aim of the study is to test whether foreign direct investment, economic growth, financial development and renewable energy consumption have an effect on carbon emissions, and if there is an effect, to determine the direction of this effect.

Methodology: In this study, panel data analysis was conducted on the data of 14 countries included in the Environmental Performance Index between 1990-2018.

Findings: It has been determined that economic growth, foreign direct investment and renewable energy consumption have negative and significant effects on carbon emissions. The finding that foreign direct investment reduces environmental degradation indicates the validity of the pollution halo hypothesis. It was determined that financial development did not have a significant relationship on carbon emissions.

Originality: Unlike other studies, this study differs from other studies in terms of associating it with the hypotheses in the theory. However, while there are studies on developing countries in the literature, studies on developed countries are quite limited. The countries within the scope of the study are different from other studies as they are the countries included in the Environmental Performance Index.

Keywords: Carbon Emission, Economic Growth, Financial Development, Foreign Direct Investments, Renewable Energy Consumption.

JEL Codes: F18, F21, Q1.

¹ Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Niğde, Türkiye, oiskenderoglu@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3407-1259.

² Doktora Öğrencisi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Mersin, Türkiye, unlubulduksemanur@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8973-8305 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

³ Prof. Dr., Mersin Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Mersin, Türkiye, ekaradeniz@mersin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2658-8490.

DOI: 10.51551/verimlilik.1058125

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 15.01.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.09.2022

Atıf: İskenderoğlu, Ö., Ünlübulduk, S.N. ve Karadeniz, E. (2023). "Karbon Salınımının Belirleyicileri: Çevresel Performans Endeksi'ndeki Ülkelerde Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 23-36.

1. GİRİŞ

Atmosferin var olmasından günümüze kadar geçen zamanda dünya ikliminde büyük değişiklikler yaşanmıştır. Çağlar boyunca yaşanan bu değişikliklerin kaynağının atmosferin iç dinamikleri olduğu bilinmektedir. Volkanik patlamalar ya da dünyanın radyasyon dengesi gibi faktörler atmosferin iç dinamiklerinde farklılıklara yol açmıştır. Söz konusu faktörlerin ötesinde dünya iklimi tek bir dış faktör nedeniyle değişim göstermiştir. Bu faktör, sanayi devrimi başlangıcıyla artan insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı bileşiminde görülen değişimlerdir (Eker, 2020). Sanayi devriminden bu yana karbonla ilgili yakıtların tüketilmesi, atmosferdeki karbondioksitin emilimini artırmıştır. Bu durum küresel ısınmayı hızlandırmış ve iklim değişikliğine neden olmuştur (Satı, 2019). Günümüzde dünyanın karşı karşıya kaldığı en ciddi çevresel risklerden biri küresel iklim değişikliğidir. İklim değişikliği, toplumları ve sürdürülebilir kalkınmayı tehdit eden zorlu çevre problemlerinden biri olarak araştırmacıların, uluslararası kuruluşların ve politikacıların dikkatini çekmektedir (Acheampong, 2018). İklim değişikliğinin ana kaynağı olan küresel ısınma ve çevresel bozulmada sera gazı emisyonlarının rolü oldukça büyüktür. Sera gazı salınımları içinde çevre üzerindeki etkileri en büyük paya sahip olan emisyon, karbon salınımıdır (Haug ve Ucal, 2019). Toplam sera gazı salınımlarının yaklaşık %75,15'inin karbon salınımlarından oluştuğu bildirilmektedir (Climatewatchdata, 2018). Söz konusu salınımların sahip olduğu ağırlık ve olumsuz etkisi göz önünde bulundurulduğunda karbon salınımını etkileyen faktörlerin tespitinin önem arz ettiği ifade edilebilmektedir.

Çevre üzerinde etkisi en belirgin faktörlerden biri büyümedir. Ekonomik büyüme bir ülkede mal ve hizmet üretiminin büyümesi ve üretim artışına bağlı olarak milli gelirin artması anlamına gelmektedir. Ülkelerde ekonomik büyümenin ölçüm yollarından biri, söz konusu ülkede kişi başına gelirden gerçekleşen artış oranıdır (Dinler, 1997). Ülkelerin büyüme ve kalkınma için aldıkları ekonomik önlemler ve faaliyetlerden kaynaklanan çevresel riskler günümüzde önemli sorunlar doğurmaktadır. Bu durum çevre ekonomisi ve sürdürülebilir gelişim konusunda kesin yargıya varılmamış bir araştırma alanı ortaya çıkarmıştır. Ekonomik kalkınma ve çevresel koruma ilişkisi hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde görülen bir problem haline gelmiştir (Shoab ve diğerleri, 2020). Faaliyet gösteren işletmeler tarafından üretimde kullanılan sınırlı kaynakların verimlilik kapsamında özensiz kullanımı, ekonomik büyümenin önündeki engellerden biri olarak kabul görmektedir. Tükenebilir kaynakların dikkatli kullanılması verimliliği artırarak ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyebilecektir. Bu durum ekonomik büyüme ile iklim değişikliği arasındaki ilişkinin iyileştirilmesinde de önem arz etmektedir (Barsbay, 2019). Ekonomik büyümenin yanı sıra, insan yapımı sera gazlarının birikmesi sonucu çevresel zararların artmasında bir diğer faktör doğrudan yabancı sermaye yatırımları olarak kabul edilmektedir (Hassaballa, 2013). Çok uluslu işletmelerin faaliyet gösterdikleri ülkede yapılan üretimi, yabancı ülkelere genişleterek yeni işletmeler kurması ya da yabancı ülkelerdeki işletmeleri satın alarak sermaye artırması doğrudan yabancı sermaye yatırımları olarak tanımlanmaktadır. Bu yatırımlar genel bağlamda ekonomik sürdürülebilirliğin ve gelişimin sağlanması için önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Kurtaran, 2007). Doğrudan yabancı sermaye yatırımları, yatırımları yapan ülkeler ve yatırımın yapıldığı ülkeler için farklı yönlerden öneme sahiptir. Yatırımı yapan ülkeler, vergi teşviklerinden yararlanmakta ve işgücü maliyetlerini düşürebilmektedirler. Yatırımların gerçekleştiği ülkelerde ise sermaye birikiminin yanı sıra teknoloji ve istihdamın gelişimi sağlanmaktadır (Aytekin, 2019). 1950'li yılların başında ekonomik öncelikler doğrultusunda yön verilen sanayileşme faaliyetleriyle birlikte doğrudan yabancı sermaye yatırımları düzeylerinde de bir artış görülmüştür. Ancak söz konusu artışın sürdürülebilir gelişmeyi bütün olarak dikkate almaması, sonraki yıllarda çevresel bozulmalarla etkisini göstermeye başlamıştır. Küreselleşmeyle birlikte iş dünyasında sınırlar kalkmış ve yatırımlar hızla başka ülkelere taşınmaya başlamıştır. Yatırımların ekonomik büyümeye olan katkısı, çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ikinci planda kalmasına yol açmıştır. Bununla birlikte günümüzde artan çevresel bilinçle birlikte çevre kirliliğini önlemek ve çevre sorunlarını çözmek için yasal yaptırımların arttığı ifade edilmektedir (Yılmaz, 2015).

Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarıyla birlikte finansal gelişme, çevresel performansta belirleyici bir rol oynayabilmektedir. Finansal gelişme; finansal kurumların, araçların ve piyasaların büyümesi ve gelişmesi olarak açıklanabilmektedir. Finansal gelişmenin finansal aracılık üzerinde olumlu etki yaratarak tasarruf miktarının artmasına katkı sağladığı ifade edilmektedir. Bunun yanı sıra finansal gelişme kavramı, ülkelerde yapı ve büyüklük bağlamında yaşanan dönüşümü de ifade etmektedir (Afşar, 2007). Finansal gelişme doğrultusunda ülkelerdeki yatırımlar, borsa faaliyetleri ve bankacılık işlemleri gibi finansal faaliyetlerin teşvikinin artmasının çevre üzerinde farklı olumlu ve olumsuz etkilerinin olduğu ileri sürülmektedir (Güngör ve diğerleri, 2017). Çevreyi etkileyen bir başka faktör ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerden elde edilen ve sürekli bir biçimde kendini yenileyen enerji şeklinde tanımlanmaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak güneşteki ısıdan ya da diğer hava olaylarından elde edilen farklı yenilenebilir enerji türleri bulunmaktadır. Bunlar güneş, rüzgâr, okyanus kaynakları, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, biyogaz ve sıvı biyoyakıtlardan üretilen enerjiyi

kapsamaktadır (International Energy Agency, 2004). Yenilenebilir enerji kaynakları, dünya enerji talebini fazlasıyla karşılayabilmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları enerji tedarik piyasalarındaki çeşitliliği artırarak, uzun vadeli sürdürülebilir enerji tedariklerini güvence altına alabilmektedir. Ayrıca, enerji hizmetlerine yönelik özel ihtiyaçları karşılamak, yeni istihdam fırsatları yaratmak ve yerel ekipman üretimine olanaklar sunmak için ticari olarak çekici seçenekler sağlayabilmektedir (Turkenburg ve Faaij, 2000). Tüm bunların yanı sıra yenilenemeyen kaynaklara kıyasla yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, verimliliği artırmakta ve karbon salınımlarını yerel ile küresel bağlamda büyük ölçüde azaltabilmektedir (Zafar ve diğerleri, 2019).

Teoride yer alan hipotezlerle bağdaştırılması konusunda diğer çalışmalardan farklılık gösteren bu çalışmanın amacı, finansal gelişme, doğrudan yabancı sermaye yatırımları, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde etkisi olup olmadığının saptanması ve bir etki söz konusu ise bu etkinin ne yönde olduğunun tespit edilmesidir. Amaç doğrultusunda Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan ilk 30 ülke içinde 1990-2018 yılları arasındaki verilerine kesintisiz erişilebilen 14 tanesine bir dizi ekonometrik test uygulanmıştır.

Çalışma, belirlenen hedefler doğrultusunda altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde karbon salınımı belirleyicileri hakkında literatürde yer alan teorilere yer verilmiştir. Ardından konu ile ilgili literatürde yer alan önemli çalışmalar sunulmuştur. Dördüncü bölümde analizde kullanılan veriler, veri kaynakları ve analiz yöntemi açıklanmıştır. Beşinci bölümde analiz sonucunda elde edilen bulgular yer almaktadır. Çalışmanın sonuç bölümünde ise genel bir değerlendirme yapılmış ve öneriler ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Karbon salınımı ile yakından ilişkili olan kavramlardan biri ekonomik büyümedir. Özellikle milli gelirdeki artışın çevreye daha fazla zarar verip vermediği, ekonomide kalkınma stratejilerinin belirlenmesi için kritik öneme sahip olan konulardan biri olarak kabul görmektedir (Ang, 2007). 1990-2016 yıllarını kapsayan dönemde küresel olarak kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılanın neredeyse üç katına çıktığı ancak dünya hava kalitesinin hızla düştüğü ifade edilmektedir (Dang ve Serajuddin, 2020). Bu nedenle çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla fazla sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde sıkça ele alınan çalışmalardan biri Grossman ve Krueger (1991) çalışmasıdır. Çevre ve gelir düzeyi ilişkisini inceleyen çalışma, gelir düzeyindeki artışın öncelikle karbon salınımını artırırken uzun vadede emisyon üzerinde iyileşme göstereceğini savunmaktadır. Gelir düzeyi ile çevre kirliliği arasındaki ters U şeklindeki ilişki teorik bağlamda; ölçek, kompozisyon ve teknik etkileri ile açıklanmaktadır. Ölçek etkisine göre, ekonomik aktivitenin genişlemesine neden olan ticaret ve yatırımlar arttıkça, üretilen toplam kirlilik miktarının da artacağı öngörülmektedir. Örneğin sınır ötesi taşımacılık hizmetlerine yönelik talebin artması, hava kalitesinin bozulmasına katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda ekonomik büyüme, çevre üzerinde olumsuz etkisi olan bir ölçek etkisi sergilemektedir (Grossman ve Krueger, 1995). Bununla birlikte, ekonomik büyümenin kompozisyon etkisi yoluyla çevre üzerinde olumlu bir etkisi bulunmaktadır. Gelir arttıkça, ekonominin yapısı da değişme eğilimi gösterebilmektedir. Çevresel bozulma, ekonominin yapısı kırsaldan kente ya da tarımdan sanayiye dönüştükçe artma eğilimi göstermektedir ancak enerji yoğun sanayiden hizmet ve bilgi tabanlı teknoloji yoğun sanayiye doğru başka bir yapısal değişiklikle düşmeye başlamaktadır (Dinda, 2004). Aynı ürünün, refah seviyesi yüksek ülkelerde ekonomi ile teknolojik ilerlemenin gelişimi sayesinde gelişmiş teknolojiler kullanılarak diğerlerinden daha çevre dostu şekilde üretilmesi ve kirliliğin bu bağlamda azaltılması ise teknik etki olarak tanımlanmaktadır (Zugravu ve diğerleri, 2008)

Ekonomik büyümenin yanı sıra, çevresel bozulmaya neden olabilen bir diğer değişken de finansal gelişmedir. Literatür, finansal gelişmenin çevre kalitesi üzerinde iki farklı etkiye yol açtığını göstermektedir. Güçlü finansal kurumlar müşterilerine daha düşük finansman maliyetleriyle daha yüksek kredi kullanımını teşvik ettiğinde finansal gelişme hızlanmaktadır. Kredilere sağlanan kolay erişim, işletmelerin ürün veya hizmetlerine talep yaratmalarına ve dolayısıyla sanayileşmeyi teşvik etmelerine yardımcı olmaktadır. Ancak sanayileşme, ticari enerji tüketimini beraberinde getirmektedir. Bu durum hava kirliliği yoluyla çevre kalitesini bozmaktadır. Dolayısıyla finansal gelişmedeki artış, emisyon düzeyinde artışa neden olabilmektedir (Zafar ve diğerleri, 2019). Bu durumun aksine daha fazla finansal gelişim, çevresel projelere yatırımı artırabilmektedir. Çevrenin korunması için gerçekleştirilen projeler özel sektörün yanı sıra genellikle kamu sektörü faaliyetleri olacağı için, bu tür projelere finansman sağlama konusu hükümetler için yerel ve ulusal düzeylerde özellikle önemli olabilmektedir. Bununla birlikte, finansal gelişmedeki daha fazla artış, alternatif ve daha temiz kaynaklardan enerji üretimi ile sonuçlanabilecek enerji yeniliklerindeki artışı tetikleyebilmektedir. Bu doğrultuda finansal gelişimin artması salınım seviyesini azaltmada etkili olabilmektedir (Tamazian ve diğerleri, 2009).

Ülkelerde büyümeyi teşvik etmede ve çevreyi korumanın önemi konusunda farkındalığı artırmada önemli bir diğer faktör doğrudan yabancı sermaye yatırımlardır. Doğrudan yabancı sermaye yatırımları çevresel bozulmaya ve kaynak tükenmesine sebep olan ana faktörlerden biri olarak dikkat çekmektedir (Hassaballa, 2013). Literatürde yabancı sermaye yatırımlarının çevre üzerindeki etkisinin teorik bağlamda farklı şekilde ele alındığı ifade edilebilmektedir. Gelişmiş ülkelerdeki katı çevre düzenlemeleri, yarattığı maliyet sebebiyle kirliliğe sebep olan sektörlerin, gelişmiş ülkelere taşınmasına ve gelişmekte olan ülkelere kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu durum literatürde kirlilik cenneti hipotezi olarak ifade edilmektedir (Gill, 2018). İşletmeler daha düşük üretim maliyetinden yararlanmak için faaliyetlerini bu gelişmekte olan ülkelere kaydırmayı tercih etmektedirler. Endüstriyel uçuş hipotezi olarak tanımlanan bu durum kirlilik cenneti hipotezi ile birlikte ev sahibi ülkelerin çevre standartlarında bozulmaya yol açmaktadır (Shahbaz ve diğerleri, 2015). Konuyla ilgili literatürde yer alan bir diğer hipotez ise kirlilik halesi hipotezidir. Söz konusu hipotez, kendi ülkelerinde daha katı düzenlemelere tabi olan yabancı işletmelerin, kıyasla daha esnek ülkelerde gerçekleştirdikleri doğrudan yabancı sermaye yatırımları sayesinde söz konusu ülkelerde daha yeni, daha temiz teknolojiler ve çevre yönetim sistemleri kullanımını artırdığını savunmaktadır. İşletmelerin yaptıkları doğrudan yabancı sermaye yatırımları sayesinde verimliliği artırmak, bilgi aktarmak ve mevcut kirliliği ele almak için getirdikleri yeni kaynaklar göz önüne alındığında, bu yatırımlar sektör standartlarını yükseltmektedir (Mabey ve McNally, 1999). Kirlilik halesi hipotezi, kirlilik cenneti hipotezinin aksine kullanılan temiz teknoloji sayesinde kirliliğin azalacağını öngörmektedir.

Karbon salınımı üzerinde etkisi olan başka bir kavram enerji tüketimidir. Toplumda tüketilen enerjinin yaklaşık %85'i fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Petrol rafinerileri, benzin istasyonları, doğal gaz sahaları, boru hatları ve güç sağlayan elektrik şebekeleri başta olmak üzere mevcut enerji sektörüne büyük yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Günümüzde, enerji santralleri tüm karbon salınımının yaklaşık %30'unu üretmektedir (Climatecommunication, 2021). Bununla birlikte son yirmi yıl içinde, dünyanın enerji talebi ve tüketimi istikrarlı bir şekilde artış göstermiştir. Hızlı nüfus artışı ve kentleşme, dünya enerji tüketimindeki artışın ana nedenleri arasında yer almaktadır. Ancak artan enerji tüketimi, özellikle yenilenemeyen enerjinin büyük ölçekte tüketilmesi, çevre üzerinde ciddi etkileri beraberinde getirmektedir (Sati, 2019). Toplumun karşı karşıya olduğu en önemli problemlerden biri, büyük oranda karbon salınımından kaynaklanan küresel iklim değişiklikleridir. Karbon salınımının ana kaynaklarından biri küresel enerji arzının büyük kısmını oluşturan fosil yakıtların kullanımınıdır. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak için yerine güvenilir enerji kaynaklarından biri olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ön plana çıktığı ifade edilmektedir (Jaforullah ve King, 2015). Bununla birlikte bazı çalışmalarda ekonomilerdeki alternatif üretim biçimlerinin ekolojik olarak tehlikeli malların tüketimini artırdığı görülebilmektedir. Hidro ve rüzgar enerjisi gibi fosil olmayan enerji kaynaklarının artan varlığının, küresel düzeyde fosil yakıt kullanımını yalnızca çok küçük bir oranda değiştirdiği gözlemlenmektedir (York, 2012).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çevre konusunda toplumsal duyarlılığın artmasıyla birlikte, çevre kirliliği konusu güncel araştırma konularından biri haline gelmiştir. Küresel iklim değişikliğinde birincil rol oynayan karbondioksit salınımlarına çevre kirliliği kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda sıkça yer verildiği tespit edilmiştir. Geçmişten beri yapılan çalışmalarda karbondioksit salınımı ile belirleyicilerinin ilişkisinin ayrı ayrı incelendiği çalışmaların literatürde yer aldığı gözlemlenmektedir. Karbondioksit salınımı ile belirleyicilerinin ilişkisinin bütünsel incelenmediği çalışmalara örnek olarak Ramanathan (2005), Ang (2007), Chuzhi ve Xianin (2008), Sullivan ve diğerleri (2010), Zhang (2011), Akın (2014), Mesagan (2015) çalışmaları gösterilebilir. Daha yakın dönemlerde ise karbondioksit salınımı ile ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kaynakları, doğrudan yabancı yatırımlar ve finansal gelişmişlik arasındaki ilişkiyi bütünsel bağlamda inceleyen çalışmalar sıklıkla literatürde yer almaya başlamıştır. Bu çerçevede Arouri ve diğerleri (2012), Çetintaş ve Sarıkaya (2015), Hakimi ve Hamdi (2016), Acheampong (2018), Görüş ve Aydın (2019), Hashmi ve Alam (2019), Gövdeli (2020), Jun ve diğerleri (2021), Koondhar (2021) çalışmaları dikkat çekmektedir.

Literatürde konuyu detaylı bir bakış açısıyla inceleyen Ang (2007) çalışmasında, 1960-2007 yılları arasında Fransa'da GSYİH ve ticari enerji kullanımının karbon salınımı üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Panel eşbütünleşme yönteminin kullanıldığı çalışmanın sonucunda ekonomik büyümenin karbon salınımının artmasına yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun aksine Akın (2014), 1970-2012 yılları arasında farklı gelir seviyelerine sahip ülke grupları verilerine uyguladığı GMM analizi sonucunda ekonomik büyümenin karbon salınımını azalttığını saptamıştır. Bunun yanı sıra çalışmada, yabancı sermaye yatırımı ile karbon salınımı düzeyleri arasında negatif yönlü bir ilişkinin, enerji tüketimi ile karbon salınımı düzeyi arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Yabancı sermaye yatırımı ile karbon salınımı arasında negatif yönlü ilişkiye dair bulguları olan bir başka çalışma da Asghari (2013) tarafından gerçekleştirilmiştir. Asghari (2013), 1971-2013 yılları arasında MENA ülke verilerine yapılan

rassal ve sabit etkiler testi sonucunda yabancı yatırım girişleri ile karbon salınımı arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif bir ilişki olduğunu saptamıştır. Bununla birlikte Perkins ve Neumayer (2009), gelişmekte olan 92 ülke üzerinde gerçekleştirdikleri analiz sonucunda yabancı sermaye yatırımlarının karbon salınımı üzerinde etkili olmadığını saptamışlardır. Naseem ve Ji (2020) çalışmasında ise SAARC (Afganistan, Bangladeş, Bhutan, Hindistan, Maldivler, Nepal, Pakistan, Sri Lanka) ülkeleri verileri üzerinde yapılan GMM analizi sonucunda yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımın, karbon salınımı üzerinde olumsuz etkiye sahipken, ekonomik büyümenin olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Farklı bir yöntem kullanarak konuyu inceleyen Arouri ve diğerleri (2012) çalışmasında 1981-2005 yılları arasında MENA ülkelerinde GSYİH ve enerji tüketiminin karbon salınımı ile ilişkisi ele alınmıştır. Eşbütünleşme yönteminin kullanıldığı çalışmada uzun vadede enerji tüketiminin karbon salınımları üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Omri ve diğerleri (2014), çalışmasında iki farklı ülke grubu üzerinde yapılan GMM analizi sonucunda, enerji tüketiminin karbondioksit salınımları üzerinde pozitif bir etkiye neden olduğu tespit edilmiştir. Çetintaş ve Sarıkaya (2015) çalışmasının bulguları da pozitif etkiyi destekler niteliktedir. Çetintaş ve Sarıkaya (2015) çalışmasında, 1960-2004 yılları arasında İngiltere ve ABD ülke verilerine yapılan Toda-Yamamoto nedensellik testi sonucunda enerji tüketimi ve karbon salınımı arasında pozitif bir ilişki, nükleer enerji üretimi ve karbon salınımı arasında negatif ilişki saptanmıştır. İki ülkede de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir. Konuyu farklı bir nedensellik testi ile analiz eden Pao ve Tsai (2011), çalışmasında 1992-2007 yılları arasında BRIC(Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin) ülkelerinde enerji tüketimi, yabancı sermaye yatırımları ve GSYİH'nın karbon salınımı üzerindeki etkilerini ölçmeyi amaçlamıştır. Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri ile Panel Granger nedensellik testi sonucunda karbon salınımları ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında çift yönlü nedensellik ve ekonomik büyümeden yabancı yatırım girişine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Benzer bulgular elde eden Shahbaz ve diğerleri (2015) çalışmasında 1975-2012 yılları arasında gelir düzeylerine göre farklılık gösteren ülke grupları üzerinde gerçekleştirilen analizde Pedroni eşbütünleşme, FMOLS ve Dumitrescu ve Hurlin Nedensellik testleri uygulanmıştır. Karbon salınımı ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Konuyu farklı ülke grubunda araştıran Hakimi ve Hamdi (2016), çalışmasında Fas ve Tunus'da 1971-2013 yılları arasında eşbütünleşme ve nedensellik testleri sonucunda doğrudan yabancı yatırım girişi ve karbon salınımı arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Benzer yöntem aracılığı ile konuya yaklaşan Türköz (2015) çalışmasında ise Türkiye ile sınır komşularının verileri üzerinde ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto Nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Türkiye'de ekonomik büyümenin karbon salınımı üzerinde bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca enerji tüketimi ile karbon salınımı arasında nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Bu durumun aksine Gövdeli (2020) çalışmasında Asya Pasifik ülkelerinde 1971-2017 yılları aralığında karbon salınımı ile ekonomik büyüme arasında ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarıyla benzer bulgular Wasti ve Zaidi (2020) çalışmasında da yer almaktadır. Wasti ve Zaidi (2020) çalışmasında Kuveyt'te 1971-2017 yılları arasında Granger nedensellik testi yapılmış ve enerji tüketimi ve karbon salınımı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Albayrak (2018), çalışmasında ise örneklem Türkiye olarak belirlenerek Johansen Eşbütünleşme Testi uygulanmış ve karbon salınımı, GSYH, enerji tüketimi ve dışa açıklık oranı arasında uzun dönem denge ilişkisi bulunmuştur.

Bir ülke grubu üzerinde araştırma yapan Lee ve diğerleri, (2015), çalışmasında karbon salınımı, GSYİH, enerji kullanımı ve finansal gelişme arasındaki ilişki FMOLS ve kesitsel bağımlılık regresyonu ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda GSYİH'nın karbon salınımı üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Sekiz ülkede finansal gelişimin karbon salınımını negatif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde Paramati ve diğerleri (2017), çalışmasında G20 ülkelerinde doğrudan yabancı yatırım girişleri, yenilenebilir enerji tüketimi ve hisse senedi piyasasındaki büyümenin karbon salınımı üzerindeki etkisini ölçmek amaçlanmıştır. Gerçekleştiren eşbütünleşme ve nedensellik testi sonucunda doğrudan yabancı yatırımların ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımını azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkelerde hisse senedi piyasasındaki büyümenin karbon salınımını olumsuz etkilediği saptanmıştır. Paramati ve diğerleri (2017) çalışmasının aksine Shoaib ve diğerleri (2020), çalışmasında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde finansal gelişmenin ve enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Panel ARDL ve nedensellik testi sonucunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde finansal gelişme, enerji kullanımı ve karbon salınımı ile pozitif bir ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ticari açıklığın ise gelişmekte olan ülkelerde karbon salınımı üzerinde pozitif etki yaratırken, gelişmiş ülkelerde aynı sonucu vermediği tespit edilmiştir. Karbon salınımı belirleyicileri üzerinde gerçekleştirilen güncel bir diğer çalışma Zhao ve Yang (2020) çalışmasıdır. Çin'de finansal gelişmişlik düzeyi ile karbon salınımı ilişkisinin incelendiği çalışmada uygulanan nedensellik testinin bulguları, uzun vadede bölgesel finansal gelişme ile karbon salınımları arasında iki yönlü bir nedenselliğin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde tek bir ülke üzerinden gerçekleştirilen Öztürk ve Acaravcı (2013), çalışmasında Türkiye'de 1960-2007 yılları arasında finansal gelişim, ekonomik büyüme, dış ticaret, enerji tüketimi ile karbon salınımı arasındaki ilişki ARDL

sınır testi ve nedensellik testi ile incelenmiştir. Dış ticaret ve enerji tüketiminin karbon salınımını artırdığı, ekonomik büyümenin salınımı azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte finansal gelişme ile karbon salınımı arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı bulunmuştur. Genel bağlamda literatür incelendiğinde araştırmalar için belirlenen dönemin, tercih edilen değişkenlerin, araştırmaya konu edilen ülkelerin ve analiz yöntemlerinin farklılıkları nedeniyle elde edilen sonuçların da farklı olduğu görülmektedir. Literatürde genellikle gelişmekte olan ülkeler üzerine çalışmalar yer alırken, gelişmiş ülkeler üzerinde yapılan çalışmaların sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamındaki ülkelerin Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan ülkeler olması bağlamında literatürdeki diğer çalışmalardan ayrıştığı ifade edilebilmektedir.

4. VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde etkisi olup olmadığının tespit edilmesi ve bir etki söz konusu ise bu etkinin ne yönde olduğunun tespit edilmesidir. Ülkelerin belirlenmesinde Çevresel Performans Endeksi temel alınmıştır. Çevresel Performans Endeksi, 11 kategoride 32 performans göstergesi kullanarak çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı bağlamında 180 ülkenin sıralamasını sunmaktadır (EPI, 2021). Bu çalışmada öncelikle Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan karbon salınımı en düşük ilk 30 ülke belirlenmiştir. Söz konusu ülkeler içinden verisine kesintisiz olarak ulaşılabilmeye olan 14 tanesi (Avustralya, Avusturya, Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Fransa, Lüksemburg, İsviçre, Bahreyn, Norveç, İsveç, İrlanda, Almanya, Finlandiya) çalışmanın örneklemini oluşturmuştur. Çalışmada yer alan ülkelerin verilerine Dünya Bankası üzerinden erişim sağlanmıştır. Karbon salınımı en düşük ilk 30 ülke içinden 14 tanesinin 1990-2018 yılları arasındaki verilerine panel veri analizi uygulanmıştır.

Panel veri analizi, ekonomik ilişkilerin tahmininde kesitsel zaman serisi verilerini kullanılması yöntemidir. Panel veri analizi kesit ve zaman serisi analizi ile karşılaştırıldığında, tahmin tekniklerinin ve teorik sonuçların geliştirilmesi için zengin bir bilgi kaynağı sağlamasıyla ön plana çıkmaktadır (Greene, 2002). Finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla oluşturulan model aşağıda Eşitlik 1'de verilmektedir.

$$CO2i,t = \alpha + \beta1DYYi,t + \beta2GSYİHi,t + \beta3PKi,t + \beta4YETi,t + \epsilon i,t \quad (1)$$

Eşitlik 1'de $CO2i,t$ = i ülkesinin t dönemindeki karbon salınımını, $DYYi,t$ = i ülkesinin t dönemindeki doğrudan yabancı sermaye yatırımını, $GSYİHi,t$ = i ülkesinin t dönemindeki gayri safi yurt içi hasılasını, PKi,t = i ülkesinin t dönemindeki piyasa kapitalizasyonu, $YETi,t$ = i ülkesinin t dönemindeki yenilenebilir enerji tüketimi, α = sabit terimi, ϵ = hata terimini temsil etmektedir.

Panel veriler dengeli panel veri ve dengesiz panel veri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tüm kesit birimleri için aynı zaman periyotlarının mevcut olması dengeli panel olarak adlandırılmaktadır. Bazı birimlerde zaman periyotlarının kayıp olması ise dengesiz panel olarak kabul görmektedir (Wooldridge, 2010). Bu çalışmada tüm kesit birimleri için aynı zaman periyotlarının varlığı dengeli panel verisi olduğuna işaret etmektedir. Panel veri analizi öncesinde, ilgili veri seti için tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi raporlanmıştır. Ardından serinin durağan olup olmadığının tespiti bağlamında birim kök testleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Panel Sabit Etkiler Yöntemi, Panel Rassal Etkiler Yöntemi ve Havuzlanmış Regresyon Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Sabit etkiler yöntemi, tüm yatay kesit birimlerde farklı sabit katsayıların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda ülkelerdeki farklılıkların sabit terimlerdeki farklılıklar aracılığı ile ortaya çıkabileceğini varsaymaktadır. Rassal etki modeli, bireysel etkinin herhangi bir değişkenle ilişkili olmadığını varsaymakta ve farklılıkları hata terimi ardından gruplara (veya zamanlara) özgü hata varyansını tahmin etmektedir. Havuzlanmış regresyon analizi ise sabit ya da rassal etkiye bakılmaksızın, zaman ve birim etkilerini yok sayarak tahmin sunmaktadır (Greene, 2002). Oluşturulan modelde yöntem seçimini belirlemek için Hausman (1978) ile Hausman ve Taylor (1981) tarafından geliştirilen Hausman testi gerçekleştirilmiştir.

5. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen bulgular tablolar halinde sunulmaktadır. Karbon salınımı üzerinde etkisi olan faktörlerin incelendiği bu çalışmada gayrisafi yurtiçi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişim, doğrudan yabancı yatırımlar, karbon salınımı ve piyasa kapitalizasyonuna ilişkin doğal logaritmik veriler için tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

<i>Değişkenler</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>	<i>Gözlem</i>
Karbondioksit Salınımı	0,2324	0,1024	0,0530	0,4941	290
Doğrudan Yabancı Yatırım	0,4338	0,5286	-1,6351	1,9102	
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	4,6694	0,1416	4,4443	5,0160	
Piyasa Kapitalizasyonu	1,7930	0,3396	0,0760	2,4519	
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	1,0041	0,4651	-0,2159	1,7861	

Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, örnekleme yer alan ülkelerin karbondioksit salınımı ortalamasının 0,2324 olduğu görülmektedir. Gayri safi yurtiçi hasılanın ortalamasının ise 4,6694 olduğu saptanmıştır. Analiz kapsamındaki değişkenler içinde en yüksek standart sapmanın doğrudan yabancı yatırımlarda, en düşük standart sapmanın ise karbondioksit salınımında olduğu görülmektedir. Tablo 2'de bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon matrisi sunulmaktadır.

Tablo 2. Bağımsız değişkenlere ilişkin korelasyon matrisi

<i>Değişkenler</i>	<i>Doğrudan Yabancı Yatırım</i>	<i>Gayri Safi Yurtiçi Hasıla</i>	<i>Piyasa Kapitalizasyonu</i>
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	0,4451		
Piyasa Kapitalizasyonu	0,3349	0,4791	
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	-0,1488	0,1934	-0,3091

Tablo 2 incelendiğinde en yüksek korelasyonun gayri safi yurtiçi hasıla ile piyasa kapitalizasyonu arasında olduğu ve korelasyonun pozitif olduğu görülmektedir. Bununla birlikte doğrudan yabancı yatırımlarla yenilenebilir enerji tüketimi arasında negatif korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Doğrudan yabancı yatırımların artmasına neden olan dinamikler yenilenebilir enerji tüketiminde azalmaya neden olabilmektedir. Tablo 2 ekonometrik anlamda incelendiğinde, korelasyon sonuçlarının potansiyel bir çoklu bağlantı sorununa işaret etmediği söylenebilmektedir.

Panel veri analizi yönteminde değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesinden önce, serilerin durağan olup olmadıkları yöntemin sonrası açısından önem arz etmektedir. Buna göre ilk olarak serilerde birim kökün varlığı incelenebilir. Birim kök analizlerinde seri içinde birim kökün yokluğu halinde serilerin ortalamaları etrafında salındığı, aksi durumda ise radikal saplamaların yaşandığı ifade edilmektedir (İskenderoğlu, 2012). Bu çalışmada panel veri analizinde birim köklerin varlığını sınavan testlerden Levin, Lin ve Cu (2002) ile Im, Pesaran ve Shin (2003) kullanılmaktadır. Tablo 3'te LLC ve IPS birim kök testi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 3. LLC ve IPS birim kök testi sonuçları

<i>Seri</i>	<i>Levin, Lin ve Cu</i>		<i>Im, Pesaran ve Shin</i>	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Karbondioksit Salınımı	-25,1002 (0,0000)	-21,4688 (0,0000)	-22,8055 (0,0000)	-20,1509 (0,0000)
Doğrudan Yabancı Yatırım	-13,6573 (0,0000)	-11,7461 (0,0000)	-13,9011 (0,0000)	-12,0470 (0,0000)
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	-14,8622 (0,0000)	-12,1635 (0,0000)	-20,4602 (0,0000)	-18,7490 (0,0000)
Piyasa Kapitalizasyonu	-6,6478 (0,0000)	-5,7732 (0,0000)	-6,2525 (0,0000)	-4,1263 (0,0000)
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	-14,7681 (0,0000)	-12,4473 (0,0000)	-14,9015 (0,0000)	-12,6006 (0,0000)

a: Sabitli model, b: Sabitli ve trendli model

Tablo 3 incelendiğinde karbondioksit salınımı, doğrudan yabancı yatırımlar, gayri safi yurtiçi hasıla, piyasa kapitalizasyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin %1 anlam seviyesinde durağan oldukları ve birim kök içermedikleri görülmektedir. Değişkenlerin birim kök içermemesi, potansiyel regresyon ilişkisinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Tablo 4'te panel sabit ve rassal etkiler ile havuzlanmış regresyon analizinin sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 4. Panel sabit etkiler, rassal etkiler ve havuzlanmış regresyon analizlerine ilişkin sonuçlar

<i>Değişkenler</i>	<i>Sabit Etkiler</i>	<i>Rassal Etkiler</i>	<i>Havuzlanmış Regresyon</i>
Doğrudan Yabancı Yatırım	-0,0313 (0,0101)	-0,0369 (0,0009)	-0,0379 (0,0028)
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	-0,1274 (0,0121)	-0,1655 (0,0007)	-0,1288 (0,0429)
Piyasa Kapitalizasyonu	-0,0200 (0,3494)	-0,0260 (0,1920)	-0,0353 (0,1467)
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	-0,0983 (0,0000)	-0,1022 (0,0000)	-0,1100 (0,0000)
R ²	0,3950	0,3702	0,3742
Düzeltilmiş R ²	0,3572	0,3614	0,3654
F İstatistiği	10,4486 (0,0000)	41,8884 (0,0000)	42,6158 (0,0000)
Durbin-Watson İstatistiği	2,2464	2,3162	2,2314
Hausman İstatistiği	9,653148 (0,0467)		

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Çalışmada kullanılan dört değişken için %5 anlamlılık seviyesinde Durbin-Watson Du değeri 1,743 ve DI değeri ise 1,124'tür.

Tablo 4'te yer alan Hausman istatistiği sonucu incelendiğinde modelin panel sabit etkiler yöntemiyle açıklanmasının mümkün olabileceği söylenebilmektedir. Tablodaki R² değeri modelin açıklama gücünü gösterirken, F istatistik değeri modelin anlamlılığını belirtmektedir. Tabloda yer alan R² değerlerinin düşük çıkması olası bir sonuç olarak yorumlanabilmektedir. Aynı konuyu ele alan Shahbaz ve diğerleri (2015) ve Zhaou ve diğerleri (2018) çalışmalarında da R² değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca Muhammad ve diğerleri (2021) çalışmasında, farklı ülke grupları üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda farklı R² değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Bu bağlamda R² değerlerinin düşük ya da yüksek çıkmasının, analiz kapsamındaki örnekleme ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Panel sabit etkiler bulguları incelendiğinde, doğrudan yabancı yatırımların karbon salınımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu analiz kapsamındaki ülkelerde kirlilik halesi hipotezini geçerli kılmaktadır. Tablo 4 incelendiğinde, gayri safi yurtiçi hasılanın karbon salınımı üzerindeki etkisinin anlamlı ve negatif olduğu görülmektedir. Gayri safi yurtiçi hasılayı artıran parametrelerin, karbon salınımını düşürdüğü söylenebilmektedir. Bu durum 14 ülkede teknik etkinin geçerliliğine işaret etmektedir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve katsayı değerlerinin negatif olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça karbon salınımının azaldığı ifade edilebilmektedir. Değişkenlerin katsayıları incelendiğinde karbon salınımını en fazla etkileyen değişkenin gayri safi yurtiçi hasıla olduğu söylenebilir. Karbon salınımını en az etkileyen değişkenin ise doğrudan yabancı yatırımlar olduğu ifade edilebilmektedir. Ancak piyasa kapitalizasyonu istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç göstermemektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

İklim değişikliğinin ana unsurlarından biri küresel ısınmadır. Küresel ısınma, dünya atmosferindeki ısı tutucu sera gazı seviyelerini artıran, insan faaliyetleri nedeniyle sanayi öncesi dönemden beri gözlemlenen dünya iklim sisteminin uzun vadeli ısınması olarak tanımlanmaktadır (ClimateNasa, 2022). Son zamanlarda toplumların en büyük endişelerinden biri küresel ısınma ve özellikle bu olgunun yaşam kalitesi üzerinde yarattığı olumsuz etkiler olmuştur. Sanayi Devrimi'nin başlamasıyla birlikte küresel düzeyde hem sosyal hem ekonomik olarak çevreye yansıyan önemli değişimler yaşanmıştır. Sonuç olarak, çevre koruma bilincinin önemi ve bunun makro ve mikro düzeyde belirli göstergelerle karşılıklı ilişkisi literatürde sıkça yer alan bir konu haline gelmiştir (Purcel, 2020). Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler arasındaki mevcut tartışma, hızlı ekonomik kalkınmadan ödün vermeden karbon salınımlarını en aza indirmektir. Bu bağlamda karbon salınımlarına etki eden faktörler önem arz etmektedir (Paramati, 2017).

Bu çalışmanın amacı ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, finansal gelişme ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Amaç doğrultusunda Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan ilk 30 ülke içinden verisine kesintisiz erişilebilen 14 ülkenin 1990-2018 yılları arasında yıllık frekandaki verileri, karbon salınımı üzerinde gayri safi yurtiçi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar, finansal gelişme ve yenilenebilir enerji tüketiminin etkisi olup olmadığı bağlamında panel veri analizi yöntemiyle incelenmeye çalışılmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar gayri safi yurtiçi hasılanın karbon salınımını negatif etkilediğini göstermektedir. Buna göre analiz kapsamındaki ülkelerde ekonomik büyüme arttıkça karbon salınımının azaldığı tespit edilmiştir. Bu ülkelerin karbon salınımı az ülkeler olması, çevre dostu teknolojileri daha sık

kullandıklarına işaret etmektedir. Bu durum, söz konusu 14 ülke için, refah seviyesi yüksek ülkelerde üretimin teknolojik gelişmeler sayesinde diğerlerinden daha çevre dostu şekilde gerçekleşmesi ve kirliliğin bu bağlamda azalması olarak tanımlanan teknik etkinin geçerliliğinden söz etmeyi mümkün kılmıştır. Teknik etki sayesinde yüksek üretim seviyelerinde diğer ülkelere kıyasla düşük karbon salınımlarının gerçekleştiği ve ekonomik büyümenin salınımı etkilemediği ifade edilebilmektedir. Bu sonuç gelişmiş ülke örnekleri üzerinde analiz gerçekleştiren Akın (2014) ile Karakaş ve Deniz (2017) çalışmalarıyla benzer özellikler içermektedir. Akın (2014) çalışmasında ekonomisi büyük ülkelerde gayri safi yurt içi hasılanın karbon salınımını negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak söz konusu sonuç, Osadume (2021) çalışmasıyla farklılık göstermektedir. Osadume (2021), Batı Afrika ülkelerinde ekonomik büyümedeki artışın karbon salınımlarında artışa yol açtığını saptamıştır. Öztürk ve Kúsmez (2019) ise 1995-2014 yılları arasında 44 ülkede ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerinde anlamsız bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bağlamda sonuçlardaki farklılığa, farklı ülke grupları ve farklı veri aralıklarının neden olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Analiz sonucunda elde edilen bir başka sonuç, doğrudan yabancı sermaye yatırım artışının karbon salınımını azalttığı yönünde olmuştur. Sonuçlar, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının çevresel bozulmayı azalttığına ve çalışma kapsamındaki 14 ülkede kullanılan temiz teknoloji sayesinde kirliliğin azalacağını savunan kirlilik halesi hipotezinin geçerliliğine işaret etmektedir. Ülkelere yapılan doğrudan yabancı yatırımlar teknolojik gelişmeye katkı sağlamak ve bu ülkelerde kullanılan verimli teknolojiler ile çevre yönetim sistemleri sayesinde karbon salınımı azalmaktadır.

Yapılan analizler sonucu ulaşılan sonuçlardan biri de yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın karbon salınımını azaltmasıdır. Yenilenebilir enerji, iklim değişikliğinin neden olduğu sonuçları azaltmada önemli bir adım olarak kabul görmektedir. Analiz kapsamındaki ülkelerin enerji politikalarında temiz enerji kaynaklarına ağırlık vermelerinin, dünya üzerinde karbon salınımının azaltılmasında ve küresel ısınma ile mücadelede etkili olduğu gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın karbon salınımını azalttığı sonucu Naseem ve Guang (2020) ve Adebayo ve diğerleri (2021) sonuçlarını destekler nitelik taşımaktadır.

Piyasa kapitalizasyonu karbon salınımı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç göstermemiştir. Bu sonuç Bayar ve diğerleri (2020) çalışmasının kısa vadeli sonuçlarını desteklerken, uzun vadede farklılık arz etmektedir. Bayar ve diğerleri (2020) çalışmasının uzun vadeli test tahminleri, finansal gelişmenin karbon salınımları üzerinde olumlu bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Farklı bir yöntem kullanarak sadece Çin özelinde yapılan Zhao ve Yang (2020) çalışmasında uzun vadede finansal gelişme ile karbon salınımları arasında iki yönlü nedensel ilişki olduğu tespit edilmiştir. Piyasa kapitalizasyonunun karbon salınımı üzerindeki etkisi bağlamında farklı veri aralıkları ve kullanılan analiz yöntemlerinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu ifade edilebilmektedir.

Çalışmanın sonuçları, bu çalışmanın analize dahil edilen ülke grubunda ekonomik büyümedeki artışın, çevre üzerinde baskı yaratarak daha fazla karbon salınımına yol açmadığını ve teknik etkinin geçerliliğini göstermektedir. Bununla birlikte analiz kapsamındaki 14 ülkede yenilenebilir enerji tüketiminin olumlu ekolojik sonuçları olduğu gözlemlenmektedir. Sonuçlar, işletmeler tarafından kullanılan enerji kaynağı tercihinin karbon salınımını azaltabileceğine işaret etmektedir. İşletme yöneticilerinin bu durumu önemseyerek uzun vadeli sürdürülebilirlik için düşük karbonlu büyüme stratejileri oluşturması gerekmektedir. Hükümetler tarafından uygulanan politikaların, işletmelerde enerji verimliliğini esas alan tesislerin kullanımını teşvik edecek şekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Bununla birlikte hükümetler ekonomik teşvikler sunarak kirliliği yasal seviyelerin altına düşüren işletmeleri finansal bağlamda ödüllendirebilir. Hükümetlerin yanı sıra çevrenin korunmasına ilişkin kamuoyu baskısı önemli bir diğer etkidir. Karbon salınımının sınırlandırılması için kamuoyu oluşturmayı hedefleyen sivil toplum örgütleri kitle iletişim araçlarını daha sık kullanarak toplumu konuyla ilgili bilgilendirerek yönlendirebilir. Ayrıca kirlilik halesi hipotezi doğrultusunda örneklerde yer alan ve kendi ülkelerinde daha katı düzenlemelere tabi olan yabancı işletmelerin, kıyasla daha esnek ülkelerde doğrudan yabancı yatırımlar gerçekleştirmelerinin karbon salınımı üzerinde olumlu etki sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırmanın 14 ülke ile 1990-2018 yılları aralığında gerçekleştirilmiş olması çalışmanın kısıtları arasında yer almaktadır. Ayrıca çalışmada kullanılan değişkenlerden doğrudan yabancı sermaye yatırımı ve finansal gelişme, ülkelerin ekonomik büyümeleri ile doğrudan ilişkili kavramlardır. Bu durum, söz konusu değişkenlerin karbon emisyonu üzerindeki etkisinin, ekonomik büyüme ile olan ilişkilerinden kaynaklanmasını mümkün kılabilir. Çalışma sonuçları değerlendirilirken değişkenler arasındaki söz konusu ilişkinin göz önünde bulundurulmasının önem arz edebileceği düşünülmektedir. Bu durum, değişkenlerin ayrı ayrı etkilerinin belirlenmesi üzerinde kısıtlayıcı bir etkiye neden olabilmektedir. Çalışmanın sunduğu avantajlara rağmen sosyal faktörlerin karbon salınımı üzerindeki etkisinin incelenmemesi, çalışmanın önemli bir eksikliği olarak değerlendirilebilir. Literatürde sosyal faktörlerin karbon salınımı üzerinde etkili olabileceğine ilişkin çalışmalara rastlanmakla birlikte, sınırlı olduğu gözlemlenmektedir. Sosyal faktörlerin analize dahil edilmesi

konu bağlamında daha geniş bir perspektif sağlayabilecektir. Gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda diğer ekonomik ve sosyal faktörlerin karbon salınımı üzerindeki etkisinin benzer ve farklı ülke grupları üzerinde analiz edilmesinin literatüre katkı sunacağı düşünölmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Sema Nur Ünlübulduk: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-orijinal taslak Ömer İskenderoğlu: Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Erdiñ Karadeniz: Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Sema Nur Ünlübulduk: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Ömer İskenderoğlu: Modelling, Writing-review and editing Erdiñ Karadeniz: Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Acheampong, A.O. (2018). "Economic Growth, CO₂ Emissions and Energy Consumption: What Causes What And Where?", *Energy Economics*, 74, 677-692.
- Adebayo, T.S., Rjoub, H., Akinsola, G.D. ve Oladipupo, S D. (2021). "The Asymmetric Effects of Renewable Energy Consumption and Trade Openness on Carbon Emissions in Sweden: New Evidence from Quantile-On-Quantile Regression Approach.", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Afşar, A. (2007). "Finansal Gelişme ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 36, 188-198.
- Akın, C.S. (2014). "Yabancı Sermaye Yatırımlarının CO₂ Emisyonu Üzerine Olan Etkisi: Dinamik Panel Veri Analizi", *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 44.
- Albayrak, E.N. (2018). "Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kirlilik İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye Örneği", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ang, J.B. (2007). "CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Output in France", *Energy Policy*, 35(10), 4772-4778.
- Arouri, M.E.H., Youssef, A.B., M'henni, H. ve Rault, C. (2012). "Energy Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in Middle East and North African Countries". *Energy Policy*, 45, 342-349.
- Asghari, M. (2013), "Does FDI Promote MENA Region's Environment Quality? Pollution Halo or Pollution Haven Hypothesis", *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 1(6), 92-100.
- Aytekin, G.K. (2019). "Doğrudan Yabancı Yatırımlar DYY, Belirleyicileri ve Ekonomik Etkileri", *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 255-278.
- Barsbay, M.Ç. Sağlık Sektöründe Düşük Karbon Ekonomisi: Tezat Mı, Mümkün Mü? *Verimlilik Dergisi*, 4, 113-134.
- Bayar, Y. ve Maxim, A. (2020). "Financial Development and CO₂ Emissions in Post-Transition European Union Countries", *Sustainability*, 12(7), 2640.
- Chuzhi, H. ve Xianjin, H. (2008). "Characteristics of Carbon Emission in China and Analysis on Its Cause. China Population", *Resources and Environment*, 18(3), 38-42.
- Climatecommunication, (2021). <https://climatecommunication.org/change/energy-use/>, (Erişim Tarihi: 21.11.2021)
- Climatenasa (2022). <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/> (Erişim Tarihi: 15.12.2021)
- Climatewatchdata, (2018). <https://www.climatewatchdata.org/> (Erişim Tarihi: 15.11.2021)
- Çetintaş, H. ve Sarıkaya, M. (2015). "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in the USA and the United Kingdom: ARDL Approach". *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16(2), 173-194.
- Dang, H.A.H. ve Serajuddin, U. (2020). "Tracking the Sustainable Development Goals: Emerging Measurement Challenges and Further Reflections", *World Development*, 127, 104570.
- Dinda, S. (2004). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey.", *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Dinler, Z. (1997). "İktisada Giriş", Üçüncü Basım, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- Eker, E.E. (2020). "Determinants of Household Greenhouse Gas Emissions in the European Union Countries". Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- EPI. (2021). <https://epi.yale.edu/> (Erişim Tarihi:12.11.2021)
- Gill, F.L. (2018). "The Critical Review of the Pollution Haven Hypothesis.", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(1),167-174.
- Görüş, M.S. ve Aydın, M. (2019). "The Relationship Between Energy Consumption, Economic Growth, and CO₂ Emission in MENA Countries: Causality Analysis in the Frequency Domain.", *Energy*, 168, 815-822.
- Gövdeli, T. (2020). "Population Density, Economic Growth, Energy Consumption and CO₂ Emissions: Empirical Evidence from Asia-Pacific Countries.", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(4), 934-944.
- Greene, W.H. (2002). "Econometric Analysis", Fifth Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economic Research Working Paper 3914.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1995). "Economic Growth and the Environment." *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-37.
- Güngör, S., Korkmaz, Ö., Karaca, S.S., ve Benli, Y.K. (2017). "Küresel Gelişmeler Bağlamında Enerjide Dışa Bağımlı Gelişmekte Olan Ülkelerde Birincil Enerji Tüketimiyle Finansal Gelişme Arasındaki İlişki", *Maliye ve Finans Yazıları*, 108, 123-142.

- Hakimi, A. ve Hamdi, H. (2016). "Trade Liberalization, FDI Inflows, Environmental Quality and Economic Growth: A Comparative Analysis Between Tunisia and Morocco.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1445-1456.
- Hashmi, R. ve Alam, K. (2019). "Dynamic Relationship Among Environmental Regulation, Innovation, CO₂ Emissions, Population, and Economic Growth in OECD Countries: A Panel Investigation.", *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109.
- Hassaballa, H. (2013). "Environment and Foreign Direct Investment: Policy Implications for Developing Countries", *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking*, 1(2), 75-106.
- Haug, A.A. ve Ucal, M. (2019). "The Role of Trade and FDI for CO₂ Emissions in Turkey: Nonlinear Relationships.", *Energy Economics*, 81, 297-307.
- Hausman, J.A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251-1271.
- Hausman, J.A. ve Taylor, W.E. (1981). "Panel Data and U Nobservable Individual Effects." *Econometrica*, 49, 1377-1398.
- International Energy Agency. (2004). "Energy Statistics Manual", OECD / IEA and EUROSTAT Publication.
- İskenderoğlu, Ö. (2012). "Beta Katsayılarının Tahmini: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Üzerine Bir Uygulama.", *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 12(1) 67-76.
- Jaforullah, M. ve King, A. (2015). "Does The Use of Renewable Energy Sources Mitigate CO₂ Emissions? A Reassessment of the US Evidence.", *Energy Economics*, 49, 711-717.
- Jun, W., Mughal, N., Zhao, J., Shabbir, M. S., Niedbala, G., Jain, V. ve Anwar, A. (2021). "Does Globalization Matter for Environmental Degradation? Nexus Among Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Dioxide Emission.", *Energy Policy*, 153(3), 112230.
- Karakaş, A. ve Deniz, A. (2017). "Ekonomik Büyüme, Kalkınma ve Çevre İlişkisi: Çevreye Rağmen mi-Çevreyle Birlikte mi?", *Söke İşletme Fakültesi Priene Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-10.
- Koondhar, M.A., Shahbaz, M., Ozturk, I., Randhawa, A.A. ve Kong, R. (2021). "Revisiting the Relationship Between Carbon Emission, Renewable Energy Consumption, Forestry, and Agricultural Financial Development for China.", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.
- Kurtaran, A. (2007). "Doğrudan Yabancı Yatırım Kararları ve Belirleyicileri", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 367-382.
- Lee, J.M., Chen, K.H. ve Cho, C.H. (2015). "The Relationship Between CO₂ Emissions and Financial Development: Evidence from OECD Countries. *The Singapore Economic Review*.", 60, 05, 1550117.
- Levin, A., Lin, C.F. ve Chu, C-S.J. (2002). "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties", *Journal of Econometrics*, 108, 1-24.
- Mabey, N., ve McNally, R. (1999). "Foreign Direct Investment and the Environment.", Godalming, Surrey: WWF-UK.
- Mesagan, E.P. (2015). "Economic Growth and Carbon Emission in Nigeria". *The IUP Journal of Applied Economics*, 14(4), 61-75.
- Muhammad, B., Khan, M.K., Khan, M.I. ve Khan, S. (2021). "Impact of Foreign Direct Investment, Natural Resources, Renewable Energy Consumption, and Economic Growth on Environmental Degradation: Evidence from Brics, Developing, Developed and Global Countries.", *Environmental Science and Pollution Research*, 28(17), 21789-21798.
- Naseem, S. ve Guang Ji, T. (2020). "A System-GMM Approach to Examine the Renewable Energy Consumption, Agriculture and Economic Growth's Impact on CO₂ Emission in the SAARC Region." *GeoJournal*, 86(5).
- Omri, A., Nguyen, D.K. ve Rault, C. (2014). "Causal Interactions Between CO₂ Emissions, FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic Simultaneous-Equation Models." *Economic Modelling*, 42, 382-389.
- Osadume, R. (2021). "Impact of Economic Growth on Carbon Emissions in Selected West African Countries, 1980–2019", *Journal of Money and Business*, 8-23.
- Öztürk, İ. ve Acaravcı, A. (2013). "The Long-Run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey.", *Energy Economics*, 36, 262-267.
- Öztürk, S. ve Küsmez, T. (2019). "Elektrik Tüketimi, Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi (1995-2014)", *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(2), 316-327.
- Pao, H.T. ve Tsai, C.M. (2011). "Multivariate Granger Causality Between CO₂ Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence from a Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, And China) Countries.", *Energy*, 36(1), 685-693.

- Paramati, S.R., Mo, D. ve Gupta, R. (2017). "The Effects of Stock Market Growth and Renewable Energy Use on CO₂ Emissions: Evidence from G20 Countries", *Energy Economics*, 66, 360-371.
- Perkins, R. ve Neumayer, E. (2009). "Transnational Linkages and the Spillover of Environment-Efficiency into Developing Countries.", *Global Environmental Change*, 19(3),375-383.
- Purcel, A.A. (2020). "Economic Development and Environmental Quality Nexus in Developing and Transition Economies", Doctoral Dissertation, Université Clermont Auvergne, Romania.
- Ramanathan, R. (2005). "An Analysis of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Countries of The Middle East and North Africa." *Energy*, 30, 5, 2831-2842.
- Sati, B.Y. (2019). "The Nexus Between Electricity Consumption, Economic Growth and Environmental Pollution: Evidence From Nigeria.", Master's Thesis, Near East University, Nicosia.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Abbas, F. ve Anis, O. (2015). "Does Foreign Direct Investment Impede Environmental Quality In High-, Middle-, and Low-Income Countries?", *Energy Economics*, 51, 275-287.
- Shoaib, H.M., Rafique, M. Z., Nadeem, A.M. ve Huang, S. (2020). "Impact of Financial Development on CO₂ Emissions: A Comparative Analysis of Developing Countries (D8) and Developed Countries (G8)". *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11),12461-12475.
- Sullivan, J.L., Burnham, A. ve Wang, M. (2010). "Energy-Consumption and Carbon-Emission Analysis of Vehicle and Component Manufacturing", Argonne National Lab., Argonne, United States.
- Tamazian, A., Chousa, J.P. ve Vadlamannati, K.C. (2009). "Does Higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence from BRIC Countries.", *Energy Policy*, 37(1), 246-253.
- Turkenburg, W.C., ve Faaij, A. (2000). "Renewable energy Technologies" UNDP/UNDESA/WEC: Energy and the Challenge of Sustainability. World Energy Assessment. New York: UNDP, 219-272.
- Türköz, K. (2015). "Türkiye'de CO₂ Salınimleri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Yılmaz, G. (2015). "Doğrudan Yabancı Sermaye ve CO₂ Emisyonu İlişkisi: Türkiye Örneği (1974-2010)", Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- York, R. (2012). "Do Alternative Energy Sources Displace Fossil Fuels?". *Nature Climate Change*, 2(6), 441-443.
- Zafar, M.W., Zaidi, S.A. H., Sinha, A., Gedikli, A. ve Hou, F. (2019). "The Role of Stock Market and Banking Sector Development, and Renewable Energy Consumption in Carbon Emissions: Insights From G-7 and N-11 Countries.", *Resources Policy*, 62, 427-436.
- Zhao, B. ve Yang, W. (2020). "Does Financial Development Influence CO₂ Emissions? A Chinese Province-Level Study.", *Energy*, 200, 117523.
- Zhang, Y.J. (2011). "The Impact of Financial Development on Carbon Emissions: An Empirical Analysis in China.", *Energy Policy*, 39(4), 2197-2203.
- Zhou, Y., Fu, J., Kong, Y. ve Wu, R. (2018). "How Foreign Direct Investment Influences Carbon Emissions, Based on the Empirical Analysis of Chinese Urban Data.", *Sustainability*, 10(7), 2163.
- Zugravu, N., Millock, K. ve Duchene, G. (2008). "The Factors Behind CO₂ Emission Reduction in Transition Economies.", *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers*, 217.
- Wasti, S.K.A.ve Zaidi, S.W. (2020). "An Empirical Investigation Between CO₂ Emission, Energy Consumption, Trade Liberalization and Economic Growth: A Case of Kuwait.", *Journal of Building Engineering*, 28, 101104.
- Wooldridge, J.M. (2010). "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data", MIT Press, London.

AB Ülkelerindeki Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Firma Performansına Etkisi Üzerine Ampirik Bir Çalışma

Derya FINDIK¹

ÖZET

Amaç: Döngüsel ekonomi bileşenlerinin firma performansına etkisini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada döngüsel ekonomi ve firma performansı arasındaki ilişki 2020 yılında gerçekleştirilen Eurobarometer-SMEs, Start-ups, Scale-ups, and Entrepreneurship isimli çalışmanın veri seti kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada döngüsel ekonomi bileşenleri; geri dönüşüm/yeniden kullanım, enerji tüketiminin azaltılması, enerjinin tasarruf edilmesi ve sürdürülebilir ürün üretimi olarak ele alınmıştır. Çalışma tüm Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ve aday ülkelerde faaliyet gösteren Küçük ve Orta Ölçekli Firmalar (KOBİ'ler) için yürütülmüştür. Çalışmada bağımlı değişken olan cironun özelliğinden ötürü genelleştirilmiş sıralı logit yöntemi uygulanmıştır.

Bulgular: Çalışmanın sonuçlarına göre; döngüsel ekonominin firma performansı ile olan ilişkisi anlamlı ve pozitifdir. Döngüsel ekonomi bileşenleri ayrı ayrı ele alındığında firmalar tüketimi azaltmak veya kaynak tasarrufu sağlamak gibi önlemlerin yanı sıra sürdürülebilirlik özelliği taşıyan ürün üretimine de yönelmektedirler. Bu da geleceğe dair hem firma sahipleri hem de politika yapımcılar açısından sürdürülebilir ürün üretimi ve verimlilik ilişkisi ile ilgili önemli politika önerilerine işaret etmektedir.

Özgünlük: Döngüsel ekonomi ve firma performansı arasındaki ilişki hem AB ülkeleri hem de aday ülkelerin yer aldığı geniş kapsamlı ve güncel bir veri seti kullanılarak döngüsel ekonominin firma performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, KOBİ, Firma Performansı, AB.

JEL Kodları: O44, Q01, Q2, Q5.

An Empirical Study on the Effect of Circular Economy Practices on Firm Performance in EU Countries

ABSTRACT

Purpose: The main purpose of this study is to investigate the effect of circular economy applications on firm performance.

Method: In this study, the relationship between the circular economy and firm performance was examined using the dataset of the Eurobarometer-SMEs, Start-ups, Scale-ups, and Entrepreneurship study conducted in 2020. Circular economy components in the study includes recycling/reuse, reducing energy consumption, saving energy and producing sustainable products. The study was conducted for Small and Medium Sized Firms (SMEs) operating in all European Union (EU) countries. In the study, the generalized ordinal logit method was applied due to the characteristic of the dependent variable.

Results: According to the results of the study, the relationship between the circular economy and firm performance is significant and positive. In addition to the precautions such as reducing consumption and saving energy, firms have tendency to introduce sustainable products. This result indicates that policy actions should be designed targeting those actions by firm owners and policy makers.

Originality: The relationship between the circular economy and firm performance is examined using a comprehensive and up-to-date dataset including both EU countries and candidate countries, and the effect of the circular economy on firm performance.

Keywords: Circular Economy, SME, Firm Performance, EU.

JEL Codes: O44, Q01, Q2, Q5.

¹ Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara, Türkiye, dfindik@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3002-4391.

1. GİRİŞ

Günümüzde şehirler, küresel enerjinin neredeyse üçte ikisini talep ederken, sera gazı emisyonlarının %80'ini ve küresel atıkların %50'sini ise üretmektedir. Ürünlerin yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve kaynak kullanımını azaltmayı hedefleyen bir model olarak döngüsel ekonomi; ekonomik büyüme, istihdam ve çevre kalitesi için itici bir güçtür (OECD, 2021). Çevresel sorunlarla başa çıkmada temelde iki tür stratejiyi kullanır. Bunlardan ilki; kaynak kullanımını azaltma ve kaynak tasarrufu sağlamak, diğeri ise sürdürülebilir ürünler üretmektir.

Döngüsel ekonomi ile ilgili hazırlanan gerek politika metinleri gerekse akademik çalışmalar incelendiğinde konunun son yıllarda ilgi odağı olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamdaki ilk kapsamlı çalışma 2015 yılında AB komisyonu tarafından hazırlanan Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'dır (TÜSİAD, 2021). Bu plan çerçevesinde odaklanılan temel alt başlıklar; küresel rekabetin artırılması, sürdürülebilir ekonomik büyümenin desteklenmesi ve bu yeni ekonomi modelinin yeni iş alanlarını mümkün kılmasıdır. İlgili plan izleyen yıllarda iklim temelli kaynak problemlerinin de ortaya çıkmasıyla güncellenerek Avrupa Yeşil Mutakabati'na uyumlu hale getirilmiştir. Bu çerçevede, bir yandan ürünlerin yaşam döngüsü incelenip üretim ve tüketimde alınacak önlemlerle çevrenin korunması öte yandan ekonomik rekabet gücünün artırılması hedeflenmiştir. Temel vurgu; mevcut kaynakların muhafaza edilerek döngüsel ekonomiyi temsil eden yeni tasarım ve üretim biçimlerine odaklanmaktır.

Çevre ve ekonomik rekabet boyutunun bir arada düşünüldüğü bu yeni ekonomi modelinde akademik çalışmalar da döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelmiş ve bu uygulamaların çevresel inovasyon faaliyetleri gibi başka bileşenlerle olan ilişkisine odaklanmıştır (Demirel ve Danışman, 2019; Bağ, 2022). Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda ise Endüstri 4.0 bileşenleri ve döngüsel ekonomi arasındaki ilişki incelenmiştir (Del Giudice ve diğerleri, 2020). Kavramın ekonomik büyüme ile olan ilişkisini teorik bir model ortaya koyarak inceleyen çalışmalar da mevcuttur (George ve diğerleri, 2015). Horbach (2020) çalışmasında döngüsel ekonomi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki tek ülke özelinde ele almıştır. Ekonomik büyümenin yanısıra firma düzeyinde yürütülen döngüsel ekonomi uygulamalarının verimlilik üzerindeki etkisi de son yıllarda araştırmacılar tarafından ele alınan bir konu haline gelmiştir. Çin ekonomisinde bir süredir gündemde olan karbon verimliliğini artırma hedefine yönelik çeşitli döngüsel ekonomi faaliyetleri yer almaktadır. Buna göre Cui ve Zhang (2022)'de döngüsel ekonominin karbon azaltma etkisi için bir endeks değerlendirme sistemi oluşturularak döngüsel ekonominin karbon verimliliği üzerindeki etkisi, kaynak verimliliği ve ekonomik faydalar boyutuyla incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, döngüsel ekonominin geliştirilmesine yönelik faaliyetler karbon verimliliğini olumlu etkilemekte ve bu etki zaman içerisinde artış eğilimi göstermektedir. Suyun dönüşümü indeksi ve emek verimliliği arasındaki ilişkinin incelendiği bir diğer çalışmada ise, tesiste başlatılan döngüsel ekonomi pratiklerinin daha uygun bir çalışma ortamı yaratarak emek verimliliğini ve dolayısıyla tesis verimliliğini artırdığı ortaya çıkmıştır (Sartal ve diğerleri, 2020). Bu uygulamalar su kullanımını yaklaşık %45, emek verimliliğini ise %20 düzeyinde arttırmıştır.

Bu çalışmada ise AB ülkelerinin yanı sıra aday ülkelerin de yer aldığı kapsamlı bir veri seti yardımıyla döngüsel ekonomi uygulamaları ve verimlilik arasındaki ilişki incelenmiştir. Döngüsel ekonomi uygulamaları temel olarak tüketimi azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak, kullanılan malzemeleri geri dönüştürmek ve sürdürülebilir ürün üretmek biçiminde ele alınmıştır. Çalışmanın verimlilik boyutunda ise firmanın cirosu kullanılmıştır. Çalışmanın temel katkılarından biri döngüsel ekonominin tüketimi azaltmak ve kaynak tasarrufu sağlamak gibi başlangıç düzeyindeki uygulamalardan sürdürülebilir ürün üretimi şeklindeki ileri düzeydeki uygulamalarının da bu çalışmada ele alınmış olmasıdır.

Buna ek olarak, döngüsel ekonomi ve ekonomik performans arasındaki ilişkinin ülkelerin sahip oldukları teknoloji düzeylerinin de kontrol edildiği bir çalışma olmasıdır. Son olarak, döngüsel ekonominin alt bileşenlerinin de ayrı ayrı modele dahil edilmesi de oluşturulacak politika önerileri için önem taşımaktadır.

Çalışmadaki bölümler şu şekilde sıralanmaktadır: İkinci bölümde döngüsel ekonomi ve verimlilik üzerine yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde yöntem açıklanmıştır. Beşinci bölümde tahmin sonuçlarına yer verilmiştir. Son bölümde ise ilgili politika önerilerine değinilmiştir.

2. DÖNGÜSEL EKONOMİ VE VERİMLİLİK İLİŞKİSİ ÜZERİNE YAZIN TARAMASI

Döngüsel ekonomiye ilişkin yapılan ilk çalışmalardan Stahel ve Reday (1976), döngüsel ekonominin belirli özelliklerini ortaya koymuştur. Buna göre; atık önleme, bölgesel istihdamın artırılması, kaynak verimliliği ve sanayi ekonomisinin materyal yükünün azaltılması döngüsel ekonomi kapsamına giren başlıca konulardır. Döngüsel ekonomi teriminin, ilk kez kullanıldığı bir başka çalışmada Pearce ve Turner (1990)

ise kavramı tanımlarken “her şey diğer her şeyin girdisidir” ilkesinden yola çıkarak geleneksel doğrusal ekonomik sisteme eleştirel bir bakış geliştirmiştir (Rizos ve diğerleri, 2016).

Bu farklı katkılara dayanarak, Geissdorfer (2017) döngüsel ekonomiyi; uzun ömürlü tasarım, bakım, onarım, yeniden kullanım, yeniden üretim, yenileme ve geri dönüşüm aşamalarından oluşan bir sistem olarak kurgulamıştır. Benzer şekilde Döngüsel Ekonomi Rehberi (2020) de döngüsel ekonomi; ham madde, tasarım ve tedarik olarak üç aşamada tanımlanmıştır. Buna göre; tedarik aşamasında yeniden dönüştürülebilir girdilerin seçilmesi, yeni kaynak kullanılmaktansa var olan ürünlerin ekonomik ömrünün uzatılması, ürün kullanıcıları aralarında iş birliği mekanizmalarını geliştirerek yetersiz kullanımın olduğu durumlarda ürünün diğer kullanıcılarla paylaşılması, ürünün birden fazla kullanıcı tarafından kiralama yoluyla kullanılması ve atıklardan ikincil maddelerin üretilmesi öngörülmüştür.

Döngüsel ekonomik sistemi tanımlamak için kavramın alt bileşenleri olan *Recycle*, *Reuse* ve *Reduce* sözcükleri üzerinde durulmaktadır ve bu bileşenler 3R olarak kısaltılmıştır (Liu ve diğerleri, 2017). *Recycle* geri dönüşüm faaliyetlerini içermektedir (Yang ve diğerleri, 2010). Bir başka deyişle atıkların kullanımı için geri dönüştürülmesi ya da atık geri kazanımının işlevsel hale getirilmesini ifade eder. *Reuse* bileşeni ise atıkların tamir edilmesi, yenilenmesi veya yeniden üretilmesi yoluyla yeniden kullanımının sağlanmasını işaret eder. *Reduce* terimi ürünlerin gerek üretim gerekse tüketim süreçlerinde meydana gelen atıkların azaltılması faaliyetlerini kapsamaktadır.

Döngüsel ekonomi göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi birçok araştırmacı tarafından ele alınmış ve döngüsel ekonominin ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Binswanger, 2009; Browne ve diğerleri, 2009; Busu ve diğerleri, 2016; Geissdorfer ve diğerleri, 2017). Diğer bazı çalışmalarda ise döngüsel malzeme kullanım oranı ve kaynak verimliliğinin ekonomik büyüme ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Cai ve Fan, 2019; Hart ve Milstein, 1999, Moriguchi, 2007).

Döngüsel ekonomiyi çevresel fayda yaratan yenilikler bağlamında ele alan diğer çalışmalarda bu yeniliklerin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Grossman ve Krueger, 1995; Brock ve Scott, 2005; Lyanikov ve diğerleri, 2014). Ek olarak, bazı çalışmalarda yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyüme üzerinde güçlü bir etkisi olduğu bulunmuştur (Su ve diğerleri, 2013; Gopal ve diğerleri, 2013; Cappa ve diğerleri, 2016). Diğer bazı çalışmalarda ise çevresel fayda yaratan ürünlerin, bu tür etkileri olmayan ürünlere göre ekonomik büyüme üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Cotae, 2015; Ghisellini ve diğerleri, 2016; Clodnitchi ve Busu 2017). Ayrıca, Geng Yong ve diğerleri (2012) ve George ve diğerleri (2015), kaynak üretkenliğinin ve geri dönüşüm oranının, ekonomik büyüme üzerinde doğrudan ve önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Avrupa Birliği ölçeğinde döngüsel ekonomi uygulamalarının incelendiği bir başka çalışmada döngüsel ekonomi modeli; kaynak verimliliği, çevresel korumada istihdam edilen personel, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kullanımı bileşenleri kullanılarak tahmin edilmiştir (Busu, 2019). 2008-2017 dönemi için yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre döngüsel ekonominin en önemli göstergesi; materyal kullanımı, bir başka deyişle kaynakların ne ölçüde verimli kullanıldığıdır. Buna göre, AB'ye üye ülkeler arasında kaynak verimliliği açısından en önde olan ülkeler; Hollanda, Lüksemburg, İtalya, İspanya ve Danimarka'dır. Döngüsel ekonominin bir diğer belirleyicisi ise çevresel ürünlerin üretiminde istihdam edilen iş gücüdür (Lundvall, 1996). Bu konuda önde gelen ülkeler; İsveç, Danimarka ve Finlandiya'dır. Bir başka döngüsel ekonomi bileşeni olan atık yönetiminde ise İsveç, Macaristan ve Slovakya ilk sıralardadır.

Döngüsel ekonomide bu sayılan bileşenlerin yanı sıra çevresel fayda sağlayan ürünlere odaklanan firmaların varlığı da oldukça önemlidir. Bu konuda ise Avusturya, Portekiz ve Litvanya göze çarpmaktadır. Son olarak, enerji tüketim sepeti içerisinde yeşil enerjiyi tercih eden ülkeler ise İsveç, Letonya ve Danimarka'dır. Moric ve diğerleri (2020), Busu (2019) çalışmasını 28 AB ülkesi için güncelleyerek döngüsel ekonomiye geçişin firma performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. İlgili çalışmada döngüsel ekonomiye geçiş farklı fazlar halinde sınıflandırılmıştır. Buna göre; benimseyiciler, potansiyel benimseyiciler, döngüsel ekonomiye geçişi planlayanlar ve benimsemeyenler olarak 4 grup bulunmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre; döngüsel ekonomiyi benimseyenlerin verimliliği, benimsemeyi planlayanlardan ve doğal olarak benimsemeyenlerden yüksektir. Bununla birlikte döngüsel ekonomiye geçişi planlayanların verimliliği benimsemeyenlerden yüksek değildir.

Döngüsel ekonomi kavramının dünya ölçeğindeki uygulamalarından bir diğeri de Almanya'ya aittir. Almanya'nın etkili bir atık yönetimi politikası geliştirmesini tetikleyen temel unsur; 1980'lerde atıkların depolandığı çöp alanlarının yetmemesi üzerine sıkıntı yaşanmaya başlanmasıdır (BMU, 2018). Lieder ve Rashid (2016) ise çevre, kaynaklar ve ekonomik faydalar gibi döngüsel ekonominin 3 ana ayağına vurgu yapmaktadır. Başarıya ulaşmak için tüm paydaşların ortak desteğinin gerekli olduğunun da altı çizilmektedir. Bassi ve Dias (2019) çalışmalarında, AB ülkelerindeki KOBİ'lerin döngüsel ekonomi

uygulamalarını araştırmış ve 5 adet dögüsel ekonomi önlemi üzerinde durmuştur. Bu önlemler; suyun kullanım şeklini yeniden planlamak/kullanımı en aza indirmek/ yeniden kullanımı en üst düzeye çıkarmak, yenilenebilir enerji kullanmak, enerji kullanımını en aza indirmek için atıkları geri dönüştürerek/yeniden kullanarak veya başka bir firmaya satarak atıkları en aza indirmek ve son olarak malzeme kullanımını veya geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını en aza indirecek ürün ve hizmetleri yeniden tasarlamak olarak ele alınmıştır. Sonuçlar; AB ülkelerindeki dögüsel ekonomi önlemlerinin oldukça heterojen olduğunu göstermektedir. Ülkeler arasındaki bu değişkenliğin açıklanmasında firma büyüklüğü ve 2015 yılında Ar-Ge'ye yatırım yapan firmaların ciro yüzdesi önemlidir. Ülkeler arası değişkenlik dögüsel ekonomi ölçümlerinin toplam değişkenliğinin %6,1–15,1'ini oluşturmaktadır. Çalışmaya katılan firmaların dögüsel ekonomi ölçümlerinin yapıldığı hedef kitlenin KOBİ'ler olduğu göz önüne alındığında, AB düzeyindeki çerçeve politikalarının çoğunun gelişmiş planlama ve uygulamaya ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır.

Dögüsel ekonomi ve verimlilik ilişkisini inceleyen bazı çalışmalarda ise bu ikili arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı gözlemlenmiştir. Demirel ve Danışman (2019)'a göre, dögüsel ekonomi kavramı tüketiciler arasında artan bir popülerlik kazandıkça gerek üreticiler gerekse KOBİ'ler dögüsel ekonomiye daha hızlı bir şekilde entegre olmak için faaliyetlerini yeniden organize etmeye başlamışlardır. İlgili çalışmada, dögüsel eko-yenilikler ve dögüsel ekonomi faaliyetleri için gerekli mevcut dış finansmanın rolü 28 Avrupa ülkesinde 5.100 KOBİ'den oluşan veri seti kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları bu alanda önemli bir yatırım eşiğinin olduğunu ortaya koymaktadır. KOBİ'lerin dögüsel ekonomiye yaptıkları yatırımdan faydalanabilmeleri için dögüsel eko-yeniliklere odaklanması gerekmektedir. Ayrıca, dögüsel eko-yeniliklerin çoğu, KOBİ'lerin büyüme oranlarını artırmakta başarısız olmaktadır. Ek olarak, geleneksel borç biçimleri ve dögüsel ekonomi faaliyetlerine yönelik hibe finansmanının büyüme üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı veya olumsuz bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Kirchher ve diğerleri (2017) çalışmalarında ise dögüsel ekonomi tanımlarını inceleyerek bu tanımlara eleştirel bir bakış açısı geliştirmiştir. Dögüsel ekonominin temel amacı; ekonomik refah olarak kabul edilmekte, çevre kalitesi, sosyal eşitlik ve gelecek nesiller üzerindeki etkisinden ise neredeyse hiç bahsedilmemektedir. Üstelik ne iş modelleri ne de tüketiciler dögüsel ekonominin kolaylaştırıcıları olarak anılmamaktadır. Dögüsel ekonominin küçük ve orta ölçekli firmalarda nasıl yürütüldüğüne ilişkin yapılmış kapsamlı bir başka çalışmada ise Rizos ve diğerleri (2015), bu politikaların yürütülmesinde sosyalleşmenin faydalarının KOBİ'ler tarafından farkına varıldığını tespit etmiştir. Malzeme maliyetlerinden tasarruf etmek, rekabet ortamı yaratmak, kaynak verimliliğini artırmak ve yeni pazarlara erişim dögüsel ekonomiye geçişle birlikte daha da önemli hale gelmektedir. Bununla birlikte, çeşitli engeller ve zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Küçük işletmelerin dögüsel ekonomiye geçişlerinde finansal kaynak eksikliği ve teknik beceri eksikliği söz konusudur. Henry ve diğerleri (2019) ise dögüsel ekonomiyle ilgili girişimcileri ve kullanılan 128 dögüsel iş modelini incelemiştir. Buna göre; dögüsel ekonomi kavramı, politika yapıcılar, akademisyenler ve sanayi profesyonelleri arasında sürdürülebilirliğe yönelik hızlandırılmış bir yol olarak müjdelenmektedir. Bununla birlikte, dögüsel iş araştırmalarında kullanılan modeller, esas olarak yerleşik şirketler tarafından benimsenen dögüsel yaklaşımlara odaklanırken, yeni kurulan firmaların (dögüsel girişimciler) katkıları büyük ölçüde göz ardı edilmiştir.

İlgili çalışmada dögüsel girişimcilerin benimsediği iş modeli, stratejileri ve yenilikleri, Avrupa'daki başlıca dögüsel ekonomi ekosistemleri Hollanda'daki Randstad bölgesi, Berlin ve Londra üzerinden incelenmiştir. Bu verilere dayanarak, beş dögüsel ekonomi arketipini ortaya koyan yeni bir dögüsel girişim tipolojisi önerilmiştir. Bunlar; tasarım tabanlı, atık tabanlı, platform tabanlı, hizmet tabanlı ve doğa tabanlı girişimcilerdir. Busu ve Trica (2019) ise çalışmalarında, çevresel göstergelere dayalı ekonomi modeli ve bunun Avrupa Birliği (AB) ekonomisine etkisini incelemişlerdir. Açık sistemlerde atıklar geri dönüşüm yoluyla malzeme ve nesnelere dönüştürülür; dolayısıyla doğrusal bir ekonomi, dögüsel bir ekonomiye dönüştürülür. Çalışmanın sonuçlarına göre dögüsel ekonominin AB genelinde sürdürülebilir ekonomik büyüme yarattığının altı çizilmiştir.

Taranic ve diğerleri (2016) ise dögüsel ekonomi ile işbirlikçi ekonomi arasındaki bağlantıları incelemiştir. Bu bağlamda, Avrupa Komisyonu'nun Dögüsel Ekonomi Eylem Planı için; i) Plastik Direktifi, ii) Araştırma ve Yenilik Stratejisi ve atıktan enerjiye dönüşüm çerçevesine ilişkin Enerji Birliği Girişimleri, iii) 2016 yılı sonrasında dögüsel ekonomiye ilişkin çok sayıda yasal girişim ele alınmıştır. Tüketicileri hedefleyen fiyat tabanlı mekanizmalar dögüsel ekonomi sertifikalı Katma Değer Vergisi (KDV) indirimi ürünlerin ve hizmetlerin hayata geçirilmesini hedeflemektedir. Bunun yanı sıra dögüsel ekonominin finansmanında dikkat edilecek hususlar ise kamu finansmanına daha iyi erişim sağlanması, dögüsel ekonomiyi özendirici uyum fonlarının geliştirilmesi ve KOBİ'lere özgü politika önlemlerinin geliştirilmesi olarak özetlenmektedir. İşbirlikçi ekonomi çerçevesine dayalı olan dögüsel ekonomide; çevresel faydalar, azaltılmış doğal kaynak ihtiyaçlarından kaynaklanan maliyet tasarrufları ve yeni pazarların yaratılmasından elde edilen ek ekonomik faydaların güçlendirilmesi hedeflenmektedir.

Zamfir ve diğerleri (2017) ise bir yandan atık azaltmayı hedefleyip ürün ve kaynakların değerini korurken, öte yandan firma düzeyinde döngüsel ekonomi uygulamalarının üstlenilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışmada girişimciler için karar modelleri incelenmiştir ve Avrupa KOBİ'lerine odaklanarak döngüsel ekonomi uygulamalarının benimsenmesinde karar ağacı modelleri, Flash Eurobarometer 441'deki verilere uygulanmıştır. Sonuç olarak, döngüsel ekonomiye yönelik geliştirilen model her ne olursa olsun mutlaka KOBİ grupları için ekonomi programları ve müdahale stratejilerinin yanı sıra sürdürülebilir girişimcilik kararlarını içermesi gerekmektedir. Lüdeke-Freund ve diğerleri (2018) ise döngüsel ekonominin, şirketlerin tedarik zincirlerini ve işlerini yeniden düşünmelerini sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca şirketlerin bu süreçte nasıl değer yarattığını yeniden tanımlamak için döngüsel ekonomi iş modelleri (CEBM'ler) geliştirmesi gerekmektedir. Bu bağlamda döngüsel ekonomi iş modeli tasarlanırken kaynak akışlarının kapatılması: onarım ve bakım; yeniden kullanım ve yeniden dağıtım, yenileme ve yeniden üretim; geri dönüşüm, basamaklama ve yeniden kullanım ve organik hammadde kullanımı gibi öğelerin düşünülmesi gerekir. Prieto-Sandoval ve diğerleri (2018) ise döngüsel ekonomiye ilişkin teorik çerçeve geliştirmek için Delphi metodunu kullanmış ve döngüsel ekonomi uygulamasının temel unsurlarını i) firmalarda döngüsel ekonomi eylem alanları şemasının hazırlanması, (ii) endüstriyel simbiyoz ve (iii) çevresel sertifikalar çerçevesinde belirlemiştir. Ek olarak Delphi toplantıları sonucunda döngüsel ekonomi için yeni malzeme kullanmak yerine var olanların iyileştirilmesi önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır.

Bir başka ilginç bulgu, tüm katılımcıların "Sürdürülebilir ürün ve hizmetlerin tasarımı çevresel yenilik, yaşam döngüsü ve gelecekteki iyileşmeyi kolaylaştırır." ifadesine yüksek puan vermeleri olmuştur. Bu konudaki fikir birliği eko-yeniliğin döngüsel ekonomideki önemini ortaya koymuştur. Çevresel sertifikaların döngüsel ekonomideki rolü içinse uzman görüşleri farklılaşmaktadır. Bazısı, şirketin döngüsellik ölçmede sertifikaların önemine vurgu yaparken diğerleri sayılan unsurlar kadar önemli olmadığını belirtmiştir. Korhonen ve diğerleri (2018) ise döngüsel ekonominin AB ve çeşitli ulusal hükümetler tarafından teşvik edilen popüler bir kavram olduğunu ancak bu kavramın bilimsel ve araştırma içeriğinin yüzeysel olduğunu tespit etmiştir. Kavram, yarı bilimsel kavramlarla açıklanmaya çalışılan ayrı fikirlerin bir koleksiyonu gibi görünmektedir. Geissdorfer ve diğerleri (2017) ise döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik terimlerinin akademide giderek daha fazla ilgi gördüğünü ortaya koyarken, endüstri ve politika yapıcılar için, her iki kavram arasındaki benzerlikler ve farklılıkların belirsizliğini koruduğunu ifade etmiştir.

Rizos ve diğerleri (2016) başlangıcından bu yana baskın model olarak varlığını koruyan doğrusal ekonomiyi dönüştürmenin, bir başka deyişle Sanayi Devrimi'ni döngüsel hale getirmenin hiç de kolay olmadığını ifade ederken; böylesine köklü bir değişikliğin, mevcut üretim ve tüketim kalıplarımızı dönüştüreceğini ve bunun da ekonomi, çevre ve toplum üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağını belirtmiştir. Bu etkileri anlamak hem araştırmacılar hem de alanda geleceğin politikalarını tasarlamakla uğraşan politika yapıcılar için çok önemlidir. Sonuç olarak döngüsel ekonominin ekonomi üzerindeki dolaylı etkileri hakkında sınırlı bilgi (örn. değer zinciri üzerindeki etkiler veya değişiklikler tüketim harcama modellerinde) vardır. Ek olarak döngüsel ekonomiye geçişin sosyal etkilerini tespit etmek de oldukça önemlidir.

Bu çalışmada güncel ve kapsamlı bir veri seti kullanılarak döngüsel ekonomi uygulamaları ile verimlilik arasındaki ilişki incelenmiştir. Döngüsel ekonomi bu çalışmada birçok farklı boyutuyla ele alınmıştır. Bu boyutlar tüketimi azaltmak gibi başlangıç düzeyindeki uygulamalardan sürdürülebilir ürünler üretmek gibi proaktif aksiyonlara kadar çeşitlenmektedir. Ek olarak, bu aksiyonların etkileri hem döngüsel ekonomi uygulamalarından herhangi birini kullanıyor olmak şeklinde hem de her bir döngüsel ekonomi bileşeni düzeyinde ele alınmıştır. Bu da ne tür döngüsel ekonomi faaliyetlerine odaklanmak gerektiği noktasında mevcut yazına katkı sağlamaktadır.

3. VERİ

Bu çalışmada 2020 yılında gerçekleştirilen Eurobarometer-SMEs, Start-ups, Scale-ups and Entrepreneurship veri tabanından faydalanılmıştır. Bu veri tabanında firma performansına ilişkin bilgilere yer verildiği gibi firmaların çevresel yenilik de dahil yenilik türleri, Endüstri 4.0 teknolojilerine ilişkin bilgiler ve döngüsel ekonomiye dair sorular yer almaktadır. Bu bağlamda kapsamlı bir veri setidir. Döngüsel ekonomiye ilişkin; çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik göz önüne alındığında girişiminiz hangi aksiyonları almaktadır?" sorusu veri tabanında yer almaktadır. Toplam 15.976 gözlem bulunan veri setinde örneklemin %60'ı geri dönüşüm malzemeleri ve materyalleri yeniden kullandıklarını belirtmişlerdir. %50'si bir başka döngüsel ekonomi bileşeni olan doğal kaynakların kullanımının azaltılması konusunda aksiyon aldıklarını ifade etmiştir. Benzer şekilde örneklemin %50'si enerji tasarrufu konusunda önlem almaktadır. Katılımcı firmaların %32'si ise sürdürülebilir ürün ve hizmet geliştirmektedir. Firmanın çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik açısından aksiyon almasını önleyen engeller arasında ise tüketicilerin bu tür bir talebinin olmaması, bu konuda firmada yeterli bir farkındalık olmaması ve finansal açısından yetersizlik bulunmaktadır.

Tablo 1. Değişkenlerin tanımı

Değişken	Soru	Kodlama
Ciro	2019 yılında işletmenizin yıllık cirosu ne kadar oldu?	8 kategori (Bkz Tablo 2)
Döngüsel Ekonomi	Çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik açısından, varsa aşağıdaki eylemlerden hangisini işletmeniz aktif olarak almaktadır?	Malzemelerin geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması Doğal kaynakların tüketimini veya doğal kaynaklar üzerindeki etkisini azaltmak (örn.su veya sürdürülebilir kaynaklara geçiş) Enerji tasarrufu veya sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş Sürdürülebilir ürünler veya hizmetler geliştirmek
Yaş	İşletmeniz ilk olarak hangi yılda faaliyete başlamıştır?	Firma yaşının logaritması
Büyüklik	Firmanın büyüklüğünü belirtiniz.	Firmada çalışan sayısının logaritması
Teknoloji Düzeyi	İşletmeniz bugüne kadar aşağıdaki dijital teknolojilerden hangisini (varsa) benimsemiştir?	i.Yapay zeka, ör. tanımlayan makine öğrenimi veya teknolojileri nesnelere veya kişilere, vb. ii. Bulut bilişim, yani dosyaları veya verileri uzak bir yerde depolamak ve işlemek iii. İnternette barındırılan sunucular iv. Robotik, yani süreçleri otomatikleştirmek için kullanılan robotlar, örneğin inşaat veya tasarım, vb. v. Akıllı cihazlar, ör. akıllı sensörler, akıllı termostatlar vb. vi. Büyük veri analitiği, ör. veri madenciliği ve tahmine dayalı analiz vii. Yüksek hızlı altyapı viii. blok zinciri ix. Bunlardan hiçbiri
Ülkeler	Ülke isimlerini belirtiniz.	Kukla değişkenler (Fransa, Belçika, Hollanda, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Danimarka, İrlanda, Birleşik Krallık, Yunanistan, İspanya, Portekiz, Finlandiya, İsveç, Avusturya, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Macaristan, Letonya, Litvanya, Malta, Polonya, Slovakya, Slovenya, Bulgaristan Romanya, Türkiye, Hırvatistan, Makedonya, Sırbistan, Norveç, İzlanda, Japonya, ABD, Brezilya, Bosna-Hersek, Kosova, Kanada)

4. YÖNTEM

Bu çalışmada bağımlı değişken sıralı kategorilerden oluşan nicel süreksiz bir değişkendir. Birçok veri setinde sürekli değişken olarak karşımıza çıkan ve kimi yerde firma performansı kimi yerde ise verimlilik göstergesi olarak kullanılan satış gelirleri, ciro, kârlılık ya da devir hızı bu çalışmadaki veri setinde kategorik olarak belirlenmiştir. Uygun tahmin modelini belirlemek için öncelikle paralel doğrular varsayımı test edilmiştir. Paralel doğrular varsayımı olabilirlik oran testi sonuçları; $Ki - kare (35) = 4020.76$; $Olasılık > ki - kare = 0.0000$ şeklindedir. Anlamlı test sonuçları paralel doğrular varsayımını bozmaktadır. Gerek Wald ki-kare testi gerekse olabilirlik oran testi sonuçları çalışmada kullanılacak modelin Genelleştirilmiş Sıralı Logit modeli olduğunu göstermiştir. Tablo 2'de gösterildiği üzere en düşük kategori, yıllık devir oranı 100.000 € ve daha az olanlar, en yüksek kategori ise 50 milyondan daha fazla şeklindedir. Bağımlı değişken y_i sıralı kategorilere bölünmesiyle elde edilen ölçüm modeli Eşitlik 1 ve 2'de verilmiştir.

$$y_i = m \quad (1)$$

$$eğer \ v_{m-1} \leq y_i < v_m \quad m = 1 \dots J \quad (2)$$

Burada kesim noktaları v_1 'den v_{j-1} 'e kadar tahmin edilmektedir. Bu çalışmadaki kategoriler devreye girdiğinde model şu hale gelecektir. y_i 'nin alabileceği değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Bağımlı değişkenin alabileceği değerler

Kısaltma	Değer
C ₁	100.000 Euro veya daha az
C ₂	100.000'den fazla ve 500.000 Euro'ya kadar
C ₃	500.000'den fazla ve 1 milyona kadar
C ₄	1 milyondan fazla ve 2 milyona kadar
C ₅	2 milyondan fazla ve 5 milyona kadar
C ₆	5 milyondan fazla ve 1 milyona kadar
C ₇	10 milyondan fazla ve 50 milyona kadar
C ₈	50 milyon Euro'dan fazla

Buna göre y_i 'nin 1 değerini aldığı durum firma devir oranlarının 100.000 € ve daha az olanları temsil ederken, 8 ise bu oranların 50 milyon € ve üzeri olduğu duruma işaret eder. Tablo 3 çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin betimleyici istatistikleri sunmaktadır. Değişkenlerin çoklu doğrusal bağlantılarına ilişkin yapılan VIF testi sonuçları herhangi bir bağlantı olmadığını göstermektedir. Ayrıca bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki çapraz tablolar incelenerek her bir hücrede en az 5 gözlem değeri bulunmaktadır.

Tablo 3. Değişkenlere ilişkin betimleyici istatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Mod/Ortalama	Standard Sapma	Minimum	Maksimum
Teknoloji Düzeyi	15,976	1	-----	0	7
Firmanın büyüklüğü	15,976	2,454	1,42	0	11,27
Firmanın yaşı	15,976	3,081	,697	1,099	6,931
Döngüsel Ekonomi	15,976	1	-----	0	4

Not: Kategorik değişkenler olan Teknoloji Düzeyi ve Döngüsel Ekonomi için mod değerleri kullanılmıştır.

5. TAHMİN SONUÇLARI

Genelleştirilmiş sıralı logit yöntemiyle tahmin edilen modelin marjinal etki sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır. Buna göre döngüsel ekonomi bileşenlerinin kullanımı firma performansının C₁, C₃ ve C₄ kategorileri için pozitif ve anlamlı bir etkiyi ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra firmaların büyüklüğü, yaşı ve teknoloji kullanım düzeylerinin de tahmin edildiği modelde bu değişkenlerin de bağımlı değişken üzerindeki etkileri ilk iki kategori hariç diğerlerinde pozitif ve anlamlıdır. Ayrıca ülkeler için kukla değişkenleri de kullanılarak kontrol edilmiştir.

Firma performansı için alternatif performans göstergeleri (cirodaki değişim ve gelecekteki ciroda değişim) de tahmin modeline dahil edilerek döngüsel ekonomi uygulamalarının etkileri Tablo 5'te gösterilmiştir. Buna göre döngüsel ekonomi uygulamaları ilk kategori (C₁) hariç cirodaki büyümeye de pozitif etki etmektedir. Tablo 6'da gösterildiği gibi geleceğe dönük büyüme öngörülerinde de benzer şekilde C₃ ve C₄ kategorileri için döngüsel ekonomi pozitif etkiye sahiptir. Kwarteng ve diğerleri (2021) ise çalışmalarında, üretim, dağıtım ve tüketim süreçlerinde kullanılan kaynakların azaltılması, yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması ve restorasyonu gibi döngüsel ekonomi politikalarının uygulanmasının finansal verimliliğin artmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca, organizasyon kültürü, döngüsel ekonomi ve finansal performans arasındaki pozitif ilişkiyi güçlendirmektedir. Horbach ve Rammer (2020) çalışmasının sonuçlarına göre ise döngüsel ekonomi yenilikleri ciro ve istihdam artışı ile pozitif bağlantılıdır. İşgücü verimliliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki bulunmamakla birlikte, döngüsel ekonomi inovasyonlarına sahip firmalar bu inovasyonları gerçekleştirmeyenlere göre daha iyi bir finansal performans göstermektedir. Farklı olarak, Demirel ve Danışman ise (2019), her ne kadar geleneksel borç ve hibe finansmanı biçimlerinin döngüsel ekonomi faaliyetlerine odaklanan firmaların büyümesi üzerinde hiçbir veya olumsuz bir etkisi olmadığını bulurken, KOBİ'lerin öz sermaye finansmanının (yani melek ve risk sermayesi yatırımları) büyümeleri için olumlu etkileri bulunmaktadır.

Verimliliğe olan etkisi pozitif olan bir diğer değişken, içeriğinde endüstri 4.0 uygulamalarının olduğu teknoloji kullanımı değişkenidir. Bu sonuç da literatürdeki çeşitli çalışmalarla benzer doğrultudadır. Örneğin; Kristoffersen ve diğerleri (2021) çalışmasında döngüsel ekonomi ve verimlilik arasındaki ilişki büyük veri becerilerinin aracılık ettiği aracı (*mediation*) analizi ile tahmin edilmiştir. Sonuçlara göre, güçlü iş analitiği becerilerine sahip bir firma iyi bir kaynak düzenleme becerisine ve döngüsel ekonomi becerilerine sahiptir. Bu da firma performansını artırır. Benzer şekilde Rehman Khan ve diğerleri (2021)'e göre; şeffaflık,

görünürlük, ilişki yönetimi, akıllı sözleşme ve blok zinciri teknolojisi döngüsel ekonomi uygulamalarını olumlu etkilemektedir. Bu uygulamalar da firma performansını artırmaktadır. Dahası, Yu ve diğerleri (2021)'e göre ise endüstri 4.0 teknolojileri döngüsel ekonomi uygulamalarının hayata geçirilmesinde ve tedarikinde olumlu bir rol oynamaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılarak yürütülen döngüsel ekonomi uygulamaları, operasyonel ve ekonomik performansla pozitif ilişkiye sahiptir. Ek olarak, Del Giudice ve diğerleri (2020)' ye göre büyük veriye dayalı bir tedarik zinciri, döngüsel ekonomiye dayalı insan kaynakları yönetimi ile firma performansı arasındaki ilişkinin moderatörü olarak işlev görmektedir. Yine, Bag ve diğerleri (2022)'ye göre büyük veriye dayalı tedarik zincirleri, döngüsel ekonomi kapasitesi ile KOBİ'lerin performansı arasında düzenleyici bir etkiye sahiptir. Ayrıca, firma büyüdükçe yeni alanlara yapılacak Ar-Ge yatırımlarının artacağı varsayımından hareketle büyüklük değişkenini de eklediğimiz modelimizde büyüklüğün ciro üzerindeki etkisinin pozitif olduğu gözlemlenmiştir. Yaş değişkenine ise firmanın tecrübesini ölçen bir değişken olarak modelde yer verilmiştir. Bu değişkenin etkisi mevcut yılın ciro değişkeni üzerinde pozitif fakat cirodaki değişim ve gelecekteki değişim üzerindeki etkisi bazı kategoriler için negatiftir.

Tablo 4. Genelleştirilmiş sıralı logit analizi marjinal etki sonuçları: Ciro

Değişkenler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Döngüsel Ekonomi	-0,0156*** (0,00174)	0,000895 (0,00206)	0,00486*** (0,00165)	0,00292** (0,00142)	0,00206 (0,00139)	0,000632 (0,000836)	0,00394*** (0,00134)	0,000222 (0,000487)
Büyüklük	-0,0912*** (0,00316)	-0,0737*** (0,00297)	0,00987*** (0,00219)	0,0236*** (0,00160)	0,0308*** (0,00129)	0,0239*** (0,00101)	0,0443*** (0,00126)	0,0122*** (0,000680)
Yaş	-0,0650*** (0,00406)	-0,0235*** (0,00479)	0,00549 (0,00366)	0,0103*** (0,00323)	0,0109*** (0,00308)	0,0107*** (0,00172)	0,0294*** (0,00207)	0,00888*** (0,00122)
Teknoloji Kullanımı	-0,0250*** (0,00237)	-0,0133*** (0,00264)	-0,00110 (0,00200)	0,00573*** (0,00170)	0,0114*** (0,00171)	0,00827*** (0,00129)	0,0142*** (0,00166)	0,00500*** (0,000792)
Ülke Sabit Etkileri	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976

Not: Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. C₁: 100 bin Euro veya daha az; C₂: 100 bin ile 500 bin Euro arası; C₃: 500 bin ile 1 milyon Euro arası; C₄: 1 milyon ile 2 milyon arası; C₅: 2 milyon ile 5 milyon; C₆: 5 milyon ile 10 milyon arası; C₇: 10 milyon ile 50 milyon arası; C₈: 50 milyonun üzeri. Model spesifikasyon hatası için Linktest'e göre hatsq=-0,007, p=0,469 *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tablo 5. Genelleştirilmiş sıralı logit analizi marjinal etki sonuçları: Cirodaki değişim (2016 yılından bu yana)

Değişkenler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Döngüsel Ekonomi	-0,0102*** (0,00187)	-0,00944*** (0,00233)	0,0111*** (0,00237)	0,0111*** (0,00202)
Büyüklük	-0,0193*** (0,00229)	-0,0271*** (0,00267)	0,0244*** (0,00280)	0,0151*** (0,00228)
Yaş	0,0464*** (0,00443)	0,0735*** (0,00531)	0,0256*** (0,00523)	-0,120*** (0,00445)
Teknoloji Kullanımı	-0,0150*** (0,00236)	-0,0206*** (0,00277)	0,0113*** (0,00279)	0,0271*** (0,00233)
Ülke Sabit Etkileri	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976

Not: Cirodaki değişim: 2016'dan bu yana, işletmeniz aşağıdakiler açısından ne kadar büyüdü? C₁: Azaldı C₂: Değişmedi C₃: %30'dan az büyüdü C₄: %30 kadar büyüdü. ** Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tablo 6. Genelleştirilmiş sıralı logit analizi marjinal etki sonuçları: Ciroda gelecekteki değişim (%)

Değişkenler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Döngüsel Ekonomi	-0,0179*** (0,00221)	0,00218 (0,00245)	0,0171*** (0,00228)	0,00320** (0,00147)
Büyükölçü	-0,0277*** (0,00263)	0,0268*** (0,00293)	0,00392 (0,00266)	-0,00545*** (0,00174)
Yaş	0,0759*** (0,00501)	0,0600*** (0,00532)	-0,0613*** (0,00500)	-0,0700*** (0,00314)
Teknoloji Kullanımı	-0,0388*** (0,00284)	-0,00169 (0,00304)	0,0259*** (0,00272)	0,0195*** (0,00193)
Ülke Sabit Etkileri	VAR	VAR	VAR	VAR
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976

Not: C₁: Büyüme planlamıyor, C₂: Yılda %10'dan az büyüme, C₃: %10 ile %20 arasında büyüme, C₄: %20'den fazla büyüme. Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Ek olarak döngüsel ekonomi bileşenlerinden hangisinin firma performansı üzerinde daha etkili olduğunu ortaya çıkarmak açısından Tablo 4'teki performans değişkeni bağımlı değişken olarak kullanılarak model yeniden tahmin edilmiştir (Bkz. Tablo A1-A4). Buna göre, geri dönüşüm/yeniden kullanma değişkeninin etkisi C₃, C₇ ve C₈ kategorileri için pozitif ve anlamlıdır. Bununla birlikte aynı durum tüketimin azaltılmasında gözlemlenmemektedir. Söz konusu enerji tasarrufu olduğunda ise pozitif ve anlamlı olan etki ilk kategori olan C₁ ve C₈'de ortaya çıkmaktadır. Ciro 10 milyon ile 50 milyon arası olan firmaların performansı üzerinde pozitif etkiye sahip bir diğer değişken ise sürdürülebilir ürün üretimidir.

Sürdürülebilir ürünler arasında LED ampulleri veya güneş panelleri gibi ürünler örnek verilebilir. Bu ürünlerin üretimi aynı zamanda yenilenebilir iş modellerinin de kullanılmasını gerektirir. Bir başka deyişle, tüm paydaşlara fayda sağlamak; çalışanların, dış paydaşların, tedarik zincirlerindeki aktörlerin ve sivil toplumun dahil edildiği bir sistemi gerektirir. Bu da işletmelerin sosyal sorumlulukları ekseninde ekonomik değer üretebilecekleri bir iş modelini zorunlu kılmaktadır. Bunun çeşitli uygulamaları örnekleri bulunmaktadır. Nike, sürdürülebilirliği inovasyon sürecine dâhil etmiştir. Özel bir iplik sistemi kullanarak hem emek maliyetlerini düşürmüş hem de büyük kar marjları üretmiştir. Bu yeni sistemle atıklarda %80 oranında azalma sağlanmıştır. Ek olarak, 3M, entegre sürdürülebilirliği hedefleyen bir program başlatarak atıkları proaktif olarak en aza indirmeyi ve ürün reformülasyonunu, ekipmanın yeniden tasarımını, süreç modifikasyonunu ve atık geri dönüşümünü sağlayarak kirliliği önlemeyi amaçlamaktadır. 3M'in Novec yangın söndürme sıvıları, hidroflorokarbonlara alternatif olarak üretilmiştir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılması kaynak kısıtlılığı tehdidi altında olan dünya ekonomisi için en önemli konulardan biridir. Bu noktada lineer ekonomi modeline alternatif bir yaklaşım olarak gelişen döngüsel ekonomi modelinde kaynakların yeniden kullanıma sunulması, kaynak tüketiminin azaltılması, kaynak tasarrufunun sağlanması ve sürdürülebilir ürün üretimi gibi uygulamalarla kaynak kriziyle baş edilmektedir. Bu uygulamalar son yıllarda gerek ülke politikalarında gerekse firma ölçeğinde artan bir hızla üretimdeki yerlerini almaktadır.

Çalışmanın sonuçlarına göre döngüsel ekonomi pratikleriyle firmanın cirou arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuçlar, emek verimliliği ile döngüsel ekonomi uygulamaları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarla paralellik göstermektedir (Busu, 2019; Cui ve Zhang, 2022; Moric ve diğerleri, 2020; Sartal ve diğerleri, 2020). Döngüsel ekonomi bileşenlerinin her bir alt kategorisi ile ciro arasındaki ilişki incelendiğinde; geri dönüşüm/yeniden kullanım, enerji tasarrufu sağlayıcı faaliyetler ve sürdürülebilir ürün üretimi de ileri düzey ciro miktarlarıyla pozitif ilişkilidir. Bunun yanısıra, firma ölçeği, yaş ve teknoloji kullanımı benzer şekilde ciro ile pozitif ilişkilidir.

Çalışmanın sonuçları mikro düzeyde firmalar, makro düzeyde ise politika yapımcılar açısından alınması gereken aksiyonlara işaret etmektedir. Buna göre, firma düzeyinde incelendiğinde döngüsel ekonomiye dair üst yönetim tarafından eğitimlerin desteklenmesi ve firma içerisinde bu konuya özel bir çalışma ekibinin kurularak döngüsel ekonomiye ilişkin piyasadaki eğilimlerin izlenmesi gelecek projeksiyonlarının ortaya konulması açısından önemlidir. Dolayısıyla değişen çevre koşullarına uyumlu olarak firma içinde döngüsel ekonomiyi önceleyen bir kültür oluşturmak için bir dizi aksiyonun alınması kaçınılmazdır. Bu noktada makro

düzeyde yürütülen koordinasyon da bu iklimin oluşturulmasında belirleyici olacaktır. Özellikle döngüsel ekonomi konularında üniversite ve sanayi iş birliğinin etkili araçlarla teşvik edilmesi hem ulusal hem de uluslararası firmaların faaliyet gösterdiği bölgesel alandaki politika aktörlerinin sorumluluğudur. Elbette bunun öncesinde döngüsel ekonominin muhatabı olan ve içerisinde özel sektör, kamu ve kâr amacı gütmeyen tüm oluşumların yer aldığı bir döngüsel ekonomi stratejisinin hazırlanması gerekir. Bu bağlamda uluslararası düzeyde yürütülen başarılı ve başarısız döngüsel ekonomi uygulamalarının izlenmesi hatırı sayılır geribildirimler sağlayacaktır. Örneğin ülke ekonomisindeki payı açısından önemli bir sektörde faaliyet gösteren başarılı bir firmanın döngüsel ekonomi uygulamaları açısından rol model olarak seçilmesi aynı sektörde faaliyet gösteren firmalar açısından da motive edici olacaktır. Bu çalışmanın sonuçları açısından da önem arz eden sürdürülebilir ürün ve hizmetlerin diğerleri yerine üretimde tercih edilmesi önemli bir itici güç olacaktır. Döngüsel ekonomi uygulamaları açısından rol model uygulamaları sadece firma için değil bölgeler ve şehirler için de geçerlidir. Örneğin; Amsterdam'da bulunan Schiphol Havaalanı ampul satın alma modeline bağımlı kalmak yerine ışık kiralamaktadır. Bu yeni uygulamayla Schiphol kullandığı ışığın bedelini öderken, Philips tüm kurulumların sahibi olarak performans ve dayanıklılıktan sorumludur (Circular Economy Club, 2019).

Öte yandan firma düzeyinde de iş modellerinin döngüsel ekonomiyi önceleyen bir tasarıma sahip olması önümüzdeki süreçte çevre koşullarının dayattığı bir zorunluluk haline gelecektir. Bu konuda OECD tarafından başlatılan RE-CIRCLE Projesi'ne göre; döngüsel iş modelleri, ekonomideki ürün ve malzeme akışını değiştirir. Bunu yaparak, ekstraksiyondan, doğal kaynakların ve malzemelerin kullanımından ve nihai olarak elden çıkarılmasından kaynaklanan olumsuz çevresel yan etkileri azaltabilirler. Bu sadece tesis seviyesindeki malzeme verimliliğindeki gelişmeleri değil aynı zamanda üretimdeki daha temel değişiklikleri ve tüketim kalıplarının değişmesini içermektedir. Örneğin, doğal kaynak girdilerini daha verimli kullanmak yerine, yenilenebilir enerji üretimi ve hurdadan ham madde üretimi gibi toptan bir değişimi kapsamaktadır.

Sonuç olarak, son yıllarda ekonomik ve toplumsal etkilerini görmeye başladığımız kaynak krizleri, çevresel maliyetlerin artışı gibi konular kaynak açısından verimli bir ekonomiye geçişi zorunlu kılarak döngüsel iş modellerinin daha yaygın bir şekilde nüfuz etmesini gerektirir. Bu sebeple politika yapıcılar, döngüsel iş modellerinin rekabet gücünü engelleyen piyasa başarısızlıkları, politika uyumsuzlukları ve önyargıların ele alınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Döngüsel Ekonomi Rehberi, 2020). Örneğin sektörler arasında değer zincirlerinin teşvik edilmesiyle ortak kaynak kullanımı sağlanabilir. Ya da sanayiye teşvik etmek için endüstriyel simbiyoz kümelerinin kurulması ve ikincil ham madde sertifikası verilmesi de teşvik edici diğer mekanizmalar arasında yer almaktadır.

Döngüsel ekonomiye geçişte bahsi geçen önlemler alınabileceği gibi toplumun kabulünde çeşitli resmi ve gayri resmi önlemler önemli rol oynar (Rizos ve diğerleri, 2016). Örneğin; döngüsel ürün üretiminin ve tüketiminin yasal düzenlemelerle teşvik edilerek bu ürünlerin paketlerinin üzerinde 'Döngüsel ürünlerin tüketimini destekliyorum' gibi ifadelerin yer alması tüketimi özendirir. Bir diğer önlem ise döngüsel ürünlerin üretim ve tüketimine yönelik eğitim programlarının ders müfredatlarına eklenmesi ve tüketimin desteklenmesinde basın ve yayın organlarının da kullanılması döngüsel ekonomi modeline geçişte hızlandırıcı etki yapacaktır.

Çalışmada kapsamlı ve güncel bir veri seti kullanılmış olsa da temel kısıtlardan biri analizin tek bir yıl ile sınırlı kalmış olmasıdır. Döngüsel ekonomi uygulamalarının verimlilik üzerindeki etkilerinin farklı yıllar izlenerek değerlendirilmesi sürdürülebilir politikalar oluşturulması açısından büyük önem taşır. Çalışmada kullanılan veri setinin ilerleyen yıllar için sağlanması durumunda analizi tekrar ederek döngüsel ekonomi uygulamalarının verimlilik üzerindeki etkisi sürdürülebilirlik ekseninden incelenebilecektir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Bag, S., Dhamija, P., Bryde, D.J. ve Singh, R.K. (2022). "Effect of Eco-Innovation on Green Supply Chain Management, Circular Economy Capability, and Performance of Small and Medium Enterprises", *Journal of Business Research*, 141, 60-72.
- Bassi, F. ve Dias, J.G. (2019). "The Use Of Circular Economy Practices in SMEs across the EU", *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 523-33.
- Binswanger, M. (2009). "Is There a Growth Imperative in Capitalist Economies? A Circular Flow Perspective", *Journal of Post Keynesian Economics*, 31, 707-727.
- BMU (2018). "Waste Management in Germany 2018", https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft_2018_en_bf.pdf, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).
- Brock, W. ve Scott, T. (2005). "Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics", *Handbook of Economic Growth*. Editor: Aghion, P. ve Durlauf, S. Birleşik Krallık, Elsevier, 1749-821.
- Browne, D., O'Regan, B. ve Moles, R. (2009). "Use of Carbon Footprinting to Explore Alternative Household Waste Policy Scenarios in an Irish City-Region", *Resources, Conservation and Recycling*, 54(2), 113-122.
- Busu, M. ve Trica, C.L. (2019). "Sustainability of Circular Economy Indicators and Their Impact on Economic Growth of The European Union", *Sustainability*, 11(19), 5481.
- Busu, M. ve Gyorgy, A. (2016). "A. Real Convergence, Steps from Adherence to Integration", *Amfiteatru Economic Journal*, 18, 303-316.
- Cai, H. ve Fan, R. (2019). "Regional Total Factor Energy Efficiency Evaluation of China: The Perspective of Social Welfare", *Sustainability*, 11, 4093.
- Cappa, F., Jeffrey, L., Oded N., Luca, G. ve Maurizio P. (2016). "Activating Social Strategies: Face-to-Face Interaction in Technology-Mediated Citizen Science", *Journal of Environment Management*, 182: 374-84.
- Circular Economy Club, (2019). <https://www.circulareconomyclub.com/listings/circular-economy-2019-year-in-review/>, (Erişim Tarihi: 10.02.2022).
- Clodnitchi, R. ve Busu, C. (2017). "Energy Poverty in Romania—Drivers, Effects and Possible Measures to Reduce its Effects and Number of People Affected", *International Conference on Business Excellence*, Bükreş, Romanya, 138-45.
- Cotae, C.E. (2015). "Regional Performances in the Context of a Transition towards the Circular Economy: Structuring the Assessment Framework", *Ecoforum Journal*, 4, 1-5.
- Cui, T. ve Zhang, Y. (2022). "Research on the Impact of Circular Economy on Total Factor Carbon Productivity in China", *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 78780-78794.
- Del Giudice, M., Chierici, R., Mazzucchelli, A. ve Fiano, F. (2020). "Supply Chain Management in the Era of Circular Economy: The Moderating Effect of Big Data", *The International Journal of Logistics Management*, 32(2), 337-356.
- Demirel, P. ve Danışman, G.O. (2019). "Eco-Innovation And Firm Growth in the Circular Economy: Evidence from European Small and Medium-Sized Enterprises", *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1608-1618.
- Döngüsel Ekonomi Rehberi (2020). <https://www.business4goals.org/wp-content/uploads/2021/03/%C4%B0sletmeler-icin-Dongusel-Ekonomi-Rehberi.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.02.2022).
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M. ve Hultink, E.J. (2017). "The Circular Economy—A New Sustainability Paradigm?", *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Geng Y., Jia F., Joseph S. ve Bing X. (2012). "Towards a National Circular Economy Indicator System in China: An Evaluation and Critical Analysis", *Journal of Cleaner Production*, 23, 216-24.
- George, D.A., Brian C.L. ve Yunmin, C. (2015). "A Circular Economy Model of Economic Growth", *Environmental Modelling & Software*, 73, 60-63.
- Ghisellini, P., Catia C. ve Sergio U. (2016). "A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems", *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Gopal, A., Manu G., Serguei N. ve Matthew R. (2013). "The Impact of New Product Introduction on Plant Productivity in The North American Automotive Industry", *Management Science*, 59, 2217-36.
- Grossman, G. ve Krueger, A. (1995). "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110, 353-77.
- Hart, S.L. ve Milstein, M.B. (1999). "Global Sustainability and the Creative Destruction of Industries", *MIT Sloan Management Review*, 41, 23.

- Henry, M., Bauwens, T., Hekkert, M. ve Kirchherr, J. (2019). "A Typology of Circular Start-Ups-An Analysis of 128 Circular Business Models", *Journal of Cleaner Production*, 245, 118528.
- Horbach, J. ve Rammer, C. (2020). "Circular Economy Innovations, Growth and Employment at the Firm Level: Empirical Evidence from Germany", *Journal of Industrial Ecology*, 24(3), 615-625.
- Kirchherr, J., Reike, D. ve Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing the Circular Economy: an Analysis of 114 Definitions", *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A. ve Seppälä, J. (2018). "Circular Economy: The Concept and Its Limitations", *Ecological Economics*, 143, 37-46.
- Kristoffersen, E., Mikalef, P., Blomsma, F. ve Li, J. (2021). "The Effects of Business Analytics Capability on Circular Economy Implementation, Resource Orchestration Capability, and Firm Performance", *International Journal of Production Economics*, 239, 108-205.
- Kwarteng, A., Simpson, S.N.Y. ve Agyenim-Boateng, C. (2021). "The Effects of Circular Economy Initiative Implementation on Business Performance: The Moderating Role of Organizational Culture", *Social Responsibility Journal*, 18(7), 1311-1341.
- Lieder, M. ve Rashid, A. (2016). "Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry", *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- Liu, L., Liang, Y., Song, Q. ve Li, J. (2017). "A Review of Waste Prevention through 3R Under the Concept of Circular Economy in China", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1314-1323.
- Lundvall, B. A. (1996). "The Social Dimension of the Learning Economy", *DRUID Working Papers*, 96(1).
- Lüdeke-Freund, F., Carroux, S., Joyce, A., Massa, L. ve Breuer, H. (2018). "The Sustainable Business Model Pattern Taxonomy-45 Patterns to Support Sustainability-Oriented Business Model Innovation", *Sustainable Production and Consumption*, 15, 145-162.
- Lyasnikov, N.V., Mikhail N.D., Vladimir D.S., Mikhail Y.V. ve Vera, G.A. (2014). "The National Innovation System: The Conditions of Its Making and Factors in Its Development", *Life Science Journal*, 11, 535-538.
- Moric, I., Jovanović, J.Š., Đoković, R., Peković, S. ve Perović, Đ. (2020). "The Effect of Phases of The Adoption of The Circular Economy on Firm Performance: Evidence From 28 EU Countries", *Sustainability*, 12(6), 25-57.
- Moriguchi, Y. (2007). "Material Flow Indicators to Measure Progress Toward a Sound Material-Cycle Society", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9, 112-120.
- OECD (2021). https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Circular_Economy_Flyer.pdf, (Erişim Tarihi: 01.02.2022).
- Pearce, D.W. ve Turner, R.K. (1990). "Economics of Natural Resources and the Environment", Johns Hopkins University Press.
- Prieto-Sandoval, V.; Ormazabal, M.; Jaca, C. ve Viles, E. (2018). "Key Elements in Assessing Circular Economy Implementation in Small and Medium-Sized Enterprises", *Business Strategy and the Environment*, 27, 1525-1534.
- Rehman Khan, S.A., Yu, Z., Sarwat, S., Godil, D.I., Amin, S. ve Shujaat, S. (2021). "The Role of Block Chain Technology in Circular Economy Practices to Improve Organisational Performance", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25(4-5), 605-622.
- Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbera ve M., Ioannou, A. (2015). "The Circular Economy: Barriers and Opportunities for SMEs", *CEPS Working Documents*.
- Rizos, V., Behrens, A., van der Gaast, W., Hofman, A., Ioannu, A., Kafyeke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papadelis, S. ve Hirschnitz-Gabers, M. (2016). "Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium Size Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers", *Sustainability*, 8, 1212.
- Sartal, A., Ozcelik, N. ve Rodriguez, M. (2020). "Bringing the Circular Economy Closer to Small and Medium Enterprises: Improving Water Circularity without Damaging Plant Productivity", *Journal of Cleaner Production*, 256, 120363.
- Stahel, W. ve Reday-Mulvey, G. (1976). "The Potential for Substituting Manpower for Energy, Report to the Commission of the European Communities", Belçika.
- Su, B., Heshmati, A. ve Yong G. (2013). "A Review of The Circular Economy in China: Moving from Rhetoric to Implementation", *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.
- Taranic, I., Behrens, A. ve Topi, C. (2016). "Understanding the Circular Economy in Europe, From Resource Efficiency to Sharing Platforms: The CEPS Framework", *CEPS Special Reports*, 143.
- TÜSİAD (2021). <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10790-avrupa-yesil-mutabakati-dongusel-ekonomi-eylem-plani-turk-is-dunyasina-neler-getirecek>, (Erişim Tarihi: 01.02.2022).

- Yang R. (2010). "Study on Institution Innovation of SEMs Circular Economy", *Economics Research Guide*,75(1),183-185.
- Yu, Z., Khan, S. A. R. ve Umar, M. (2021). "Circular Economy Practices and Industry 4.0 Technologies: A Strategic Move of Automobile Industry", *Business Strategy and the Environment*, 31, 796-809.
- Zamfir, A.M., Mocanu, C. ve Grigorescu, A. (2017)." Circular Economy and Decision Models among European SMEs", *Sustainability*, 9, 1507.

EK

Tablo A1. Geri dönüşümün verimliliğe etkisi

Değişkenler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Geri Dönüşüm / Yeniden Kullanım	-0,0563*** (0,00543)	0,00644 (0,00643)	0,0194*** (0,00513)	0,00407 (0,00445)	0,00239 (0,00428)	0,00323 (0,00258)	0,0147*** (0,00292)	0,00296* (0,00153)
Büyüklik	-0,0926*** (0,00315)	-0,0736*** (0,00296)	0,0103*** (0,00217)	0,0237*** (0,00159)	0,0308*** (0,00129)	0,0239*** (0,001000)	0,0456*** (0,00123)	0,0123*** (0,000691)
Yaş	-0,0638*** (0,00406)	-0,0240*** (0,00480)	0,00501 (0,00366)	0,0109*** (0,00322)	0,0112*** (0,00308)	0,0106*** (0,00169)	0,0270*** (0,00213)	0,00866*** (0,00116)
Teknoloji Kullanımı	-0,0269*** (0,00229)	-0,0137*** (0,00253)	-0,000580 (0,00191)	0,00644*** (0,00165)	0,0120*** (0,00163)	0,00824*** (0,00123)	0,0164*** (0,00147)	0,00459*** (0,000806)
Ülke Sabit Etkileri	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976

Not. Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. C₁: 100 bin Euro veya daha az, C₂:100 bin ile 500 bin Euro arası, C₃: 500 bin ile 1 milyon Euro arası, C₄: 1 milyon ile 2 milyon arası, C₅:2 milyon ile 5 milyon, C₆:5 milyon ile 10 milyon arası, C₇: 10 milyon ile 50 milyon arası, C₈:50 milyonun üzeri. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tablo A2. Tüketimi azaltmanın verimliliğe etkisi

Değişkenler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Tüketimi Azaltmak	-0,0177*** (0,00557)	0,00156 (0,00651)	0,00367 (0,00516)	0,00712 (0,00440)	-6,35e-05 (0,00414)	0,00208 (0,00276)	-0,00108 (0,00332)	0,000690 (0,00138)
Büyüklik	-0,0920*** (0,00318)	-0,0737*** (0,00298)	0,0101*** (0,00219)	0,0238*** (0,00160)	0,0308*** (0,00129)	0,0239*** (0,00100)	0,0447*** (0,00123)	0,0123*** (0,000710)
Yaş	-0,0670*** (0,00406)	-0,0239*** (0,00478)	0,00616* (0,00365)	0,0105*** (0,00322)	0,0112*** (0,00308)	0,0109*** (0,00176)	0,0314*** (0,00210)	0,00903*** (0,00114)
Teknoloji Kullanımı	-0,0305*** (0,00232)	-0,0128*** (0,00255)	0,000646 (0,00194)	0,00629*** (0,00165)	0,0123*** (0,00163)	0,00828*** (0,00126)	0,0169*** (0,00164)	0,00478*** (0,000797)
Ülke Sabit Etkileri	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976

Not. Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. C₁: 100 bin Euro veya daha az, C₂: 100 bin ile 500 bin Euro arası, C₃: 500 bin ile 1 milyon Euro arası, C₄:1 milyon ile 2 milyon arası, C₅:2 milyon ile 5 milyon, C₆: 5 milyon ile 10 milyon arası, C₇: 10 milyon ile 50 milyon arası, C₈: 50 milyonun üzeri. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tablo A3. Enerjiyi tasarruf etmenin verimliliğe etkisi

<i>Değişkenler</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>	<i>C₄</i>	<i>C₅</i>	<i>C₆</i>	<i>C₇</i>	<i>C₈</i>
Enerjiyi Tasarruf Etmek	-0,0267***	-0,000499	0,00838	0,00600	0,00149	-0,00284	-0,000563	0,00218*
	(0,00555)	(0,00647)	(0,00515)	(0,00439)	(0,00418)	(0,00266)	(0,00350)	(0,00131)
Büyükük	-0,0916***	-0,0737***	0,0100***	0,0237***	0,0308***	0,0239***	0,0450***	0,0123***
	(0,00318)	(0,00298)	(0,00219)	(0,00160)	(0,00129)	(0,000996)	(0,00127)	(0,000710)
Yaş	-0,0662***	-0,0236***	0,00572	0,0104***	0,0110***	0,0115***	0,0313***	0,00897***
	(0,00407)	(0,00479)	(0,00366)	(0,00323)	(0,00309)	(0,00186)	(0,00213)	(0,00114)
Teknoloji Kullanımı	-0,0300***	-0,0126***	0,000299	0,00648***	0,0122***	0,00872***	0,0170***	0,00457***
	(0,00230)	(0,00253)	(0,00192)	(0,00163)	(0,00164)	(0,00122)	(0,00155)	(0,000772)
Ülke Etkileri	Sabit	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976

Not. Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. *C₁*: 100 bin Euro veya daha az, *C₂*: 100 bin ile 500 bin Euro arası, *C₃*: 500 bin ile 1 milyon Euro arası, *C₄*: 1 milyon ile 2 milyon arası, *C₅*: 2 milyon ile 5 milyon, *C₆*: 5 milyon ile 10 milyon arası, *C₇*: 10 milyon ile 50 milyon arası, *C₈*: 50 milyonun üzeri. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Tablo A4. Yenilenebilir ürün üretmenin verimliliğe etkisi

<i>Değişkenler</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>	<i>C₄</i>	<i>C₅</i>	<i>C₆</i>	<i>C₇</i>	<i>C₈</i>
Sürdürülebilir Ürün Üretimi	-0,0164***	-0,00216	0,00368	-0,00564	0,00242	0,00354	0,0189***	0,000126
	(0,00619)	(0,00716)	(0,00569)	(0,00468)	(0,00452)	(0,00324)	(0,00348)	(0,00162)
Büyükük	-0,0918***	-0,0737***	0,0101***	0,0239***	0,0309***	0,0239***	0,0439***	0,0122***
	(0,00318)	(0,00299)	(0,00219)	(0,00160)	(0,00129)	(0,00100)	(0,00121)	(0,000691)
Yaş	-0,0680***	-0,0238***	0,00640*	0,0111***	0,0112***	0,0112***	0,0312***	0,00884***
	(0,00405)	(0,00476)	(0,00364)	(0,00322)	(0,00307)	(0,00186)	(0,00193)	(0,00110)
Teknoloji Kullanımı	-0,0309***	-0,0122***	0,000709	0,00734***	0,0121***	0,00817***	0,0152***	0,00507***
	(0,00231)	(0,00255)	(0,00195)	(0,00165)	(0,00165)	(0,00126)	(0,00137)	(0,000820)
Ülke Etkileri	Sabit	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Gözlem Sayısı (N)	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976	15,976

Not. Standard hatalar parantez içerisinde verilmiştir. *C₁*: 100 bin Euro veya daha az, *C₂*: 100 bin ile 500 bin Euro arası, *C₃*: 500 bin ile 1 milyon Euro arası, *C₄*: 1 milyon ile 2 milyon arası, *C₅*: 2 milyon ile 5 milyon, *C₆*: 5 milyon ile 10 milyon arası, *C₇*: 10 milyon ile 50 milyon arası, *C₈*: 50 milyonun üzeri. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Döngüsel Ekonomi ve Yeşil Büyüme Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Seçilmiş AB Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar

Yunus AÇCI¹, Gülsüm AKARSU², Reyhan CAFRI³

ÖZET

Amaç: Ekonomi ve ekolojinin yol ayrımında olduğu dünyada sürdürülebilir kalkınmanın bir aracı olarak düşünülen yeşil büyümenin yanı sıra döngüsel ekonomi de giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada döngüsel ekonomi ve yeşil büyüme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 2004-2018 yılları için verilerine ulaşılabilen 24 AB ülkesi ele alınarak analiz etmek amaçlanmaktadır.

Yöntem: Önsel testlerin yapılması sonucunda tanımlama hatalarını gideren Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular: Dönüştürülmüş hammadde ticareti, belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı, reel kişi başına işgücü verimliliği, nüfus yoğunluğu, kişi başına CO₂ emisyonları ve brüt sermaye oluşumunun kişi başına GSYH üzerinde olumlu etkilerini göstermekte olup; çevresel vergi gelirleri oranlarındaki artışların negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Özgünlük: Literatürde yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınma konuları ile ilgili ele alınan çalışmalar ağırlık kazanırken, döngüsel ekonomi konusu sınırlı sayıda çalışmaya konu olmuştur. Çalışmada sürdürülebilir kalkınma için bir araç olarak görülen döngüsel ekonomi ve yeşil büyüme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin ampirik olarak ele alınmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Döngüsel Ekonomi, Yeşil Büyüme.

JEL Kodları: O13, O44, Q56.

The Effect of Sustainable Development Indicators on Economic Growth within the Framework of the Circular Economy and Green Growth: Empirical Evidence from Selected EU Countries

ABSTRACT

Purpose: In the world where economy and ecology are at the crossroads, besides green growth, which is considered a tool for sustainable development, circular economy is also gaining importance. In this context, this study aims to analyze the effects of the circular economy and green growth indicators on economic growth by considering 24 EU countries whose data can be accessed for the years 2004-2018.

Methodology: As a result of the preliminary tests, the Common Correlated Effects Mean Group method was used to eliminate identification errors.

Findings: Trade-in recycled raw materials, the recycling rate of municipal waste, real per capita labor productivity, population density, per capita CO₂ emissions, and gross capital formation have been found to have positive effects on GDP per capita. It is concluded that the increase in environmental tax revenues has a negative impact on GDP per capita.

Originality: While the studies related to green growth and sustainable development issues have gained weight in the literature, the topic of the circular economy has been the subject of a limited number of studies. It is thought that the empirical consideration of the effects of the circular economy and green growth indicators, which are seen as a tool for sustainable development on economic growth will contribute to the literature.

Keywords: Sustainable Development, Circular Economy, Green Growth.

JEL Codes: O13, O44, Q56.

¹ Doç. Dr., İskenderun Teknik Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Ekonomi Bölümü, Hatay, Türkiye, yunus.acci@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3385-9087

² Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Samsun, Türkiye, gulsum.akarsu@omu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4877-1969.

³ Doç. Dr., İskenderun Teknik Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Hatay, Türkiye, reyhan.cafri@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6271-5330 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author)

1. GİRİŞ

Aşırı yoksulluk oranlarını yarıya indirmekten, anne sağlığının iyileştirilmesine; cinsiyet eşitliğinin sağlanmasından kalkınmaya yönelik küresel iş birliğinin geliştirilmesine kadar uzanan, Birleşmiş Milletlerin bin yılın başında belirlediği ve 2015 yılına kadar ulaşılması amaçlanan sekiz adet bin yıl kalkınma hedeflerinden biri de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması şeklindedir. Çevresel sürdürülebilirliğin günümüzde artan bir şekilde önem arz etmesiyle birlikte doğrusal ekonomi modeli literatürde eleştirilmeye başlanmışken; kaynak, atık, emisyon ve enerji döngülerini en aza indirerek rejeneratif bir sistem olarak tanımlanan döngüsel ekonominin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ulaşılmasında önemli bir rol üstlendiği iddia edilmektedir. Doğrusal ekonomide var olan al-kullan-at modeline karşın döngüsel ekonominin sosyo-ekonomik performansın yanı sıra geri kazanılmış çevresel bütünlüğe dayalı artan refahı sağladığına dair düşünceler dikkat çekmektedir (Hysa ve diğerleri, 2020). Doğrusal ekonomide, kaynakların tüketilmesi sonucu gerçekleşen ekonomik büyüme, ekonomik refahı beraberinde getirirken, ekonomide gerçekleşen durgunluk ise daha az istihdama ve sosyal gerilimlere neden olmaktadır. Ancak daha fazla refah artışına neden olan büyüme, diğer taraftan kaynaklarda azalmaları ve çevresel tahribatları meydana getirmektedir. Tam bu noktada; modern dünyada, ekonomi ve ekolojinin yol ayrımında olduğu dikkat çekmektedir. Üretim sırasında, fosil yakıtların kullanımının artması, doğal kaynakların hızla tüketilmesi, sera gazı emisyonlarının artması sürdürülebilir ekonomik yaklaşımlara yönelmeyi zorunlu hale getirmektedir (Türkmen ve Kılıç, 2020).

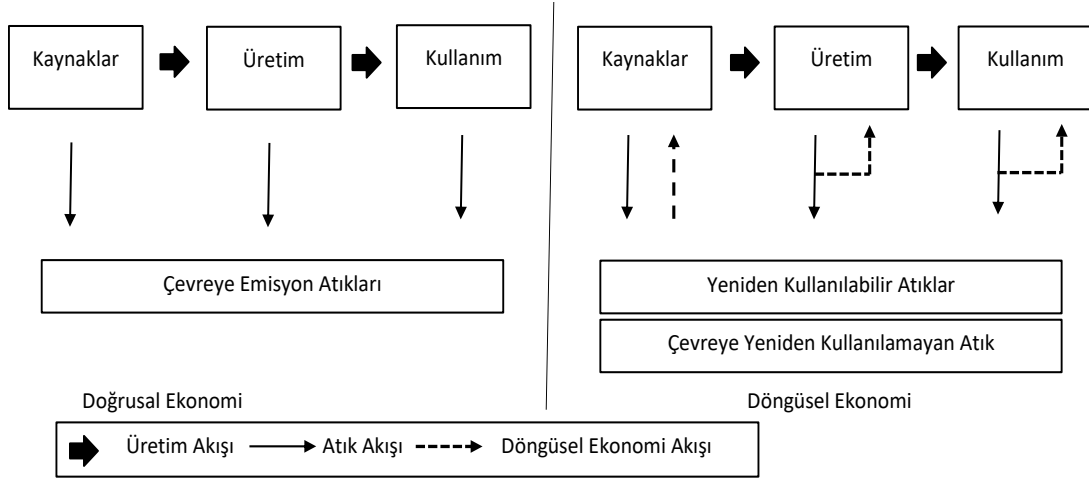
Bu bağlamda 2015 yılına kadar yürürlükte olan hedeflerin yerini 2030'a kadar uygulanması beklenen *Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri* almıştır. Gelecek nesiller için yaşamı sürdürülebilir biçimde iyileştirmek amacıyla dünya çapında uygulanmak üzere kabul edilen 17 sürdürülebilir Kalkınma Hedefi arasında iklim değişikliği, temiz enerji, sürdürülebilir tüketim ve üretim gibi amaçlar dikkat çekmektedir. Artan küreselleşme ve ekonomik liberalleşme neticesinde, çevresel bozulmalar ve kaynakların yok olmaya yüz tutması, sürdürülebilirlik ve yeşil büyümeye doğru hareket etme bilincini arttırmaktadır (Sarkar, 2013). Yeşil büyüme ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri, çevre koruma açısından ülkelerin üretkenliğini ve rekabet gücünü artırmaya yönelik iki önemli stratejidir. Yeşil büyüme, iklim değişikliğine, kaynak kıtlığına ve çevresel zararlara karşı tepki amaçlı oluşturulan bir büyüme stratejisidir ve büyüme süreçlerini yavaşlatmadan, kaynakların daha verimli kullanılması, daha temiz ve esnek haline getirilmesini sağlamaktadır. Yeşil büyüme günümüzde, ulusal ve uluslararası politikalarda kabul görmekte ve önde gelen çok taraflı kuruluşlar tarafından desteklenmektedir. Ayrıca yeşil büyüme; ekonomik büyümenin, kaynak kullanımından ve karbon emisyonundan mutlak olarak ayrılmasının mümkün olduğu ve tehlikeli iklim değişikliğini ve ekolojik bozulmanın diğer boyutlarını önlemek için yeterli bir oranda olduğu varsayımına dayanmaktadır. Kaynak verimliliği ve ekolojik koruma ile uyumlu bir şekilde yoksulluğun azaltılması ve ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için gelişmekte olan ülkelerin yeşil büyümeyi sürdürmesi önem arz etmektedir (Hickel ve Kallis, 2020; Houssini ve Geng, 2022).

Sürdürülebilir kalkınma ise; toplum üzerindeki olumsuz etkileri minimize etmek amacıyla geleneksel üretim tekniklerinin değiştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma; gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeyip, mevcut durumlarını tehlikeye atmadan, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınmayı ifade etmektedir (Al-Qudah, 2022). Sürdürülebilirlik için bir koşul olarak görülen döngüsel ekonomi yaklaşımı, sınırlı kaynaklara sahip üretim-tüketim-atıktan üretim ve yeniden tüketim şeklinde dairesel, kapalı bir sistem olarak tasvir edilmektedir. Şekil 1, döngüsel ekonomi modelinin işleyişini doğrusal ekonomi modeli ile karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Doğrusal ekonomi modelinde doğal kaynakların direkt üretime aktarılması durumu söz konusu iken, döngüsel ekonomi modelinde, kullanılan kaynakların yeniden ayrıştırılıp, geri dönüştürülüp üretime aktarılması yaklaşımı hâkimdir. Bu üretim modeli, daha az doğal kaynak kullanımı ile daha az atık ve emisyonu neden olan daha fazla üretim elde etme başarısı sunmaktadır.

Kaynakların daha verimli ve yeniden kullanılması ile emisyon ve atıkların azaltılmasına katkı sunarak ekonomi, çevre ve toplum arasında dengenin oluşması sürecinde sahip olduğu önem ve sürdürülebilirlik üzerindeki beklenen etkisi nedeniyle döngüsel ekonomi, araştırmacılardan, politika yapıcılardan ve girişimcilerden büyük ilgi görmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışıyla birlikte doğrusal ekonominin işleyişinin eleştirilmeye başlanması ve doğrusal ekonomiye alternatif olarak geliştirilen döngüsel ekonominin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmede etkili olabileceği düşüncesi giderek önem kazanmaya başlamaktadır. Yeşil büyüme de sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesinde etkili bir aşama olarak kabul edilmektedir. Ancak; literatür incelendiğinde yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınma konuları ile ilgili ele alınan çalışmaların ağırlık kazandığı, döngüsel ekonomi konusunun ise sınırlı sayıda çalışmaya konu olması dikkat çekmektedir. Bu sınırlı sayıda var olan çalışmalarda konu genellikle teorik düzeyde ele alınmıştır. Konuyu ampirik düzeyde ele alan çalışmalar yok denecek kadar az bulunmaktadır (Alonso-Almeida ve diğerleri, 2020;

Jermstiparsert ve diğerleri, 2020; Hysa ve diğerleri, 2020). Bu bağlamda, çalışmada kalkınma göstergelerinin yanı sıra sürdürülebilir kalkınma için bir araç olarak görülen döngüsel ekonomi ve yeşil büyüme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 2004-2018 yılları için verilerine ulaşılabilen 24 AB ülkesi ele alınarak analiz etmek amaçlanmaktadır. Yeşil ekonomiyi temsilen kullanılan kişi başına CO_2 emisyonları ve çevresel vergi gelirleri ile büyüme ilişkisinin yanı sıra; döngüsel ekonomiyi temsilen dönüştürülmüş hammadde ticaretinin ve belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranının büyüme üzerindeki etkilerinin hem teorik hem de ampirik perspektiften ele alınması bu çalışmaya özgün bir nitelik kazandırmaktadır. Ayrıca; yeşil ekonomi, döngüsel ekonomi ve büyüme ilişkisinin aynı anda ele alınarak karşılaştırma yapılmasının, hangi modelin daha etkili sonuçlar verdiği konusunda değerlendirmeler yapılmasının literatüre önemli ölçüde katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 1. Doğrudan ekonomi ve döngüsel ekonomi modeli (Feng ve Lam, 2021)

Bu bilgiler ışığında çalışmada ilk bölüm olan giriş bölümünde konunun önemi ve amacı vurgulanırken, bir sonraki bölümde literatürde var olan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde veri setine ilişkin bilgiler ayrıntılı olarak ele alınmış, dördüncü bölümde ise yöntem tanıtılmıştır. Beşinci bölümde ampirik bulgular tartışılırken, son bölümde ise sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme, birbirinden iki farklı kavram gibi görünse de yeşil büyümenin sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında önemli bir aşama olduğu kabul görmektedir. Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme ilişkisine dair literatür incelendiğinde; Fay (2012), Bartelmus (2013), Nhamo (2014), Kazzi (2014), Zaman ve diğerleri (2016), Kasztelan (2017), Gu ve diğerleri (2018), Yılmaz (2018), Özcan (2019), Martinez ve diğerleri (2021),'nin çalışmaları dikkat çekmektedir. Fay (2012), çalışmada yeşil büyümenin, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Mevcut büyüme modelleri ile yeşil büyümenin mukayeseli olarak ele alındığı çalışmada, yeşil büyümenin mevcut büyüme modellerine kıyasla daha etkin ve sürdürülebilir olduğu ortaya konulmaktadır. Ayrıca çalışmada; yeşil büyümenin, kısa dönemde maliyetlerde artışa neden olmasına rağmen uzun vadede ortaya çıkacak telafisi mümkün olmayan zararları minimize edeceğine dikkat çekilmektedir. Bartelmus (2013), gelecekte sürdürülebilir kalkınmaya mı yoksa yeşil büyümeye mi odaklanılması gerektiği sorusuna cevap aradığı çalışmada, yeşil büyümeye odaklanılması gerektiğine işaret etmektedir. Nhamo (2014), çalışmada sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişkinin önemine değinirken, özellikle finansal kriz sonrasında artan yoksulluk, işsizlik ve iklim değişikliği sorunlarına karşı geliştirilmeye çalışılan çözüm önerilerinin yeşil büyümeye verilen önemi artırdığına dikkat çekmektedir. Kazzi (2014), yeşil büyüme ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisini Arap ülkeleri açısından ele almıştır. Arap ülkelerinde çevre politikalarının, ekonomi politikalarına entegre olması gerektiğine değinen Kazzi, bu sayede Arap ülkelerinin ekonomik büyüme, istihdam yaratma, sosyal eşitlik ve doğal kaynaklarının sürdürülebilirliği konularında ilerleme kaydedebileceğini ifade etmektedir. Zaman ve diğerleri (2016), enerji, çevre ve sağlık ilişkisini ve bu ilişkinin ekonomik büyümeye olan etkisini BRICS ülkeleri açısından analiz etmişlerdir. Panel eş bütünleşme analizinin kullanıldığı çalışmanın sonucunda; BRICS ülkelerinde karbonsuz ekonominin önceliği önerisinde bulunulmuştur. Çalışmada ayrıca, ucuz yenilenebilir enerji kaynakları aramanın, nükleer enerji tüketiminin azaltılmasının ve çevre bilincinin artırılmasının BRICS in sürdürülebilir yeşil büyüme politikasının başarısına katkı sağlayacağına işaret edilmiştir. Mundaca ve Markandya (2016), yeşil enerji ekonomisine ilişkin bölgesel değerlendirmeleri Afrika, Asya, Latin Amerika ve Karayipler, Orta Doğu, OECD üyesi olmayan Avrupa ve Eski Sovyetler Birliği, Okyanusya, OECD Avrupa ve OECD Kuzey Avrupa ülkeleri

açısından ele almıştır. Yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgular; düşük karbonlu enerji teknolojisi politikalarının 2000'li yıllardan itibaren hızla yayıldığını ortaya koymaktadır. Yapılan kısa vadeli analizler; kişi başına gelir artışının ve gelir artışına nispeten daha düşük düzeyde nüfus artışının, yeşil enerji ekonomisi dönüşümüne engel teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada yeşil ekonomi dönüşümünün kabulüne ilişkin politika girişiminin fazla olmasına rağmen, bu girişimin etkisinin yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Kasztelan (2017), yeşil büyüme, yeşil ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisine odaklandığı çalışmada; bu üç yeşil düşünce arasında var olan korelasyon nedeniyle, bu üç kavramın birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmıştır. Yılmaz (2018), yeşil büyümenin sürdürülebilir kalkınmayı başarıya götüren bir yol olmasının yanı sıra ülkelere ekonomik, ekolojik, siyasal ve sosyal fırsatlar sunan bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır. Gu ve diğerleri (2018), çalışmalarında sürdürülebilir kalkınma, yenilenebilir enerji ve yeşil büyüme için BRICS'in yenilenebilir enerji iş birliğine yaklaşımını incelemektedir. BRICS'in hem BRICS içi hem de BRICS dışı kalkınma için yenilenebilir enerji iş birliği için özel bir strateji geliştirmesi gerektiği önerilmiştir. Ayrıca çalışmada; politikaların, yoksul yanlısı gerekçelere ve enerji erişimini genişletme, enerji eşitliğini sağlama ve enerji yoksulluğunun üstesinden gelme niyetlerine öncelik vermesi gerektiği vurgulanmaktadır. Martinez ve diğerleri (2021) yeşil büyümeyi teşvik etmede ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesinde bilim, teknoloji ve inovasyonun önemine dikkat çekmektedir. Bilim, teknoloji ve inovasyona yapılan daha yüksek yatırımların, daha düşük kirliliği, daha yüksek üretkenliği, rekabet gücünü ve gelişmeyi teşvik edeceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, yeni bilgi ve teknolojilerin, üretken süreçlerde doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını artırmak için önemli olduğu bulunmuştur. Özcan (2019) ise yeşil ekonomi ve yeşil büyümenin önemine dikkat çekerek, yeşil büyümenin teşvik edilebilmesi için yapılması gerekenleri sıralamıştır. Bunlar arasında ilk olarak; yeşil ekonomi ve yeşil iş eylem planlarının oluşturulması gerekliliği yer almaktadır. Ayrıca, Yeşil Yatırım Bankası gibi, yeşil ekonomiye girişi destekleyici finans merkezlerinin geliştirilmesi ve yeşil ekonomiye ilişkin verilerin ölçülmesi için gerekli göstergelerin ya da endekslerin oluşturulması gerektiği önerilerinde bulunulmuştur.

Ülkelerin yeşil ekonomi performanslarını ölçmek ve ülkeler arasında karşılaştırma yapabilmek için kullanılan yeşil ekonomi endeksinin oluşturulması ve yeşil ekonomi göstergelerinin belirlenmesine ilişkin literatürde; Nahman ve diğerleri (2016), Kararach ve diğerleri (2018), Al (2019), Aydın ve Nasıroğlu (2020), Houssini ve Geng (2022)'in çalışmaları yer almaktadır. Nahman ve diğerleri (2016), ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarda 26 göstergeye dayalı olarak yeşil ekonomi performansını ölçmek amacıyla endeks geliştirmişlerdir. Söz konusu endeks ile 193 ülkeye ait veriler yardımıyla yeşil ekonomi performansı karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kararach ve diğerleri (2018) Afrika ülkelerinin yeşil ekonomi performansını ölçmek amacıyla, 22 Afrika ülkesi verileri yardımıyla 48 gösterge kullanarak yeşil ekonomi endeksi hesaplamışlardır. Al (2019), Türkiye'nin yeşil ekonomi performansını değerlendirmek amacıyla yeşil ekonomi endeksini hesapladığı çalışmada, Türkiye'ye ait performans değerinin yıllar itibarıyla artış gösterdiği bulgularına ulaşmıştır. Buna karşın; artışın çevresel boyuttan ziyade ekonomik ve sosyal boyutlarda meydana gelen artıştan kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Aydın ve Nasıroğlu (2020), yeşil büyüme modeli çerçevesinde öncü göstergeler açısından Türkiye'nin durumunu, Avrupa Birliği ülkeleri ve birliğe aday ülkeler ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Çalışmada, Türkiye'de çevre dostu ve iklim değişikliğine savaş açan yapısal bir dönüşümün gerekliliği vurgulanmıştır. Ayrıca çevre dostu üretimi destekleyen müteşebbislerin desteklenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Houssini ve Geng (2022), Fas'ın yeşil büyüme performansını girdi-çıkı çerçevesine dayalı olarak TOPSİS modeli yardımıyla değerlendirmiştir. Çalışmada; fosil yakıtlara bağımlılığın çevresel maliyetlerin artmasına neden olduğu ve bu durumun yeşil büyümeye geçiş açısından engel oluşturduğu düşüncesine yer verilmiştir.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yeşil büyümenin yanı sıra döngüsel ekonominin de bir araç olarak kullanıldığına ilişkin literatürde çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmaları; Önder (2018), Yılmaz (2019), Jermstipparsert ve diğerleri (2020), Alonso-Almeida ve diğerleri (2020), Hysa ve diğerleri (2020) ve Türkmen ve Kılıç (2020) şeklinde sıralamak mümkündür. Önder (2018), sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğrusal ekonomi yaklaşımı içerisinde ulaşmanın mümkün olmadığını vurguladığı çalışmada, bu hedeflere ulaşabilme arayışlarının döngüsel ekonomi yaklaşımın benimsenmesine neden olduğu ortaya koymaktadır. Döngüsel ekonomi yaklaşımında, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yöntemleri uygulanarak kullanılan kaynakların azaltılmasını hedeflediği ve başarıya ulaşabilmenin sadece üretici ile değil tüketicinin de aynı bilince sahip olması ile sağlanabileceği ifade edilmiştir. Yılmaz (2019), sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomi ile ilgili akademik çalışmaları analiz ettiği makalesinde, bu konuya ilişkin akademik çalışmaların yer aldığı ülkelerde çevre duyarlılığı bilincinin arttığı ve kaynak israfının daha az gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada; döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarına verilen önemin artırılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. Jermstipparsert ve diğerleri (2020), çalışmalarında ASEAN (Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği) üyesi ülkelerde sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomi ilişkisini panel regresyon analizi yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda; sürdürülebilir kalkınmayı temsilen kullanılan yaşam beklentisi, ortaöğretim sonrası eğitim alan nüfus yüzdesi ve kaliteli su mevcudiyeti değişkenlerinin döngüsel ekonomi üzerinde negatif etkisinin var olduğu

bulgularına ulaşılmıştır. Alonso-Almeida ve diğerleri (2020), doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçişin zorluklar barındırdığını, ancak bu zorlukların aşılmasında döngüsel ekonomiye ilişkin kurumsal tanım faaliyetlerinin etkili olacağı vurgulanmıştır. Yapısal eşitlik modellemesi analiz tekniğinin kullanıldığı çalışmada döngüsel ekonomiye geçişteki yumuşak girişimlerin hem döngüsel ekonomi hem de sürdürülebilir kalkınma açısından pozitif etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Hysa ve diğerleri (2020), döngüsel ekonominin çevresel-sosyal ve ekonomik bileşenlerinin ekonominin büyüme üzerindeki etkilerini AB ülkeleri için ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Model; çevresel vergi oranı, atıkların geri dönüşüm oranı, özel yatırımlar ve döngüsel ekonomideki işler, geri dönüşümle ilgili patentler ve geri dönüştürülebilir hammaddelerin ticareti gibi bağımsız değişkenleri içermektedir. Sonuçta, döngüsel bir ekonomi ile ekonomik büyüme arasında güçlü ve pozitif bir korelasyon belirlenmiştir ve sürdürülebilirliği, yenilikçiliği ve büyümeyi teşvik etmek için atıkları geri dönüştüren girişimlere yapılan yatırımın önemli rolü olduğu vurgulanmıştır. Türkmen ve Kılıç (2020) ise, çalışmalarında; sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarından biri olarak tanımladıkları döngüsel ekonomiye ilişkin literatür araştırması yaparak, döngüsel ekonomiye dikkat çekmeyi amaç edinmişlerdir. Çalışmada; döngüsel ekonominin gelecek nesilleri sürdürülebilirliği dikkate alan düşünceye sevk edeceği ve daha iyi bir gelecek inşa etmenin yolunu açacağı belirtilmiştir.

Literatürde genellikle sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme ilişkisine odaklanılmıştır. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için uygulanabilecek döngüsel ekonomi modeli ile sürdürülebilir kalkınma ilişkisine yer veren çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ve bu ilişkinin teorik olarak incelendiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmada sürdürülebilir kalkınma, yeşil büyüme ve döngüsel ekonomi ilişkisi teorik ve ampirik olarak ele alınmaktadır. Hem döngüsel ekonominin büyüme üzerindeki etkilerinin araştırılması hem de yeşil büyüme ve döngüsel ekonomi modellerinin büyüme üzerindeki etkilerinin birlikte ele alınarak her iki model için karşılaştırma yapılmasının literatürde var olan boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

3. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada, 2004 ve 2018 yılları arasındaki 24 Avrupa ülkesi⁴ için panel veri seti kullanılmıştır. Veri seti ve kaynakları Tablo 1'de sunulmaktadır. Kişi başına GSYH, dönüştürülmüş hammadde ticareti, reel kişi başına işgücü verimliliği ve kişi başına CO₂ emisyonları değişkenlerinin doğal logaritması alınmış olup, sırasıyla *lkbgsyih*, *lgdcticareti*, *lişgücüverimliliği* ve *lkbCO₂* kısaltmaları ile gösterilmektedir.

Tablo 1. Veri seti ve kaynakları

Kullanılan Veri	Veri Kodu	Veri Kaynağı	Kısaltma
Kişi başına GSYH, (Zincirlenmiş hacim serisi, 2015=100)	NAMA_10_PC__custom_2523689	Avrupa Komisyonu, Eurostat Veri tabanı	lkbgsyih
Dönüştürülmüş hammadde ticareti (ton)	CEI_SRM020	Avrupa Komisyonu, Eurostat Veri tabanı	lgdcticareti
Belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı	CEI_WM011	Avrupa Komisyonu, Eurostat Veri tabanı	geridönüşüm
Çevresel Vergi Gelirleri (GSYH'nin yüzdesi)	ENV_AC_TAX	Avrupa Komisyonu, Eurostat Veri tabanı	cevrevergi
Reel kişi başına işgücü verimliliği (2015=100)	NAMA_10_LP_ULC__custom_2532950	Avrupa Komisyonu, Eurostat Veri tabanı	lişgücüverimliliği
Nüfus Yoğunluğu (metrekare yerleşim alanı başına kişi sayısı)	EN.POP.DNST	Dünya Bankası, Dünya Kalkınma Göstergeleri Veri tabanı	nüfusyoğunluğu
Kişi Başına CO ₂ emisyonları (kişi başına metrik ton)	EN.ATM.CO2E.PC	Dünya Bankası, Dünya Kalkınma Göstergeleri Veri tabanı	lkbCO ₂
Brüt Sermaye Oluşumu (GSYH'nin yüzdesi)	NE.GDI.TOTL.ZS	Dünya Bankası, Dünya Kalkınma Göstergeleri Veri tabanı	sermaye

⁴ Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Kıbrıs, Çekya, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya ve İsveç.

Tablo 2. Değişkenlerin 24 ülke için yıl ortalamaları

Ülke	İkbgSYH	İgdticareti	geridönüşüm	çevreveriği	işgücüverimliliği	nüfusyoğunluğu	İkbCO ₂	sermaye
Avusturya	4,59	14,9	58,5	2,41	4,61	102,45	2,08	24,0
Belçika	4,58	16,1	54,2	2,51	4,58	361,95	2,21	23,9
Bulgaristan	4,51	13,5	24,6	2,88	4,51	67,78	1,82	24,8
Kıbrıs	4,68	10,7	10,7	2,98	4,60	120,46	1,90	20,1
Çekya	4,55	13,6	19,0	2,22	4,55	135,20	2,36	28,0
Estonya	4,54	13,1	23,4	2,59	4,57	31,08	2,55	29,0
Finlandiya	4,63	13,3	35,9	2,87	4,61	17,71	2,29	23,5
Fransa	4,59	15,5	36,8	2,04	4,58	119,10	1,65	22,8
Almanya	4,56	16,5	63,9	2,12	4,59	234,56	2,23	20,4
Yunanistan	4,72	14,1	16,4	2,95	4,68	85,03	2,02	17,4
Macaristan	4,55	13,0	22,5	2,58	4,59	110,00	1,57	23,6
İtalya	4,65	15,9	33,8	3,10	4,62	201,94	1,88	19,5
Letonya	4,50	13,2	14,8	2,89	4,52	33,50	1,31	28,0
Litvanya	4,46	13,2	21,2	1,89	4,51	48,90	1,36	21,8
Lüksemburg	4,61	14,8	46,3	2,23	4,62	216,03	2,99	19,0
Malta	4,46	10,5	10,2	2,88	4,53	1334,0	1,66	21,5
Hollanda	4,59	16,2	50,0	3,39	4,58	495,05	2,26	20,5
Polonya	4,48	14,0	17,7	2,66	4,51	124,30	2,08	21,2
Portekiz	4,62	14,1	22,6	2,52	4,58	114,28	1,63	19,4
Romanya	4,50	14,2	8,21	2,07	4,49	88,30	1,40	26,2
Slovakya	4,48	12,9	12,9	2,35	4,50	112,33	1,85	24,5
Slovenya	4,60	13,8	34,1	3,48	4,58	101,39	2,00	23,8
İspanya	4,62	15,9	32,1	1,79	4,56	91,83	1,83	23,0
İsveç	4,56	14,6	47,0	2,44	4,56	23,21	1,52	23,6
Ortalama	4,57	14,1	29,9	2,58	4,57	182,10	1,94	22,9

Tablo 2'de her bir ülke için analizde kullanılan serilerin yıl ortalamaları gösterilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, ülkeler arasında kişi başına GSYH ve reel kişi başına işgücü verimliliği açısından büyük farklılıklar bulunmadığı tespit edilmiştir. Hacimsel olarak dönüştürülmüş hammadde ticareti ve belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı, Almanya tarafından ortalamada en yüksek seviyede gerçekleştirilmiş olup, dönüştürülmüş hammadde ticaretini ülkeler arasında en düşük miktarda Malta yapmıştır. Belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı ise, Romanya'da en düşük oranda gerçekleşmiştir. GSYH'nin yüzdesi olarak çevresel vergi gelirleri en az İspanya'da iken, en fazla oran Hollanda tarafından kaydedilmiştir. Tablodaki ortalama verilere göre, nüfusun en yoğun olduğu ülke Malta olup, en az nüfus yoğunluğuna sahip ülke ise, Finlandiya'dır. Letonya, ülkeler arasında kişi başına en düşük karbon dioksit emisyonuna sahiptir. Kişi başına en yüksek karbon dioksit emisyonu ise, Lüksemburg'da gerçekleşmiştir. Brüt sermaye oluşumunun GSYH içindeki payı, %29 olarak Estonya'da en fazla olup, bu pay %17,44 ile Yunanistan'da en düşük seyir kaydetmiştir.

Korelasyon matrisi (Tablo 3) dikkate alındığında GSYH ile dönüştürülmüş hammadde ticareti ve belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı arasındaki ilişkinin istatistikî açıdan anlamlı ve pozitif olduğu görülmektedir. Ayrıca işgücü verimliliği ile GSYH arasındaki ilişkinin de pozitif ve istatistikî açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. İstatistikî açıdan anlamlı olan brüt sermaye oluşumu ile GSYH arasındaki ilişkinin negatif olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca, dönüştürülmüş hammadde ticareti ve belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı aralarında yüksek korelasyon bulunduğu için iki farklı model oluşturulmuştur. Varyans artış faktörü (VIF), iki farklı model için sırasıyla 1,19 ve 1,22 olarak hesaplanmış olup, çoklu doğrusallık probleminin bulunmadığını göstermektedir. Ayrıca Tablo 3'teki korelasyonlar da bu sonucu doğrulamaktadır.

Tablo 3. Korelasyon matrisi

	<i>lkbgsyh</i>	<i>lgdticaret</i>	<i>geridönüşüm</i>	<i>çevreveri</i>	<i>işgücüverimliliği</i>	<i>nüfusyoğunluğu</i>	<i>lkbCO₂</i>	<i>sermaye</i>
<i>lkbgsyh</i>	1							
<i>lgdticaret</i>	0,2***	1						
<i>geridönüşüm</i>	0,4***	0,7***	1					
<i>çevreveri</i>	0,03	-0,2***	-0,03	1				
<i>işgücüverimliliği</i>	0,9***	0,2***	0,4***	0,05	1			
<i>nüfusyoğunluğu</i>	-0,13	-0,2***	-0,03	0,18	-0,03	1		
<i>lkbCO₂</i>	0,14	0,2***	0,3***	0,08	0,2**	0,01	1	
<i>sermaye</i>	-0,2***	-0,14	-0,3***	-0,3***	-0,3***	-0,2	0,02	1

Not: *, **, *** %10, %5 ve %1 seviyelerinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Çalışmada Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'deki modeller kullanılmıştır.

$$lkbgsyh_{it} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}lgdticaret_{it} + \alpha_{2,i}çevreveri_{it} + \alpha_{3,i}işgücüverimliliği_{it} + \alpha_{4,i}nüfusyoğunluğu_{it} + \alpha_{5,i}lkbco2_{it} + \alpha_{6,i}sermaye_{it} + \varepsilon_{1it} \quad (1)$$

$$lkbgsyh_{it} = \beta_{0,i} + \beta_{1,i}geridönüşüm_{it} + \beta_{2,i}çevreveri_{it} + \beta_{3,i}işgücüverimliliği_{it} + \beta_{4,i}nüfusyoğunluğu_{it} + \beta_{5,i}lkbco2_{it} + \beta_{6,i}sermaye_{it} + \varepsilon_{2it} \quad (2)$$

Burada, *i* ve *t*, ülke ve yıl için indisleri göstermektedir. Ayrıca, oran şeklinde alınmış seriler hariç olmak üzere, kişi başına GSYH, dönüştürülmüş hammadde ticareti, reel kişi başına işgücü verimliliği ve kişi başına CO₂ emisyonları serilerinin doğal logaritması alınmıştır.

Dönüştürülmüş hammadde ticareti, belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı değişkenleri döngüsel; kişi başına CO₂ emisyonları ise yeşil ekonomiyi temsil etmek üzere kullanılmıştır. Nüfus yoğunluğu sürdürülebilir kalkınma için gösterge niteliği taşımaktadır. İşgücü verimliliği ve brüt sermaye oluşumu ise büyüme için oldukça önem arz eden değişkenler olmakla birlikte çevresel etkileri bulunmaktadır. Dönüştürülmüş hammadde ticareti, belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı, reel kişi başına işgücü verimliliği ve brüt sermaye oluşumunun kişi başına GSYH'yi olumlu yönde etkilemesi beklenirken çevresel vergi gelirlerindeki artışların kişi başına GSYH'yi azaltması beklenmektedir. Ancak, nüfus yoğunluğu ve kişi başına CO₂ emisyonları ile büyüme arasındaki ilişki için literatürde bir görüş birliğine varılamamaktadır.

Analize ilk önce serilerin durağanlığının sınanmasıyla başlanmıştır. Ülkeler arasındaki heterojenliği ve ayrıca yatay kesit bağımlılığını dikkate alabilmek amacıyla Pesaran (2007)'in literatüre kazandırdığı yatay kesit ile genişletilmiş IPS (CIPS) ikinci nesil birim kök testi kullanılmıştır. Değişkenlerdeki, yatay kesit bağımlılık ve ülkeler arası heterojenlik sırasıyla, Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılık testi (Pesaran CD testi) ve Pesaran ve Yamagata (2008) homojenlik testi kullanılarak tespit edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının ve heterojenliğin dikkate alındığı Westerlund (2007)'nin hata düzeltmeye dayalı panel eş bütünleşme testi uygulanarak, eş bütünleşme ilişkisinin varlığı irdelenmiştir. Eşbütünleşme bulunmadığından serilerin birinci farkı alınarak eğim heterojenliği varsayımı altında yatay kesit bağımlılığını da modele dâhil eden Pesaran (2006) tarafından geliştirilen Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup (Common Correlated Effects Mean Group) tahmincisi kullanılmıştır. Monte Carlo deneyleri sonucu, Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup ve Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler tahmincilerinin küçük örneklem özelliklerinin tatmin edici olduğu ve eğim katsayılarının homojen olduğu durumlarda da her iki tahmincinin de kullanılabilirliği Pesaran (2006) tarafından gösterilmiştir. Juodis ve diğerleri (2021) ise Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler tahmincisinin tutarlı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

4. AMPİRİK BULGULAR

2004 ve 2018 yılları arasındaki 24 Avrupa ülkesi için panel analiz teknikleri kullanılarak, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarından döngüsel ve yeşil ekonomiye dair değişkenleri de içeren çeşitli faktörlerin kişi başına GSYH üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Uygun yöntemi bulmak için ilk aşamada değişkenlerin durağanlık seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, yatay kesit bağımlılık ve homojenlik

testleri kullanılarak, serilere uygulanacak birim kök testi belirlenmiştir. Bu bağlamda, Tablo 4'te yatay kesit bağımlılık, homojenlik ve panel birim kök testlerine ait sonuçlar yer almaktadır. Sonuçlara göre, serilerde yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik bulunmaktadır. Pesaran (2007) CIPS testi sonuçlarına göre ise, panel serilerinin durağan olmadığı, fakat birinci dereceden farklarının durağan olduğu, diğer bir ifadeyle I(1) oldukları bulunmuştur.

Tablo 4. Yatay kesit bağımlılık, homojenlik ve birim kök testleri

	Pesaran CD testi	Homojenlik Testi	Pesaran (2007) (CIPS)			
			Sabitli		Sabitli ve Trendli	
			0	1	0	1
<i>Gecikme sayısı</i>						
lkbgsyih	35,08***	-2,193**	1,408	0,163	1,812	-0,241
Δ lkbgsyih			-3,402***	-1,942**	-2,518***	-2,424***
lgdticaret	11,99***	0,458	-1,798**	-0,129	-1,303*	-0,610
Δ lgdticaret			-8,324***	-3,533***	-6,167***	-1,43*
geridönüşüm	32,03***	-0,106	-1,845**	0,119	-0,189	1,724
Δ geridönüşüm			-9,325***	-1,79**	-6,69***	1,641
çevreveri	4,11***	-1,476	1,065	1,237	0,725	1,822
Δ çevreveri			-6,335***	-2,906***	-4,216***	-1,877**
işgücüverimliliği	33,22***	-1,522	-0,783	-0,517	-0,357	0,702
Δ işgücüverimliliği			-7,52***	-3,401***	-5,406***	-2,156**
nüfusyoğunluğu	0,28	3,955***	3,346	3,096	3,989	-0,583
Δ nüfusyoğunluğu			-0,868	-1,514*	-1,042	-1,419*
lkbCO ₂	37,90***	0,084	-1,953**	-1,931**	-1,415*	0,549
Δ lkbCO ₂			-10,037***	-5,586***	-7,692***	-3,632***
sermaye	31,76***	-2,211**	-1,442*	-2,504***	-0,006	-2,799***
Δ sermaye			-6,342***	-4,753***	-4,665***	-2,775***

Not: *, **, *** %10, %5 ve %1 seviyelerinde test istatistiğinin istatistiksel anlamlılığını göstermektedir. Δ , birinci farkı ifade etmektedir. Pesaran (2007) (CIPS) testi için kritik değerler, %10, %5 ve %1 seviyelerinde sabitli model için sırasıyla, -2,11, -2,22 ve -2,45 iken, sabitli ve trendli model için ise, -2,65, -2,77 ve -3'tür. Pesaran ve Yamagata (2008) homojenlik testi her bir değişken için, birim kök testinde kullanılan model dikkate alınarak uygulanmıştır.

Seriler, birinci farkta durağan oldukları için, aralarındaki eş bütünleşme ilişkisinin varlığı, Westerlund (2007) eş bütünleşme testi kullanılarak incelenmiştir (Tablo 5). Boş hipotez, eş bütünleşmenin yokluğunu ifade etmektedir. Ga ve Gt test istatistikleri, bütün ülkeler için eş bütünleşmenin yokluğunu, en az bir ülke için eşbütünleşmenin varlığını gösteren alternatif hipoteze karşı test ederken, Pa ve Pt test istatistikleri ise, boş hipotezi, bütün ülkeler için eşbütünleşmenin varlığını gösteren alternatif hipoteze karşı test etmektedir. Eş bütünleşme vektörünün ülkeler arasında heterojen olduğu varsayılmaktadır. Çalışmada Bartlett kernel spektral tahmin yöntemi kullanılmaktadır. *, **, *** %10, %5 ve %1 seviyelerinde test istatistiğinin istatistiksel anlamlılığını göstermektedir. p değerleri, bootstrap metodu sonucu elde edilmiştir. Tablo 4'te verilen test sonuçlarına göre, uzun dönem bir ilişkinin varlığından söz edilememektedir. Bu durumda serilerin birinci dereceden farkı alınarak elde edilen Tablo 5'deki Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup tahminleme yöntemine dayalı sonuçlar kullanılabilir. Karşılaştırma amaçlı olarak, Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler tahmincisinden elde edilen sonuçlara da yer verilmiştir.

Tablo 5. Westerlund (2007) eşbütünleşme testi

Test	Model 1		Model 2	
	İstatistik	p değeri	İstatistik	p değeri
Gt	-4,691	0,51	-0,124	0,67
Ga	-0,435	0,39	-0,06	0,72
Pt	-3,925	0,53	-8,063	0,35
Pa	-0,468	0,44	-0,503	0,53

Tablo 6'da yer alan analiz sonuçlarına göre, kişi başına GSYH üzerine dönüştürülmüş hammadde ticaretinin ve nüfus yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Ülke bazında sonuçlara bakıldığında ise⁵, Yunanistan'da dönüştürülmüş hammadde ticaretinin ekonomik büyüme

⁵ Yazarlardan istenildiği takdirde detaylı sonuçlar, sağlanacaktır.

üzerine olumlu ve istatistiki anlamlı etkisi bulunurken, Bulgaristan ve Macaristan için ise, ekonomik büyüme üzerine negatif etkisi bulunmuştur. Nüfus yoğunluğunun negatif etkileri, Avusturya ve Bulgaristan için söz konusu olmaktadır. Buna karşın; Litvanya, Malta ve Polonya için nüfus yoğunluğunun ekonomik büyüme üzerinde artırıcı etkisi olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 6. Analiz sonuçları

Değişken (dlkbgsyih)	Model 1		Model 2	
	Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler (CCEP)	Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup (CCEMG)	Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler (CCEP)	Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup (CCEMG)
dlgdticareti	0,00399823 (0,00447453)	0,00153778 (0,00626169)		
dgeridönüşüm			0,000539* (0,00030763)	0,00070684 (0,00060242)
dçevrevergi	-0,03361314*** (0,00650501)	-0,02572625** (0,01103039)	-0,03409396*** (0,00648494)	-0,02413386** (0,01022437)
dlişgücüverimliliği	0,65803951*** (0,05325768)	0,80332309*** (0,0807304)	0,66973472*** (0,05300134)	0,77378335*** (0,08707464)
dnüfusyoğunluğu	0,00019007 (0,00029689)	0,00165012 (0,01862557)	0,00022571 (0,00029582)	0,00053904 (0,01987456)
dlkbCO ₂	0,05117156*** (0,01668629)	0,01301017 (0,03273567)	0,05411187*** (0,01629103)	0,02861208 (0,0267636)
dsermaye	0,00601419*** (0,00044501)	0,00597956*** (0,00106402)	0,00599994*** (0,00044347)	0,00621283*** (0,00103869)
sabit	0,00601994 (0,00442429)	0,00960772 (0,00700555)	0,00606925 (0,00440645)	0,01156109** (0,00543651)

Not: *, **, *** %10, %5 ve %1 seviyelerinde test istatistiğinin istatistiksel anlamlılığını göstermektedir.

Belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranının ve kişi başına CO₂ emisyonlarının, kişi başına GSYH'yi artırıcı istatistiki olarak anlamlı etkisi, Havuzlanmış Ortak Bağımlı Etkiler tahmincisinden elde edilen sonuçlarda gösterilmektedir. Belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranının artışının ekonomik büyüme katkısı, Avusturya, Litvanya ve Slovakya için bulunmuşken, kişi başına CO₂ emisyonlarının büyüme etkisi Bulgaristan, Kıbrıs ve Macaristan için gösterilmektedir.

Reel kişi başına işgücü verimliliği ve brüt sermaye oluşumu değişkenlerindeki artışlar, kişi başına GSYH'yi istatistiksel olarak artırırken, çevresel vergi gelirlerindeki artışlar olumsuz yönde etkilemektedir. Ortak Bağımlı Etkiler Ortalama Grup tahminleme sonuçlarına göre, dönüştürülmüş hammadde ticareti, reel kişi başına işgücü verimliliği ve kişi başına CO₂ emisyonları değişkenlerindeki %1'lik artışlar, sırasıyla kişi başına GSYH'yi %0,0015, %0,80 (model 2'ye göre %0,77) ve %0,013 (%0,029) oranında artırmaktadır. Belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı, nüfus yoğunluğu ve brüt sermaye oluşumu değişkenlerindeki 1 birimlik artışlar ise, sırasıyla %0,0007, %0,0017 (model 2'e göre %0,0005) ve %0,00598 (Model 2'ye göre %0,0062) oranlarında kişi başına GSYH'de artışlar sağlanmaktadır.

Geri dönüşümün ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, doğrusal ekonomide atık hale gelen tüketilen mallarının, döngüsel ekonomide dönüşüme tabi tutulması suretiyle tekrar üretime hammadde olarak dahil edilerek ekonomik büyümeye pozitif katkı sağlaması şeklinde açıklanabilmektedir. Geri dönüşümün ekonomik büyümeye olan olumlu etkisinin varlığına dair elde edilen bulgular, literatürde Razzaq ve diğerleri (2021), Ateş (2021), Hysa ve diğerleri (2020), Busu (2019) ve George ve diğerleri (2015) ile benzerlik göstermektedir.

Ampirik analizler neticesinde elde edilen sonuçlar, reel kişi başına işgücü verimliliğinin büyümeyi arttırdığına işaret etmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesine yönelik olarak yapılan çevreye duyarlı üretim faaliyetleri bir yandan büyümeye pozitif katkı sağlarken; diğer yandan işgücüne, geleneksel sektörlere kıyasla daha iyi çalışma koşulları sunmaktadır (Günaydın, 2015). Çalışma koşullarındaki iyileşmeler ise verimliliği pozitif yönde etkilemektedir.

Kişi başına CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisinin olduğuna dair ampirik kanıtlar elde edilmiştir. CO₂ emisyonları genel olarak üretim vb. insan faaliyetleri gibi sebeplerle fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak emisyonlar, üretim artışına neden olarak büyümeye

pozitif katkı sağlarken, diğer yandan iklim değişikliği başta olmak üzere çevresel tahribatları beraberinde getirmektedir. CO₂ emisyonları ve ekonomik büyüme ilişkisinin literatürde genellikle Çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde ele alındığı görülmektedir (Chen ve diğerleri 2019; Stern 2017; Apergis 2015; Bo 2011; Groosman ve Krueger 1991). Çevresel Kuznets eğrisi, ekonomik büyümenin, ilk aşamada çevresel kirliliği artırdığını, sonraki aşamalarda ise çevresel koşulları dikkate alan üretime geçilmesi nedeniyle büyüme artışının kirliliğe daha az neden olduğunu ortaya koymaktadır. Ampirik bulgular neticesinde elde edilen CO₂ emisyonlarının büyüme üzerindeki pozitif etkisinin, sanayileşmenin ileriki aşamasında çevre konusundaki bilincin artması ve temiz çevre talebinin artması gibi nedenlerle göz ardı edilmek isteneceği beklenilmektedir. Sabit sermaye oluşumu ile büyüme arasında pozitif yönlü ilişki bulunması da literatür ile tutarlıdır. Büyüme için temsili değişken olarak sermaye oluşumunun kullanılması da söz konusu olabilmektedir (Gibescu, 2010).

Çevresel vergi gelirlerindeki 1 birimlik artışlar ise, kişi başına GSYH'yi %0,026 (Model 2'ye göre ise, %0,024) kadar azaltmaktadır. Çevresel vergi gelirlerinin çevreyi kirleten ekonomik faaliyetlerin azaltılması ve daha çok doğada çözünen çevreye daha az zarar veren üretim ve tüketim alışkanlıklarının kazandırılması amacıyla yansıtıldığı ve iktisadi literatürde bu tür vergilerin daha çok Pigou tipi vergiler olarak adlandırıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla çevresel vergiler ile büyüme arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu düşünülmektedir (Bedir ve Güneş, 2016).

Yeşil büyümeyi temsil eden CO₂ emisyonlarının ve çevresel vergi gelirlerinin; döngüsel ekonomiyi temsil eden dönüştürülmüş hammadde ticareti ve belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranının büyüme üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında genel olarak çevresel vergi gelirlerinin döngüsel ekonomiyi temsil eden değişkenlere göre daha büyük katsayıya sahip olduğu görülmektedir. Ancak, üretim artışının kişi başına emisyonları artırması çevresel tahribata neden olurken büyümeye pozitif katkı sağlaması dolayısıyla yeşil büyümeyi olumsuz etkilediği sonucuna varılmaktadır. Bundan dolayı sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde döngüsel ekonomi modelinin hem çevre dostu hem de dolayısıyla insan sağlığı için önemli olduğu söylenebilmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada, 2004 ve 2018 yıllarında 24 Avrupa ülkesi için panel analiz teknikleri kullanılarak, sürdürülebilir kalkınmanın araçları olarak kabul edilen döngüsel ve yeşil ekonomiye dair değişkenleri de içeren çeşitli faktörlerin kişi başına GSYH üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Dönüştürülmüş hammadde ticareti, belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı değişkenleri döngüsel, kişi başına CO₂ emisyonları ve çevresel vergi gelirleri ise yeşil ekonomiyi temsil etmek üzere kullanılmıştır. Nüfus yoğunluğu sürdürülebilir kalkınma için gösterge niteliği taşımaktadır. İşgücü verimliliği ve brüt sermaye oluşumu ise büyüme için oldukça önem arz eden değişkenler olmakla birlikte çevresel etkileri bulunmaktadır. Bulgular, dönüştürülmüş hammadde ticareti, belediyeye ait atığın geri dönüşüm oranı, reel kişi başına işgücü verimliliği, nüfus yoğunluğu, kişi başına CO₂ emisyonları ve brüt sermaye oluşumunun kişi başına GSYH üzerinde olumlu etkilerini göstermektedir. Geri dönüşümün ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, doğrusal ekonomide var olan al-kullan-at modeline karşın döngüsel ekonomide atık hale gelen malların dönüşüme tabi tutulması suretiyle ortaya çıkmaktadır. Tekrar üretime hammadde olarak dahil edilen tüketim malları sosyo-ekonomik performansın yanı sıra geri kazanılmış çevresel bütünlüğe dayalı refahı arttırmaktadır. Çevreye duyarlı üretim faaliyetleri ekosistemde bulunan işgücüne de daha iyi çalışma koşulları sunmaktadır. Daha iyi çalışma koşullarına sahip işgücünün verimliliği artarak yine büyüme desteklenmektedir. Yeşil büyümeyi temsil etmek üzere kullanılan değişkenlerden biri olan kişi başına CO₂ emisyonları literatürde çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde ele alınmaktadır. CO₂ emisyonları genel olarak üretim vb. insan faaliyetleri gibi sebeplerle fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak üretim artışının kişi başına emisyonları artırması çevresel tahribata neden olurken büyümeye pozitif katkı sağlamaktadır. Çevresel tahribatı azaltan enerji politikalarının oluşturulması çevresel koşulları dikkate alarak üretim yapma imkânı tanıyacaktır. Çevre koruma stratejisi olarak kabul edilen enerji verimliliğini dikkate alan üretim teknikleri, bir yandan kaynak tasarrufu ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlarken diğer yandan azaltılmış emisyonlar yoluyla sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesine katkı sağlayacaktır (Naimoğlu ve Akal, 2021).

Yeşil büyümeyi temsil etmek üzere kullanılan çevresel vergi gelirlerindeki artışların kişi başına GSYH'yi negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Pigou tipi vergi olarak adlandırılan çevresel vergi gelirlerinin çevreyi kirleten ekonomik faaliyetlerin azaltılması ve daha çok doğada çözünen çevreye daha az zarar veren üretim ve tüketim alışkanlıklarının kazandırılması amacıyla yansıtıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla çevresel vergiler ile büyüme arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Bu çerçevede yeşil büyüme ve döngüsel ekonomiyi temsil eden değişkenler ele alındığında döngüsel ekonominin hem büyüme hem de çevre dostu olduğu net bir şekilde görülmektedir. Ülkelerin döngüsel ekonomiyi teşvik edecek politikaları yaygınlaştırması, özendirme ve yönlendirme faaliyetlerini artırması önem arz etmektedir. Tüketiciler ve üreticilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesi için

sağlacakları katkıları; tüketicilerin tüketimlerini etik ve çevresel duyarlılığı dikkate alan tüketici bilinci ile yapması gerektiği, üreticilerin ise üretimlerini daha az doğal kaynak, enerji kullanımı ve daha az atık üretimi ile gerçekleştirmeleri şeklinde sıralanabilmektedir (Hekimci, 2015).

İzleyen çalışmalarda, sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin hedeflerin gerçekleşmesinde uygulanacak ekonomi modellerinin üçlü sarmal çerçevesinde incelenerek, bu hedeflerin gerçekleşmesine ilişkin kamu sektörü, sivil toplum kuruluşları ve özel sektörün yaklaşımlarının değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca özellikle döngüsel ekonomi için veri kısıtı sebebiyle çalışmaya sadece 24 AB ülkesi dahil edilebilmekte ve zaman boyutu yetersiz olduğundan panel veri analizi tekniği kullanılmaktadır. Zaman boyutunun yeterli olması durumunda ülkeler özelinde inceleme yapılması önem arz etmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Yunus Açcı: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-oriijinal taslak Gülsüm Akarsu: Metodoloji, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Reyhan Cafrı: Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Yunus Açcı: Literature review, Conceptualization, Makale Writing-original draft Gülsüm Akarsu: Methodology, Modelling, Writing-review and editing Reyhan Cafrı: Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Al, İ. (2019). "Sürdürülebilir Kalkınma ve Yeşil Ekonomi: Türkiye için Bir Endeks Önerisi", *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 112-124.
- Al-Qudah, A.A., Al-Okaily, M. ve Alqudah, H. (2022). "The Relationship Between Social Entrepreneurship and Sustainable Development from Economic Growth Perspective: 15 'RCEP' countries", *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 12(1), 44-61.
- Alonso-Almeida, M.D.M., Rodríguez-Antón, J.M., Bagur-Femenías, L. ve Perramon, J. (2020). "Sustainable Development and Circular Economy: The Role of Institutional Promotion on Circular Consumption and Market Competitiveness from a Multistakeholder Engagement Approach", *Business Strategy and the Environment*, 29(6), 2803-2814.
- Apergis, N. ve Öztürk, I. (2015). "Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries". *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- Ateş E. (2021), "Döngüsel Ekonomi Kapsamında GSYİH ile Geri Dönüşüm İlişkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Örneği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 125-137.
- Aydın, H.İ. ve Nasıroğlu, M.M. (2020) "Avrupa Birliği Üyelik Sürecinde Türkiye'nin Yeşil Büyüme Göstergelerinin Değerlendirilmesi". *Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 1-30.
- Bartelmus, P. (2013). "The Future We Want: Green Growth or Sustainable Development?", *Environmental Development*, 7, 165-170.
- Bedir, S. ve Güneş, H. (2016). "Çevre Vergileri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: AB Ülkeleri için Eşbütünlük ve Nedensellik Analizleri", *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (616), 9-21.
- Bo, S. (2011). "A Literature Survey On Environmental Kuznets Curve", *Energy Procedia*, 5, 1322-1325.
- Busu, M. ve Trica, C.L. (2019). "Sustainability of Circular Economy Indicators and Their Impact on Economic Growth of the European Union", *Sustainability*, 11(19), 1-13.
- Chen, X., Huang, B. ve Lin, C.T. (2019). "Environmental Awareness and Environmental Kuznets Curve", *Economic Modelling*, 77, 2-11.
- Fay, M. (2012). "Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development", World Bank Publications.
- Feng, K. ve Lam, C.Y. (2021). "An Overview of Circular Economy in China: How the Current Challenges Shape the Plans for the Future", *The Chinese Economy*, 54(5), 355-371.
- Hekimci, F. (2015). "Sürdürülebilir Yerel Kalkınma ve "Yavaş Şehirler". *Verimlilik Dergisi*, (4), 77-112.
- Hickel, J., ve Kallis, G. (2020). Is Green Growth Possible?., *New Political Economy*, 25(4), 469-486.
- Houssini, K. ve Geng, Y. (2022). "Measuring Morocco's Green Growth Performance", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 1144-1154.
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N.U. ve Laurenti, R. (2020). Circular Economy Innovation and Environmental Sustainability Impact on Economic Growth: An Integrated Model for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(4831), 1-16.
- George, D.A., Lin, B.C.A., ve Chen, Y. (2015). A Circular Economy Model of Economic Growth. *Environmental Modelling & Software*, 73, 60-63.
- Gibescu, O. (2010). "Does the Gross Fixed Capital Formation Represent a Factor for Supporting the Economic Growth?", *MPRA Paper No. 50135*.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement.
- Gu, J., Renwick, N. ve Xue, L. (2018). The BRICS and Africa's Search for Green Growth, Clean Energy and Sustainable Development. *Energy Policy*, 120, 675-683.
- Günaydın, D. (2015). Yeşil İşler ve İşgücü Piyasasına Etkileri. *Journal of Management and Economics Research*, 13(3), 503-525.
- Jermstipparsert, K., Pamornmast, C., ve Sriyakul, T. (2020). "Sustainable Development and Circular Economy: Functional vs. Economic Wellbeing in ASEAN", *Journal of Security & Sustainability Issues*, 10(O): 414-425.
- Juodis, A., Karabiyik, H. ve Westerlund, J. (2021). On the Robustness of the Pooled CCE Estimator. *Journal of Econometrics*, 220(2021), 325-348.
- Kararach, G., Nhamo, G., Mubila, M., Nhamo, S., Nhemachena, C. ve Babu, S. (2018). "Reflections on the Green Growth Index for Developing Countries: A Focus of Selected African Countries", *Development Policy Review*, 36, O432-O454.
- Kasztelan, A. (2017). "Green Growth, Green Economy and Sustainable Development: Terminological and Relational Discourse", *Prague Economic Papers*, 26(4), 487-499.

- Kazzi, H. (2014). "Green Growth and Sustainable Development in The Arab Countries", *European Scientific Journal*,10(14), 567-578.
- Martínez, C.I.P. ve Poveda, A.C. (2021). "The Importance of Science, Technology and Innovation in the Green Growth and Sustainable Development Goals of Colombia. *Riğas Tehniskas Universitates Zinatniskie Raksti*, 25(1), 29-41.
- Mundaca, L. ve Markandya, A. (2016). "Assessing Regional Progress Towards a 'Green Energy Economy". *Applied Energy*, 179, 1372-1394.
- Nahman, A., Mahumani, B.K. ve De Lange, W.J. (2016). "Beyond GDP: Towards a Green Economy Index", *Development Southern Africa*, 33(2), 215-233.
- Naimoğlu, M. ve Akal, M. (2021). "Enerji Verimliliği Üzerine Arz Ve Talep Yönlü Genel Bir Bakış", *Verimlilik Dergisi*, (3), 3-20
- Nhamo, G. (2014). "From Sustainable Development through Green Growth to Sustainable Development Plus", *International Journal of African Renaissance Studies*, 9, (2), 20-38.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: döngüsel ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 196-204.
- Özcan, K.Y. (2019). Yeşil Yeni Düzen ve Yeşil Büyüme Bağlamında Kayseri, Sakarya, Hatay ve Samsun Örnekleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1013-1031.
- Pesaran, M.H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", *IZA Discussion Paper*, No. 1240.
- Pesaran, M.H. (2006) "Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure", *Econometrica*, 74(4), 967-1012
- Pesaran, M.H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in The Presence of Cross Section Dependence", *Journal Of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M.H. ve Yamagata, T. (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Razzaq, A., Sharif, A., Najmi, A., Tseng, M.L. ve Lim, M.K. (2021). "Dynamic and Causality Interrelationships from Municipal Solid Waste Recycling to Economic Growth, Carbon Emissions and Energy Efficiency Using a Novel Bootstrapping Autoregressive Distributed Lag". *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105372.
- Sarkar, A.N. (2013). "Promoting Eco-Innovations to Leverage Sustainable Development of Eco-Industry and Green Growth", *European Journal of Sustainable Development*, 2(1), 171-171.
- Stern, D.I. (2017). "The Environmental Kuznets Curve after 25 Years", *Journal of Bioeconomics*, 19(1), 7-28.
- Türkmen, M.A. ve Kılıç, F. (2020). "Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışına Yönelik Döngüsel Ekonomi Modeli", *Third Sector Social Economic Review*, 55(4), 2538-2556.
- Westerlund, J. (2007). "Testing for Error Correction in Panel Data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- Yılmaz, V. (2018). "Sürdürülebilir Kalkınma ve Yeşil Büyüme Arasındaki İlişki", *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79-89.
- Yılmaz, V. (2019). Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonominin Bibliyometriği. *Enderun*, 3(2), 60-72.
- Zaman, K., Bin Abdullah, A., Khan, A., Bin Mohd Nasir, M.R., Hamzah, T.A.A.T., ve Hussain, S. (2016), Dynamic Linkages Among Energy Consumption, Environment, Health and Wealth in BRICS Countries: Green Growth Key to Sustainable Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1263-1271.

OECD Ülkelerinin Yeşil Lojistik Performansı ile Enerji, Sağlık Ekonomisi ve Çevre İlişkisinin Analizi

Pınar KAYA SAMUT¹

ÖZET

Amaç: Ülkelerin yüksek lojistik performans göstermeleri, ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma konularında oldukça büyük bir öneme sahipken; bir yandan da bu faaliyetlerin büyük ölçüde enerjiye bağımlı olması çevreye ve sağlığa ciddi zararlar verir. Yeşil lojistik yönetiminin benimsenmesi ile çevresel ve sağlık anlamında sorunlar azalırken, ekonomik olarak da iyileşme sağlamak mümkündür. Bu çalışmada, OECD ülkelerindeki yeşil lojistik faaliyetlerin, sağlık ekonomisi, çevre ve enerji ile ilişkilendirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin OECD ülkelerine göre lojistik endeksi, enerji, ekonomi ve çevre durumu ile Türkiye'nin yıllar içindeki yeşil lojistik endeksi seyri incelenmektedir.

Yöntem: Çalışmada, OECD ülkelerinin Lojistik Performans Endeksi ve alt endeksleri ile Enerji, Çevre ve Ekonomi alt göstergeleri arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon ile analiz edilmektedir. Sekiz adet denklemin kestirildiği çalışmada, 2007-2018 yılları arası analiz edilmektedir.

Bulgular: Analizlerin sonucunda, Lojistik Performans Endeksinin alt göstergelerinin yenilenebilir enerji ile negatif ve anlamlı, sağlık harcamaları ile pozitif ve anlamlı ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca, Türkiye'nin en düşük performans alt göstergesi gümrükleme süreci olarak tespit edilmiştir.

Özgünlük: Bu çalışmanın, OECD ülkelerini, yeşil lojistik performansları ve bu performansların enerji, çevre ve ekonomi ile ilişkileri açısından değerlendiren ve Türkiye'nin OECD ülkelerine göre nerede olduğunu irdeleyen bir çalışma olması ile özgün ve ilgili yazınına katkı sağlayan nitelikte bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Lojistik, Lojistik Performans Endeksi (LPI), OECD.

JEL Kodları: E70, H11, Q59.

Analysis of the Green Logistics Performance of OECD Countries and the Relationship of Energy, Health Economics and Environment

ABSTRACT

Purpose: While the countries' high logistics performance is of great importance in terms of economic growth and sustainable development, the fact that these activities are highly dependent on energy causes serious damage to the environment and health. With the adoption of green logistics management, it is possible to achieve economic improvement while reducing environmental and health problems. In this study, it is aimed to associate green logistics activities in OECD countries with health economics, environment and energy. In addition, Türkiye's logistics index, energy, economy and environmental status according to OECD countries and Türkiye's green logistics index progress over the years are examined.

Methodology: In the study, the relationship between the 'Logistics Performance Index' and sub-indices of OECD countries and the 'Energy', 'Environment' and 'Economy' sub-indicators are analyzed by correlation and regression. In the study, eight equations are estimated, to analyze the years of 2007-2018

Findings: As a result of the analysis, it was found that the sub-indicators of the Logistics Performance Index have a negative and significant relationship with renewable energy, and a positive and significant relationship with health expenditures. In addition, Türkiye's lowest performance sub-indicator has been identified as the customs clearance process.

Originality: The study makes contribution to the relevant literature, OECD countries in terms of their green logistics performances and their relations with energy, environment and economy and analysing Türkiye in comparison with OECD countries.

Keywords: Green Logistics, Logistics Performance Index (LPI), OECD.

JEL Codes: E70, H11, Q59.

¹ Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Antalya, Türkiye, pinarsamut@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3778-733X.

1. GİRİŞ

Uluslararası ticarete son yıllarda küreselleşme ile birlikte artan rekabet, lojistik yönetimini de ürünlerin hareketliliğini kolaylaştıran, maliyetleri en aza indirgeyerek güvenli ve hızlı bir şekilde ulaşımını sağlamak konularında daha etkin olmaya ve verimli süreçler tanımayaya itmiştir. Küresel dünyada kıtaları birbirine bağlayan lojistik, küresel tedarik zincirinde, yük taşımacılığı, bilgi paylaşımı ve envanter depolama gibi faaliyetlerin entegrasyonunu sağlaması açısından büyük önem arz etmektedir (Khan ve diğerleri, 2018). Ekonominin sürdürülebilir kalkınmasındaki önemi tartışılmaz olan küresel lojistik faaliyetlerin, büyük ölçüde enerjiye bağımlı olması ise fosil yakıt tüketimini, karbondioksit ve sera gazı salınımını arttırması ile çevreye ve sağlığa ciddi zararlar vermektedir. Dünya sağlık örgütü, yılda 7 milyon kişinin hava kirliliğine bağlı hastalıklar sebebiyle öldüğünü ve bu ölümlerin 4 milyonunun Sahra altı Afrika, Asya'nın büyük bir kısmı ile Avustralya ve Yeni Zelanda dışında kalan Okyanus bölgelerinde gerçekleştiğini raporlamışlardır. 2019'da dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisi temel olarak temiz yakıtlara ve teknolojiye dayanmasına ve hatta 2000 yılında bunun %30'luk bir artış sergilemesine rağmen bunun tüm dünya genelinde yetersiz olduğu Dünya Sağlık Örgütü (2021)'nin raporunda belirtilmektedir. Türkiye açısından ise 2016 yılında hava kirliliği nedeniyle gerçekleşen ölüm oranı %46,6 olup, yeşil enerji kullanımının önemi ülkemiz için de açıktır (Dünya Sağlık Örgütü, 2021).

Bu nedenlerle, özellikle son yıllarda, firmalar, çevresel sürdürülebilirlikten ödün vermeden ekonomik büyümeye katkı sağlamak için lojistik faaliyetlerinde yeşil uygulamaları benimsemeye başlamışlardır. Yeşil uygulamalar, ürünlerin ekolojik tasarımını, yeşil üretim/malzeme yönetimini, hammadde ve bileşenlerin yeşil satın alınmasını, yeşil ulaşım ve yeşil dağıtım/pazarlama ve tersine lojistik faaliyetlerini içermektedir (Khan ve diğerleri, 2019). Esasen yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevreye verilecek zararın en aza indirgenecek şekilde tedarik zincirinin içerisine çevresel kaygıların entegrasyonudur. Bu bağlamda, yeşil tedarik zinciri yönetim sürecinin temel alt bileşenlerinden biri olan yeşil lojistik, son yıllarda, küreselleşme, pazar rekabeti, müşteri talepleri ve yeni pazarların keşfedilmesi ile önemi artan bir kavram olmuştur (Isaksson ve diğerleri, 2011).

Firmaları, yeşil lojistiğe en fazla zorlayan sebepler, kurumsal ve yasal baskılar olup, bu uygulamalar firmalara ek yatırım maliyeti getirmektedir. Fakat bir yandan da yeşil lojistik, firmalara karbondioksit emisyonlarında azalma, maliyet avantajı, artan işletme performansı gibi avantajlar da sağlamaktadır (Keskin, 2017). Bu bağlamda, yeşil lojistik uygulamaları, firmalara yatırım, operasyonel, eğitim harcamaları ve çevre dostu ürün ve malzemelerin alınmasında maliyet yaratırken; diğer yandan depolama, envanter, sipariş işleme, taşıma, paketleme, enerji tüketim maliyetlerinde azalma sağlamaktadır (Korucuk, 2018). Bu açıdan, yeşil lojistiğin firmaların verimliliklerine etkisi olumlu yönde iken; yeşil lojistik, dünya ekonomisi açısından da verimliliği arttırmada lojistik faaliyetlerinin yol açtığı hava kirliliği, iklim değişikliği gibi ek maliyetleri ortadan kaldırma görevini üstlenmektedir. Yine, yeşil lojistiğin firmalara sağladığı kurumsal imajın geliştirilmesi ve müşteri memnuniyeti gibi avantajlar, performansın en önemli belirleyicilerinden biri olan rekabet gücünün artmasını sağlayarak firmaların verimliliğine dolaylı bir katkı sağlamaktadır. Firmalar, ulaşım ve lojistik operasyonlarında biyoyakıtlar ve yenilenebilir enerji gibi yeşil enerji kaynaklarını kullanarak çevresel sürdürülebilirliği sağlarken, bu sayede yarattıkları rekabet avantajı ile müşteri sadakatinin artması, uluslararası pazarlarda daha iyi bir imaj ve merkezi çevre politikaları ile Avrupa ülkelerine daha fazla ihracat fırsatı yakalayabilirler (Leigh ve Li, 2015; Khan ve diğerleri, 2018).

Tüm bu açılardan, ülkeler için yeşil lojistiğin gerekliliği açıktır. Bu nedenle, yeşil lojistik faaliyetlerinin enerji tüketimi, ekonomi, sağlık ve çevresel boyutlarla bağlantılarının irdelenmesi, yeşil lojistik yönetiminin etkin bir şekilde sürdürülebilmesinde önem arz etmektedir. Bu çalışmada, bu amaçla, 2007-2018 yılları arasındaki OECD ülkelerine ait Lojistik Performans Endeksi (LPI) ve alt endeksleri ile Enerji, Çevre ve Ekonomi alt göstergeleri arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon ile analiz edilmektedir. Böylece, yeşil lojistik faaliyetleri teşvik eden ülkelere ait ekonomik göstergelerin ışığında, OECD ülkelerindeki lojistik faaliyetlerin, sağlık ekonomisi, çevresel faktörler ve enerji talebi ile ilişkilerinin durumu ortaya konulmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin OECD ülkelerine göre lojistik endeks, enerji, ekonomi ve çevre durumu ile yıllar içindeki yeşil lojistik endeks seyri incelenmekte ve Türkiye'nin OECD ülkeleri arasındaki yeri ortaya konularak nasıl bir gelişim gösterilebileceği üzerine tartışılmaktadır. OECD ülkelerini yeşil lojistik performansları ve bu performansların enerji, çevre ve ekonomi ile ilişkileri açısından değerlendiren kapsamlı bir çalışma olan bu çalışma gerek içerdiği geniş değişken yelpazesi gerekse LPI'nin yayınlandığı tüm yılları kapsamaması ve Türkiye'nin OECD ülkelerine göre nerede olduğunu irdemesi açılarından özgün ve ilgili yazınına katkı sağlayan nitelikte bir çalışmadır.

Çalışmanın bundan sonraki ikinci bölümünde, yeşil lojistik ile enerji, çevre ve sağlık ekonomisi arasındaki ilişkinin anlatıldığı kavramsal çerçeve bölümü yer almaktadır. Üçüncü bölümde yeşil lojistik alanında yazılmış yerli ve yabancı literatüre yer verildikten sonra, dördüncü bölümde yöntem ve veriler

anlatılmaktadır. Bulguların verilip tartışıldığı beşinci bölümün ardından, sonuç bölümü ile çalışma tamamlanmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Tedarik zinciri yönetiminde, arz noktalarından tüketiciye, mal, hizmet ve bilgi akışının verimli bir şekilde olması için planlama, uygulama ve kontrol mekanizmalarını kuran lojistik kavramı çok önemlidir (De Souza ve diğerleri, 2007). Günümüzde artık küresel lojistik kavramının önem kazanmasıyla, firmalar ürünlerinin daha hızlı, güvenli ve en az maliyetle ulaşımını sağlayarak uluslararası arenada rekabet güçlerini artırma yollarına gitmişlerdir. Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ)'nün 2013 yılında onaylamış olduğu "Ticareti Kolaylaştırma Anlaşması" ile birlikte, ülkeler, transit ticaret dahil olmak üzere lojistik faaliyetlerin teslim ve gümrük işlemlerini daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirme olanağına sahip olmuşlardır. Bu anlaşma ile Türkiye için de gümrük idareleri, bilişim ve iletişim teknolojileri ve güvenlik koşulları anlamında sağlanan imkânlardan yararlanma fırsatı doğmuştur (Aynagöz Çakmak, 2016). Bu çerçevede Gümrük Birliği'ndeki uygulamalara önemli ölçüde uyum sağlansa da ülkelerin lojistik performanslarının uluslararası endeksler ile değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gereği doğmaktadır. Bu amaçla, Dünya Bankası tarafından iki yılda bir LPI ölçülmekte, bu endeks kapsamında ülkelerin gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik yeterlilik, takip ve izleme ve zamanında teslimat kriterlerine göre performansları elde edilmektedir. Bu kapsamda LPI, altı adet alt performans göstergesi içermektedir. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki lojistiğin rolünü ölçmek, karşılaştırma yapmak ve ticari küreselleşmenin zorunlu kıldığı ilerlemelere gerçekten hazır olan ülkeleri belirlemek amacı güden endeks, lojistik tedarik zincirinin verimliliğini ortaya koyan önemli bir araçtır.

Lojistik performans, günümüzde artık çevresel boyutu da kapsayan bir kavram olup, firmaları lojistik faaliyetlerini yeşil uygulamalar doğrultusunda gerçekleştirmeye itmektedir. Firmalar bir yandan rekabet üstünlüğü sağlamaya çalışırken, bir yandan da sosyal, çevresel ve ekonomik konularda da sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirmeye çalışmakta, bu da 'yeşil tedarik zinciri' ve yeşil uygulama stratejisini benimseyen 'yeşil lojistik' kavramlarını ortaya çıkarmaktadır (Korucuk, 2018). Bu bağlamda yeşil lojistik, ürünlerin üretiminden dağıtımına kadar olan süreçteki tüm faaliyetlerini en hızlı, güvenilir ve en az maliyetle yaparken; salınım oranı az yakıtların tüketilmesi, enerji kullanımının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, otomasyon ve elektromanyetik sistemlerin aktif kullanılarak kâğıt kullanılmayan çevre dostu bir iletişimin benimsenmesi, karbon ayak izlerinin ve farklı dağıtım stratejilerinin çevresel etkilerinin ölçülmesi, ölçümlerin karşılaştırılarak çevreye daha az zararlı projelerinin tercih edilmesi, yeşil binaların ve çevreci filoların kullanılması ve uluslararası standart belgelerinin sağlanması gibi uygulamaları benimsemektedir (Kutlu ve Yalçiner Ercoşkun, 2021). Bu çerçevede, Karaman ve diğerleri (2020), yeşil lojistik konusundaki literatürdeki kanıtların, LPI'nin alt göstergelerinin, sera gazı ve karbon emisyonları ve enerji tüketimi gibi çevre üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu gösterdiğini belirtmektedir. Bu nedenle de ülkelerin çevresel sürdürülebilirliğinde önemli rol oynayan LPI, lojistik endüstrisinin çevresel performansını yansıtan ve dolayısıyla ulusal düzeyde yeşil lojistik performansını ölçen bir makro gösterge olarak kabul edilmektedir.

Bu bağlamda, bu çalışmada LPI alt göstergeleri yeşil lojistik performansını göstermekle birlikte, bu endekslerle enerji, sağlık ekonomisi ve çevre arasındaki ilişkiler OECD ülkeleri açısından analiz edilecektir. Lojistik faaliyetler sürdürülebilir kalkınmaya ve büyümeye önemli katkılar sunmaktadır. Diğer yandan, lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi enerji tüketimini de beraberinde getirmektedir. Diğer bir ifadeyle; lojistik sektörü, ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir rol oynarken bir yandan da özellikle kullanılan enerji tipi fosil yakıt ise çevreye zarar vermektedir. Lojistik faaliyetler, su ve havayı kirleterek sadece çevreye zarar vermekle kalmamakta, aynı zamanda astım atakları, akciğer fonksiyonlarında zayıflama, mezotelyoma, pulmoner, çocuklarda kanser ve akut alt solunum yolu enfeksiyonları gibi pek çok sağlık sorununa da neden olmaktadır (Dekker ve diğerleri, 2012). Halk sağlığının bozulması ise daha fazla sağlık harcamasına neden olurken, aynı zamanda üretimdeki iş gücünün de sektöre uğraması nedeniyle büyüme ve kalkınma açılarından da gerilemeye yol açmaktadır. Sağlıklı işgücü daha üretken olacağından toplam faktör verimliliğini ve kişi başına düşen GSYİH'ı artırmaktadır (Cafrı Açı ve Kaya Samut, 2021). Bu bağlamda, lojistik faaliyetlerin çevreye ve sağlığa verdiği zararların en aza indirildiği uygulamaların kullanılması sağlık ekonomisine de katkıda bulunacaktır. Lojistik faaliyetlerde yenilenebilir enerji ve yeşil uygulamaların kullanılması, hava kirliliği, iklim değişikliği, küresel ısınma gibi çevresel ve sağlık sorunlarının önlenmesinde oldukça önemlidir (Khan ve diğerleri, 2018). Ülkelerin yeşil lojistik ve yenilenebilir enerji ile çevresel performanslarının ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir yavaşlama yaratmaksızın gelişebilmeleri ve dahası sera gazı ve karbon emisyonlarının yol açtığı sağlık sorunlarının azalması ile de sağlık ekonomisi anlamında daha karlı bir duruma geçebilmeleri mümkündür (Aldakhil ve diğerleri, 2018; Ruamsok ve diğerleri, 2009). Dolayısıyla, ülkelerin yeşil lojistik performansları ile enerji tüketimi, sağlık ekonomisi ve çevre arasındaki ilişkilerin incelenmesi önem arz etmektedir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Yeşil uygulamaların lojistik operasyonlara uygulanmasının tüm dünyada öneminin artması ile birlikte, son yıllarda yeşil lojistik alanındaki makalelerin sayısında da büyük bir artış olmuştur. Öyle ki, Çavdar (2021), 2000-2021 yılları arasında yapılmış olan yeşil lojistik alanına yönelik literatürü incelemiş ve 77 adet esere ulaşmıştır. Bu alanda en fazla yayına Çin ve ABD sahip iken, Türkiye'nin de ilk yirmide yer aldığını belirten yazar; içerik analizi sonucunda yeşil lojistik kavramının, sürdürülebilir gelişme ve çevre kavramları ile yakın bir ilişkide olduğunu gözlemlemiştir. Bu kısımda önce yeşil lojistik yazınında dünyadan bazı örneklerle, ardından da ülkemizdeki ilgili yazına yer verilecektir.

Zaman ve Shamsuddin (2017), 2007-2014 arası dönem için 27 Avrupa ülkesinin, lojistik performans endekslerinin, ulusal ölçekteki ekonomik göstergeler, enerji, çevre ve sağlık ekonomisi üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Diğer yandan, Khan ve diğerleri (2018), küresel lojistik anlamında en iyi olan 43 ülkeyi, 2007-2016 yılları arasındaki yeşil lojistik performansları açısından irdelemiş; bu bağlamda bu ülkelerin yeşil lojistik ile enerji talebi, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkisini Panel Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile analiz etmişlerdir. Khan ve diğerleri (2019) ise gelişmekte olan Asya ekonomilerinde 2001 ile 2017 yılları arasındaki, yeşil lojistik endeksleri ile ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler arasındaki ilişkiyi Tam Modifiye En küçük Kareler Kestirimi (FMOLS) ve Dinamik En küçük Kareler Kestirimi (DOLS) modelleri ile incelemişlerdir. Sinyal teorisinden faydalanarak, yeşil lojistik ile sürdürülebilirlik raporlaması arasındaki ilişkiyi araştıran Karaman ve diğerleri (2020), bu üç makaleden farklı olarak lojistik performans alt kalemleri, GSYİH ve enerji değişkenlerine ek olarak küresel raporlama girişimi verilerinden faydalanmıştır. Bu bağlamda, 117 ülke için 2007-2016 dönemine panel veri analizi uygulayarak, yeşil lojistik performansı ile sürdürülebilirlik raporlaması ile bağlantısını araştırmışlardır. Yine benzer bir çalışma niteliğinde olan Yu ve diğerleri (2018)'ne ait çalışmada, yazarlar, 2008-2017 dönemi için dünyanın gelişmiş ekonomiye sahip 19 ülkesinde yeşil lojistik ile enerji talebi, yenilenebilir enerji tüketimleri, çevresel performans ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yazarlar, panel veri analizi sonucunda elde edilen bulgularla yeşil lojistik performansı ile ulusal ölçekteki ekonomik ve çevresel göstergeler arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak; uygulayıcıların, üst düzey yöneticilerin ve politika yapıcıların, lojistik operasyonlarda yenilenebilir enerji ve yeşil uygulamaların önemini anlamalarına yardımcı olduklarını ifade etmektedirler.

Khan ve diğerleri (2019), Güney Asya Bölgesel İşbirliği Birliği (SAARC) ülkelerinin yeşil lojistik operasyonları ile sosyal, çevresel ve ekonomik göstergeleri arasındaki ilişkiyi Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ve Yapılabilir Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (FGLS) yöntemleri ile incelemişlerdir. Khan ve Qianli (2017), ulusal ekonomi ve çevresel göstergeler ile yeşil lojistik performans arasındaki ilişkiyi irdeledikleri bu çalışmalarında, 1981 ile 2016 arası İngiltere verilerini analiz etmişlerdir. Yazarlar, uzun ve kısa vadeli bu ilişkileri anlamak için otoregresif dağıtılmış gecikme yöntemini kullanmışlardır. Arslan ve Şar (2018), ilaç sektöründeki yöneticilerin yeşil lojistik davranışlarını yapısal eşitlik modeli (YEM) ile modelleyerek, firmalara yeşil lojistikte yer almaları için bir rehber oluşturma amacı gütmüşlerdir. Tüzün Rad ve Gülmez (2017), çalışmalarında sürdürülebilirlik ve lojistik kavramlarını çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları açısından ele alarak, bu bağlamda yeşil lojistiğin önemini irdeleyerek işletmelere önerilerde bulunmuşlardır.

Kawa ve Pierański (2021), e-ticarette yeşil lojistik yaklaşımının müşteri memnuniyeti ve sadakati üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında, Polonya'daki e-perakendecilerinin bulunduğu veri tabanını kullanarak 592 anket uygulamış ve yapmış oldukları analizlerin sonucunda yeşil lojistik, memnuniyet ve sadakat arasındaki ilişkiyi doğrulamışlardır. Li ve diğerleri (2021), Bir Kuşak ve Yol Girişimi (One Belt and Road Initiative) ülkelerinin (OBRI) 2007-2019 yılları için yeşil lojistik performanslarının büyüme ve çevre üzerine etkilerini analiz etmişlerdir. Jefimovaité ve Vienažindienė (2021), yeşil lojistik ilkelerin uygulanması için bir model sunmaktadırlar. Yeşil lojistik faaliyetlerini içeren model ile işletmelere bu uygulamaların yararlarını göstermek amaçlanmaktadır.

Remenyik ve diğerleri (2021), Macaristan'da yeşil lojistik ile turizm arasındaki ilişkiyi, yapmış oldukları anket ile analiz ederlerken; Jinru ve diğerleri (2021), yeşil lojistik ve yeşil finansmanın COVID-19 pandemisinde ekonomiye etkilerini Çin imalat sektörü ekseninde YEM ile analiz etmişlerdir. Zhang ve diğerleri (2020), yeşil lojistik politikalarının etkilerini derinlemesine görüşmelerle irdeleyerek, yeşil lojistik politikalarının (GLP) etkinliğini belirleyen; GLP sisteminin mükemmelliği, hükümetin yeşil yönetim kapasitesi, lojistik işletmelerinin GLP'yi algılama düzeyi, sosyal denetim düzeyi ve lojistik sektörünün gelişmişlik düzeyi gibi beş ana faktörün olduğu sonucuna varmışlardır.

Ülkemizde de yeşil lojistik alanında yazılmış makalelerden bazılarına değinilecek olursa, bunlardan biri olan Yurtkuran (2021) çalışmasında, 1995-2016 yılları için Türkiye'de lojistik, ekonomik büyüme ve CO₂ salımı arasındaki ilişkiyi, Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi çerçevesinde analiz ettiği görülmektedir. Çalışmada, Fourier Otoregresif Gecikmesi Dağıtılmış (ADL) Eşbütünleşme Testi, Tam Değiştirilmiş En

Küçük Kareler (FMOLS), Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (CCR) uzun dönem tahmincileri ve Toda-Yamamoto (TY) ve Fourier TY nedensellik yöntemleri kullanılmış olup, Türkiye’de yeşil lojistik operasyonların faaliyete geçmesi için uygun yapısal reformların gerçekleştirilmesi gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır. Mete (2020) ise yeşil lojistik kavramını, sürdürülebilir kalkınma kapsamında ele almış ve 2010-2018 yılları için Avrupa Birliği ve Türkiye’de gerçekleşen lojistik faaliyetlerin sera gazı ve CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini panel regresyon model ile analiz etmiştir.

Firma bazlı çalışmalardan olan Yangınlar ve Sarı (2017), işletmeleri yeşil lojistik uygulamalarına zorlayan sebepler üzerine yapmış oldukları araştırma çerçevesinde, İstanbul’da faaliyet gösteren devlet, üniversite ve özel hastanelere anket uygulamışlardır. Yine, Korucuk (2018), yeşil lojistik uygulamalarının rekabet gücü ve performans üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla, Ankara’daki kamu, üniversite ve özel hastanelerin çalışanlarına anket uygulamıştır. Kutlu ve Yalçın Ercoşkun (2021), Türkiye’deki lojistik firmalarının yeşil lojistik uygulamaları kapsamında aldıkları önlemleri araştırmışlar, bu bağlamda 17 firma arasından yeşil lojistik uygulamaları açısından en başarılı firmayı belirlemiştir.

Lojistik firmalarının çevresel yenilik performanslarını değerlendiren Peker ve diğerleri (2019) ise iki aşamalı Bulanık AHP- Bulanık VIKOR yöntemi uygulayarak, bu bağlamda en önemli iki kriterin yeşil tasarım ve yeşil enerji olduğunu ortaya koymuştur. Özkaya ve Kazançoğlu (2020), lojistik firmalarını yeşil tedarik zinciri yönetimine yönlendiren etkenlerin neler olduğunu derinlemesine görüşme tekniği ile araştırmış; Karamaşa (2020) ise gıda işletmelerinde yeşil lojistik uygulamalarını etkileyen faktörleri nütrosifik DEMATEL yöntemi ile analiz etmiştir. Akandere (2021), dijitalleşme düzeyinin etkisi ile yeşil lojistik uygulamalarının lojistik performans etkisinin araştırdığı çalışmada, Türkiye’den 320 katılımcıya uyguladığı anket sonuçlarını faktör analizi ve yapısal eşitlik modelleme (YEM) ile analiz etmiştir.

OECD ülkelerini, yeşil lojistik performansları ve bu performansların enerji, çevre ve ekonomi ile ilişkileri açısından değerlendiren bu çalışmada kullanılan değişkenlere benzer değişkenlerin ilgili literatürde kullanımına rastlanılmakla birlikte, OECD ülkeleri üzerine yapılmış benzer bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca, bu çalışma yeni bir çalışma olması nedeniyle en son yayınlanan LPI de analizlere dahil ederek, OECD ülkeleri için 2007-2018 yıllarını kapsayan en geniş kapsamlı çalışma olma niteliğine sahiptir. Bunların yanı sıra, bu çalışma, Türkiye’nin yıllar içindeki yeşil lojistik endeks seyrini ve lojistik endeks, enerji, ekonomi ve çevre değişkenleri açısından OECD ülkelerine göre yerini değerlendiren bir çalışma olarak yerli ve yabancı literatürdeki bu bağlamlardaki boşlukları doldurma hedefindedir.

4. YÖNTEM ve VERİ

Ekonomik kalkınmada büyük öneme sahip olan lojistik faaliyetlerde yeşil politikaların uygulanmaması, sadece çevresel değil aynı zamanda ekonomik sorunlara da neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, OECD ülkelerinde, yeşil lojistik performansı ile çevresel faktörler, sağlık ekonomisi ve enerji talebi arasındaki ilişki Eşitlik 1 ile incelenmektedir. Böylece, yeşil lojistik faaliyetleri teşvik eden ülkelere ait ekonomik göstergelerin ışığında, OECD ülkelerindeki lojistik faaliyetler, sağlık ekonomisi, çevresel faktörler ve enerji talebi ile ilişkilendirilmektedir.

$$L_i = \beta_0 + \beta_1 Enerji_i + \beta_2 Çevre_i + \beta_3 Ekonomi_i \quad (1)$$

Bu değişkenleri Zaman ve Shamsuddin (2017), Khan ve diğerleri (2018), Khan ve diğerleri (2019) ve Karaman ve diğerleri (2020) denklemlerinde kullanmışlardır. Zaman ve Shamsuddin (2017), enerji, çevre ve ekonomiyi bağımlı; lojistik performans alt endeksleri, Doğrudan Yabancı Sermaye girişleri, endüstri katma değeri ve ticari açıklık değişkenlerini bağımsız değişkenler olarak alıp bazı Avrupa Birliği ülkeleri için; Khan ve diğerleri (2018), lojistik alt kalemlerini bağımlı ve enerji, sağlık ekonomisi, çevresel ve kontrol değişkenlerini bağımsız değişkenler olarak almak suretiyle 43 ülke için; Khan ve diğerleri (2019) ise lojistik alt kalemlerini bağımlı ve çevresel, sosyal ve ekonomik büyüme değişkenlerini bağımsız değişken olarak alıp Asya ülkeleri için yeşil lojistik ile çeşitli değişkenler arasındaki bağlantıyı araştırmışlardır. Bu çalışmalardan farklı bir amaç taşısa da Karaman ve diğerleri (2020) de yine lojistik performans endeksinin alt bileşenlerini, GSYİH ve enerji değişkenlerini bağımsız; küresel raporlama girişimi değerlerini bağımlı değişken olarak alıp 117 ülke için yeşil lojistik performansın sürdürülebilirlik raporlaması ile bağlantısını araştırmışlardır.

Dünya’nın çeşitli bölgelerinde lojistiğin rolünü ölçmek ve karşılaştırma yapabilmek, ticari küreselleşmenin zorunlu kıldığı ilerlemelere gerçekten hazır olan ülkeleri belirlemek gibi amaçlarla Dünya Bankası tarafından yayınlanan LPI, ihracat şirketlerinden uluslararası düzeyde en çok ticaret yaptıkları ülkelere dair istenilen verilere göre oluşturulmakta ve böylece lojistik tedarik zincirinin verimliliğini ölçülebilmektedir (Marti ve diğerleri, 2017). İleri 2007’de yayınlanan endeksin, ikincisi 2010 yılında yayınlanmış; bu tarihten sonra da iki yılda bir toplanmıştır. Yayınlanan en son lojistik performans endeksi 2018 yılına ait olup şimdiye kadar toplam altı adet yayınlanmıştır. 2007 yılında yedi kriter varken, sonraki değerlendirmelerde Yurtiçi Lojistik Maliyetler kriteri, 2010 yılı itibarıyla değerlendirme dışı bırakılmıştır.

(Tanyaş, 2014). Dünya Bankası tarafından toplanan endeks, toplam endeks ve altı adet alt endekslerinden oluşmaktadır. LPI, lojistik endüstrisinin çevresel performansını yansıtan ve dolayısıyla ulusal düzeyde yeşil lojistik performansını ölçen bir makro göstere olarak kabul edilmektedir (Dünya Bankası, 2017). Bu bağlamda, yeşil lojistik performansın, enerji, ekonomi ve çevre ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada, LPI'nin tümü ve bu altı adet olan alt bileşenler tek tek ele alınarak bağımlı değişken olarak kullanılmışlardır.

Eşitlik 1'de bağımlı değişken olarak görülen L , lojistik performansı ifade etmekte olup, lojistik performansın alt bileşenlerini içermektedir. Lojistik performansın alt bileşenleri şu şekildedir:

1. Lojistik hizmetlerin yetkinliği ve kalitesi (LPIQLS),
2. Sevkiyatı takip etme yeteneği (LPITTC),
3. Rekabetçi fiyatlara sahip sevkiyatın düzenlenmesi (LPICPS),
4. Ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapının kalitesi (LPIQTTI),
5. Gönderilerin alıcıya program dahilinde ulaşma sıklığı (LPIST),
6. Gümrükleme sürecinin verimliliği (LPICCP).

Lojistik performans endeksleri, 1 ile 5 arasında değerler almakta ve en düşükten en yüksek performansa doğru gitmektedir. Eşitlik 1'de görülen bağımsız değişkenlerden ilki olan Enerji, enerji talebi değişkenlerini göstermekte olup, bu değişkenler Enerji Kullanımı (ENJ) ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi (YEN)'dir. Çevre, çevresel faktörleri içermekte olup, Fosil Yakıt Tüketimi (FOS), Toplam Sera Gazı Emisyonlarını (SER) ve Karbondioksit Emisyonlarını (CO_2) kapsamaktadır. Son olarak Ekonomi ise ekonomik sağlık faktörlerini ifade etmekte olup, Kişi Başına Sağlık Harcamaları (SAGH) ve Kişi Başına Gayrisafi Yurtiçi Hasılayı (GSYİH) içermektedir. Tablo 1'de bağımsız değişkenlere ait bilgiler detaylı olarak verilmiştir. Modelde kullanılan tüm değişkenler Dünya Bankası (2018) veri tabanından alınmıştır.

Tablo 1. Bağımsız değişkenler

	Kısaltma	Ölçümü
<i>Enerji</i>		
Enerji kullanımı	ENJ	1 000 \$ GSYİH başına kg eşdeğer petrol (sabit 2017 satın alma gücü paritesi (SAGP))
Yenilenebilir enerji tüketimi	YEN	Toplam enerji tüketimi içindeki yüzdesi (%)
<i>Çevre</i>		
Fosil yakıt enerji tüketimi	FOS	Toplam enerji tüketimi içindeki yüzdesi (%)
Toplam sera gazı emisyonları	SER	Kt CO_2 eşdeğeri
Karbondioksit emisyonları	CO_2	Kişi başına metrik ton
<i>Ekonomi</i>		
Kişi başına cari sağlık harcaması	SAGH	Cari ABD Doları
Kişi başına Gayrisafi Yurtiçi Hasıla	GSYİH	SAGP (cari uluslararası \$)

OECD ülkelerinin yeşil lojistik endekslerinin değerlendirildiği bu çalışmada, yöntem olarak öncelikle tanımlayıcı istatistiklere ve grafik yöntemine yer verilmiştir. Bu kısımda, analizler, lojistik performans endeksinin şimdiye kadar yayınlandığı yılların tümü (2007, 2010, 2012, 2014, 2016 ve 2018) için gerçekleştirilmiştir. Bu yıllar için enerji, çevre ve ekonomi değişkenlerinin tümü ile LPI ve LPI-alt endekslerinin tümü analizlere dahil edilmiştir. 2007'de İzlanda'nın, 2012'de de İsrail'in lojistik performans endeksi verileri mevcut olmadığından, sadece bu yıllar için bu ülkeler analizlere dahil edilememiştir. Çalışmada daha sonra Korelasyon ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntem ise tüm değişkenlere ve ülkelere ait verilerin eksiksiz olduğu en yakın tarih olan 2014 yılı için kestirilmiştir. Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi ile lojistik performans alt endekslerine ve endeksin tümüne göre ilişki tek tek kestirilmiştir olup, Eşitlik 2-8 arasında verilen denklem formları kullanılmıştır.

$$LPIQLS_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (2)$$

$$LPITTC_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (3)$$

$$LPICPS_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (4)$$

$$LPIQTTI_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (5)$$

$$LPIST_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (6)$$

$$LPICCP_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (7)$$

$$LPI_i = \beta_0 + \beta_1 ENJ_i + \beta_2 YEN_i + \beta_3 FOS_i + \beta_4 SER_i + \beta_5 CO_2_i + \beta_6 SAGH_i + \beta_7 GSYIH_i \quad (8)$$

Çalışmada yöntem olarak kullanılan çoklu regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişkenin değerindeki değişmelerin bağımlı değişken değeri üzerindeki etkilerini matematiksel fonksiyon ile ifade

eden bir yöntemdir (Gujarati, 2003). Korelasyon analizi ise iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ve yönünü bulmak için kullanılmaktadır. Regresyon analizi, bir sebep-sonuç ilişkisi içinde değişkenler arasındaki bağıntıyı incelerken; korelasyon analizi herhangi bir sebep-sonuç ilişkisi kurmadan sadece değişkenler arasındaki ilişkinin yön ve derecesinin bulunmasını sağlamaktadır (Archdeacon, 1994). Bu bağlamda, çalışmada her iki analiz kullanılarak yeşil lojistik endeks, enerji, çevre ve ekonomi değişkenleri arasındaki ilişkiler incelenmektedir.

5. BULGULAR

Bu çalışmada, öncelikle OECD ülkelerinin yeşil lojistik performanslarının irdelenmesi ve Türkiye'nin OECD ülkelerinin arasındaki yerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Ayrıca, ülkelerin lojistik performansları ile enerji, sağlık ekonomisi ve çevre değişkenleri arasındaki ilişki de detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. Bu çerçevede, Dünya Bankası tarafından oluşturulan LPI bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. LPI'nin, LPIQLS, LPITTC, LPICPS, LPIQTTI, LPIST ve LPICCP olmak üzere 6 adet alt performans göstergesi bulunmaktadır. Kavramsal çerçeve bölümünde ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere, LPI'nin alt göstergelerinin çevre üzerinde neden olduğu etkilerin önemi kanıtlandığından, bu göstergeler lojistik endüstrisinin çevresel performansını yansıtan ve dolayısıyla ulusal düzeyde yeşil lojistik performansını ölçen bir makro gösterge özelliğindedirler. Çalışmada öncelikle tanımlayıcı istatistiklere ve grafik yöntemine yer verilecek, ardından regresyon ve korelasyon analizleri ile devam edilecektir.

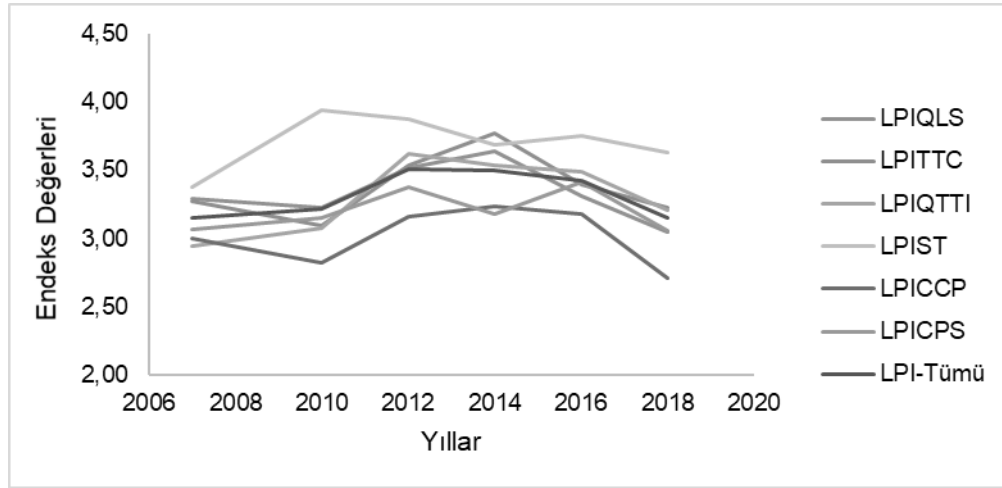
Tablo 2'de LPI endeksi ve alt göstergelerine ilişkin 2007-2018 yıllarına ait OECD ülkeleri ve Türkiye için tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. LPI'nin şimdiye kadar yayınlanmış tüm değerlerinin (2007-2018) ortalamasına bakıldığında ve endeksin 1 ile 5 arasında değerler aldığı göz önünde bulundurulduğunda, OECD ülkelerinin tüm endeks değerlerinde, ortalamanın üstünde performans sergiledikleri görülmektedir. Aynı şekilde Türkiye de gümrükleme sürecinin verimliliğinde orta düzeyde bir performans sergilerken, diğer tüm endekslerde 3'ün üzerinde değer almıştır. Fakat Türkiye iyi bir performans sergilese de tüm performans endeksi değerlerinde OECD ortalamasının altında kalmıştır.

Tablo 2'de OECD ülkelerinin en yüksek ortalama performansı, LPIST endeksinde yakaladıkları görülmektedir. Bunu LPITTC takip etmektedir. OECD ülkeleri gibi Türkiye'nin bu yıllar arasında en yüksek performans gösterdiği endeksler bu ikisi olmuştur. Bu da Türkiye'nin zamanlama ve yük izleme kriterlerinde daha yüksek performans kaydettiğini göstermektedir. OECD ülkelerinin en düşük ortalama performans değeri LPICPS ve LPICCP alt endekslerine aittir. Bu durum Türkiye için de aynı şekilde gerçekleşmiştir. Türkiye, en düşük performansını gümrükleme ve ardında da uluslararası sevkiyat alanlarında göstermiştir. LPI'nin tümüne bakıldığında, OECD ortalaması 3,57 iken Türkiye'nin ortalaması 3,33'tür. Bu yıllar arasında alınan maksimum değer 4,23 olduğu düşünüldüğünde, Türkiye'nin bu konuda performansı artırıcı önlemler alması gerektiği görülmektedir.

Tablo 2. LPI ve alt endeksleri tanımlayıcı istatistikler (2007-2018)

<i>Endeksler</i>	<i>Ortalama (OECD)</i>	<i>Standart Sapma (OECD)</i>	<i>Minimum (OECD)</i>	<i>Maksimum (OECD)</i>	<i>Ortalama (Türkiye)</i>
LPIQLS	3,55	0,45	2,43	4,32	3,34
LPITTC	3,63	0,44	2,55	4,38	3,38
LPICPS	3,38	0,35	2,53	4,24	3,21
LPIQTTI	3,54	0,53	2,28	4,44	3,31
LPIST	3,94	0,38	2,87	4,80	3,71
LPICCP	3,38	0,46	2,1	4,21	3,02
LPI	3,57	0,41	2,50	4,23	3,33

Türkiye'nin yıl bazında LPI ve alt endekslerinin seyrinin görüldüğü Şekil 1 incelendiğinde, endeksin tümünde 2012'de yakalanan çıkışın korunamamaya, 2016 ve 2018'de düşerek devam ettiği görülmektedir. Türkiye, 2007 yılında 30., 2010'da 39., 2012'de 27., 2014'te 30. ve 2016'da 34.sırada yer almıştır. 2018 yılında ise 160 ülke içerisinde 47.sırada yer alarak şimdiye kadarki en kötü performansını sergilemiştir (Dünya Bankası, 2018b). Türkiye'nin ortalama performanslar açısından en düşük değere sahip olduğu Gümrükleme Sürecinin Verimliliği (LPICCP) endeksinin de 2018 yılında gerilediği görülmektedir. Bu alt endeks, gümrük ve diğer sınır otoriteleri tarafından gerçekleştirilen işlemlerin verimliliğini ölçmektedir. UTİKAD (2018)'a göre bu endekste Türkiye'nin hem önemli ölçüde puanının azalmasının hem de 22 sıra gerilemesinin nedeni, Türkiye ile ticari ilişkileri bulunan ülkelerin lojistik profesyonellerinin Türkiye'de gerçekleştirilen gümrük işlemlerinin verimliliğine dair önemli çekincelerinin bulunması ve daha da önemlisi tecrübe ettikleri olumsuzlukların olmasıdır. LPI'nin tümüne ve alt endekslerine bakıldığında, yakalanan performans artışının 2018 yılında korunamadığı görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye'nin yıllar bazında LPI ve alt endekslerinin seyri

Çalışmada, bağımsız değişkenler olarak Enerji, Çevre ve Ekonomi değişkenleri alınmaktadır. Tablo 3'te bu değişkenlere ilişkin 2007-2018 yıllarına ait OECD ortalamaları ve Türkiye değerleri verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere Türkiye'nin 'yenilenebilir enerji' tüketiminin OECD ortalamasının altında kaldığı görülmektedir, fosil yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonunun ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Enerji, Çevre ve Ekonomi değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler (2007-2018)

Değişkenler	Ortalama (OECD)	Standart Sapma (OECD)	Minimum (OECD)	Maksimum (OECD)	Ortalama (Türkiye)
ENJ	94,31	29,20	45,21	178,99	69,69
YEN	20,84	15,99	1,03	78,21	12,72
FOS	71,39	19,94	10,34	97,07	89,65
SER	400447,4	999950	3060	6797860	423060
CO2	7,84	4,10	1,35	23,21	4,47
SAGH	3439,99	2390,06	305,99	10515,32	493,16
GSYİH	38220,88	16926,2	9781,97	116965,6	21977,35

Tablo 4'te OECD ülkeleri için LPI ve alt göstergeleri ile enerji, sağlık ekonomisi ve çevre değişkenleri arasındaki korelasyon matrisi verilmiştir. LPI ile ekonomik göstergelerin pozitif ve anlamlı bir korelasyona sahip oldukları görülmektedir. OECD ülkelerinin, LPI endeksinin tümü ve alt endekslerinin hepsi hem GSYİH hem de sağlık harcamaları ile aynı yönlü anlamlı korelasyona sahiptirler. Bu durum, lojistik performans arttıkça ulusal gelirin arttığını, ama bir yandan da sağlığa yapılan harcamaların da arttığını göstermektedir. Zira, LPI endekslerinin tümünün CO₂ emisyonları ile de pozitif ve anlamlı ilişkisi olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, lojistik performansın artması, GSYİH'yi artırırken; CO₂ emisyonu ve dolayısıyla da sağlık harcamalarını arttırdıkları görülmektedir. Zaten, CO₂ emisyonunun yüksek olması bir yandan büyüme göstergesi iken, bir yandan da çevre ve sağlığa olumsuz etki eden bir durumdur. Diğer değişkenlere bakıldığında; enerji kullanımı ile yenilenebilir enerji tüketimi ile pozitif ve anlamlı, fosil yakıt tüketimi ile negatif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Buradan OECD ülkelerinin enerji tüketiminin büyük ölçüde yenilenebilir enerji olduğu sonucuna ulaşılabilir. Zaten yenilenebilir enerji tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki olduğundan, yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça fosil yakıt tüketiminin azalacağı görülmektedir. Zira CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki negatif ve anlamlı ilişki de bu çerçevede yenilenebilir enerji tüketiminin hem fosil yakıt tüketimini hem de CO₂ emisyonlarını azaltıcı etkisini göstermektedir. CO₂ emisyonlarının, GSYİH, sağlık harcamaları ve sera gazı emisyonları ile pozitif ve anlamlı ilişkisi ise beklenen bir durumdur. Büyüme ile CO₂ emisyonu arasındaki aynı yönlü ilişki, sağlık söz konusu olduğunda ters yöne dönmekte bu da sağlık harcamalarında artış anlamına gelmektedir.

OECD ülkelerinin yeşil lojistik endeksleri ile enerji, ekonomi ve çevre ilişkisinin analiz edilmesi için kestirilen regresyon denklemlerine ilişkin sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Lojistik performans alt endekslerine göre ilişkinin tek tek kestirilmiş olup, Eşitlik 2-8 arasında verilen denklem formları kullanılmıştır.

Tablo 4. Korelasyon matrisi

	<i>LPITTC</i>	<i>LPIQLS</i>	<i>LPICPS</i>	<i>LPICCP</i>	<i>LPIST</i>	<i>LPIQTTI</i>	<i>LPI</i>	<i>ENJ</i>	<i>YEN</i>	<i>GSİYH</i>	<i>FOS</i>	<i>CO2</i>	<i>SAGH</i>	<i>SER</i>
<i>LPITTC</i>	1	0,847**	0,712**	0,668**	0,745**	0,828**	0,880**	-0,041	-0,313	0,494**	0,215	0,391*	0,554**	0,327*
<i>LPIQLS</i>	0,847**	1	0,767**	0,881**	0,808**	0,940**	0,963**	0,013	-0,165	0,653**	0,133	0,458**	0,746**	0,250
<i>LPICPS</i>	0,712**	0,767**	1	0,763**	0,751**	0,791**	0,870**	-0,010	-0,183	0,584**	0,002	0,393*	0,551**	0,098
<i>LPICCP</i>	0,668**	0,881**	0,763**	1	0,710**	0,900**	0,905**	0,092	-0,002	0,725**	-0,024	0,484**	0,810**	0,150
<i>LPIST</i>	0,745**	0,808**	0,751**	0,710**	1	0,791**	0,876**	-0,158	-0,321*	0,698**	0,244	0,444**	0,615**	0,137
<i>LPIQTTI</i>	0,828**	0,940**	0,791**	0,900**	0,791**	1	0,965**	0,007	-0,214	0,692**	0,115	0,508**	0,790**	0,306
<i>LPI</i>	0,880**	0,963**	0,870**	0,905**	0,876**	0,965**	1	-0,015	-0,217	0,705**	0,125	0,493**	0,750**	0,237
<i>ENJ</i>	-0,041	0,013	-0,010	0,092	-0,158	0,007	-0,015	1	0,481**	0,032	-0,521**	0,269	0,035	0,076
<i>YEN</i>	-0,313	-0,165	-0,183	-0,002	-0,321*	-0,214	-0,217	0,481**	1	-0,016	-0,753**	-0,333*	0,118	-0,258
<i>GSİYH</i>	0,494**	0,653**	0,584**	0,725**	0,698**	0,692**	0,705**	0,032	-0,016	1	-0,014	0,589**	0,826**	0,138
<i>FOS</i>	0,215	0,133	0,002	-0,024	0,244	0,115	0,125	-0,521**	-0,753**	-0,014	1	0,191	-0,106	0,249
<i>CO2</i>	0,391*	0,458**	0,393*	0,484**	0,444**	0,508**	0,493**	0,269	-0,333*	0,589**	0,191	1	0,422**	0,429**
<i>SAGH</i>	0,554**	0,746**	0,551**	0,810**	0,615**	0,790**	0,750**	0,035	0,118	0,826**	-0,106	0,422**	1	0,328*
<i>SER</i>	0,327*	0,250	0,098	0,150	0,137	0,306	0,237	0,076	-0,258	0,138	0,249	0,429**	0,328*	1

** Korelasyon katsayısı %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

* Korelasyon katsayısı %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 5. Regresyon analizi sonuçları

	LPIQLS	LPITTC	LPICPS	LPIQTTI	LPIST	LPICCP	LPI-tümü
ENJ	0,0016 (1,3499)	0,0020 (1,2519)	0,0006 (0,4991)	0,0019 (1,4671)	0,0007 (0,5513)	0,0012 (1,0038)	0,0013 (1,2250)
YEN	-0,0071 (-1,5873)	-0,0130 (-2,1854)**	-0,0092 (-2,0279)**	-0,0134 (-2,6767)***	-0,0096 (-2,0242)**	-0,0037 (-0,8079)	-0,0093 (-2,2931)**
FOS	0,0029 (0,9215)	0,0010 (0,2340)	-0,0033 (-1,0343)	0,0005 (0,1454)	0,0016 (0,4835)	0,0018 (0,5813)	0,0007 (0,2328)
SER	0,0000 (-1,3072)	0,0000 (0,0784)	0,0000 (-0,8505)	0,0000 (-1,1242)	0,0000 (-0,9579)	-0,0001 (-2,3842)**	0,0000 (-1,2297)
CO2	0,0021 (0,1149)	-0,0164 (-0,6666)	-0,0010 (-0,0550)	0,0023 (0,1105)	-0,0095 (-0,4843)	0,0214 (1,1345)	-0,0003 (-0,0197)
SAGH	0,0001 (4,0808)***	0,0001 (2,2233)**	0,0001 (1,5346)	0,0002 (4,8661)***	0,0001 (1,6085)	0,0002 (4,8264)***	0,0001 (3,7186)***
GSYİH	0,0000 (-0,5070)	0,0000 (0,1419)	0,0000 (0,7020)	0,0000 (-0,5170)	0,0000 (1,6860)*	0,0000 (-0,7623)	0,0000 (0,1759)
Çoklu R ²	0,8131	0,6933	0,6708	0,8673	0,7908	0,8589	0,8337
R ²	0,6611	0,4807	0,4500	0,7522	0,6254	0,7378	0,6951
Düzeltilmiş R ²	0,5820	0,3595	0,3217	0,6944	0,5380	0,6766	0,6240
Standart hata	0,2424	0,3201	0,2437	0,2698	0,2557	0,2450	0,2180
F	8,3602***	3,9664***	3,5065***	13,0116***	7,1558***	12,0591***	9,7709***

***%1 düzeyinde anlamlıdır; ** %5 düzeyinde anlamlıdır; * %10 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 5'te her bir bağımlı değişkene ait regresyon kestirimleri verilmiştir. Verilen değerlerden ilki denklemdeki bağımsız değişkenlerin katsayıları iken, hemen altında parantez içindekiler ise t-testi değerleridir. Modellerin tümünün anlamlı çıktığı en altta verilen F testi değerlerinden görülmektedir. LPIQLS'nin bağımlı değişken olarak alındığı eşitlik 2'de tek anlamlı değişken sağlık harcamaları olmuştur. LPITTC, LPIQTTI ve LPI-tümü değişkenlerinin bağımlı değişken olarak alındığı denklemlerde, yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık harcamaları bağımsız değişkenleri anlamlı çıkmışlardır. LPICPS performansı sadece yenilenebilir enerji tüketimi ile açıklanabilmektedir. GSYİH'nin anlamlı çıktığı tek denklem olan LPIST performansının açıklandığı denklem olup, diğer anlamlı değişkeni ise yine yenilenebilir enerji tüketimidir. LPICCP'nin bağımlı olduğu denklemde ise bu performansın sağlık harcamaları ve sera gazı emisyonu ile pozitif ve anlamlı bir şekilde açıklanabildiği görülmektedir.

Bulgulardan, yenilenebilir enerji tüketimi (YEN) bağımsız değişkeniyle; LPICPS, LPIQTTI ve LPIST bağımlı değişkenleri arasında doğrusal ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. YEN değişkeni tüm bu denklemlerde negatif katsayıya sahiptir. Yani, daha az yenilenebilir enerji tüketiminin sağlanması için lojistik, ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapı kalitesinde ve sevkıyla ilgili konularda performansların artırılması gerekmektedir. Khan ve diğerleri (2019)'un Asya ülkelerine yapmış olduğu çalışmada da benzer şekilde LPI-tümü, LPICPS, LPIQTTI ve LPICCP ile YEN negatif ve anlamlı bir ilişkiye sahip olarak elde edilmiştir. Khan ve diğerleri (2019), yenilenebilir enerji tüketimi ile lojistik performansın negatif bir ilişkiye sahip olmasının nedenlerini, enerji tüketiminin içerdiği yüksek sabit maliyetler, zayıf çevre mevzuatları, sanayi ve ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmemesi ve yeşil yatırımlara yeterli devlet desteğinin olmaması şeklinde ifade etmişlerdir.

Yine bulgularda, sadece LPICCP ile sera gazı emisyonu (SER) arasında anlamlı ve ters yönlü bir doğrusal ilişki görülmektedir. Gümrükleme sürecinin verimsiz bir şekilde sürdürülmesi, sera gazı emisyonunun artmasının nedeni olduğu burada açıkça görülmektedir. Bu sonuçlar yine Asya ülkelerini analiz eden Khan ve diğerleri (2019)'nin bulguları ile paralellik sergilemektedir. Yazarlar da benzer şekilde LPIQTTI ve LPICCP ile sera gazı emisyonları arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Verimli gümrükleme süreci yalnızca zamandan ve paradan tasarruf sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de artırır (Khan ve diğerleri, 2018).

Benzer çalışmalarda CO₂ emisyonları ile lojistik performanslar arasında anlamlı ve negatif ilişkiler bulunurken, bu çalışmada hiçbir performans göstergesi ile CO₂ emisyonu arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. Bunun yerine CO₂ emisyonlarının dolaylı olarak etkilediği sağlık harcamaları ile pozitif ve anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Kişi başına sağlık harcaması (SAGH) ile LPIQLS, LPITTC, LPIQTTI, LPICCP ve LPI-tümü arasında pozitif katsayıya sahip anlamlı ilişkiler elde edilmiştir.

Büyüme göstergesi olan GSYİH, sadece gönderilerin alıcıya program dahilinde ulaşma sıklığı (LPIST)'ni gösteren lojistik performans ile anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahiptir. Bu, LPIST'de sağlanacak verimli süreçlerin büyümeyi arttıracığı anlamına gelmektedir. LPIST, zaten OECD ülkelerinin ve Türkiye'nin en yüksek performans puanına sahip oldukları alt endeks olduğundan, bu sayede ülkeler lojistik operasyonlarla büyümeyi sürdürülebilir hale getirebilmektedirler.

6. SONUÇ

Küreselleşmeyle birlikte artan rekabetin sonucunda, tedarik zincirinin önemli bir parçası olan lojistik yönetimini ürünlerin hareketliliğini kolaylaştıran, maliyetleri en aza indirgeyerek güvenli ve hızlı bir şekilde ulaşımını sağlamak konularında daha etkin olmaya itmiştir. Ekonominin sürdürülebilir kalkınmasındaki önemi tartışılmaz olan küresel lojistik faaliyetlerin, büyük ölçüde enerjiye bağımlı olması ise fosil yakıt tüketimini, karbondioksit ve sera gazı salınımını arttırması ile çevreye ve sağlığa ciddi zararlar vermektedir. Dolayısıyla firmalar, son yıllarda gerek kurumsal gerekse yasal sebeplerle, çevresel sürdürülebilirlikten ödün vermeden ekonomik büyümeye katkı sağlamak için lojistik faaliyetlerinde yeşil uygulamaları benimsemeye başlamışlardır.

Ülkelerin lojistik performanslarının uluslararası endeksler ile değerlendirilmesi, karşılaştırılması, Dünyanın çeşitli bölgelerindeki lojistiğin rolünün ölçmesi ve ticari küreselleşmenin zorunlu kıldığı ilerlemelere gerçekten hazır olan ülkelerin belirlenmesi gibi amaçlarla Dünya Bankası tarafından iki yılda bir 'Lojistik Performans Endeksi (LPI)' ölçülmektedir. Lojistik tedarik zincirinin verimliliğini ortaya koyan önemli bir araç olan endeks, sera gazı ve karbon emisyonları ve enerji tüketimi gibi çevre üzerinde önemli etkilere sahip olan ve lojistik endüstrisinin çevresel performansını yansıtan ve bu çerçevede ulusal düzeyde yeşil lojistik performansını ölçen bir makro gösterge olarak kabul edilmektedir.

Ülkelerin ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınmasında rol oynayan lojistik faaliyetlerin aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğe de katkı bulunması gerekmektedir. Zira enerji tüketimini arttıran lojistik faaliyetler, eğer yeşil uygulamaları benimsemezlerse, hem iklim değişikliği, küresel ısınma gibi çevresel zararlara yol açarken, hem de insan sağlığına zarar vereceklerdir. Bu durumun en hızlı ekonomik yansıması da sağlık harcamalarının artması olacaktır. Ülkelerin yeşil lojistik ve yenilenebilir enerji ile çevresel performanslarının ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir yavaşlama yaratmaksızın gelişebilmeleri ve dahası sera gazı ve karbon emisyonlarının yol açtığı sağlık sorunlarının azalması ile de sağlık ekonomisi anlamında daha karlı bir duruma geçebilmeleri mümkündür ve de gereklidir (Aldakhil ve diğerleri, 2018; Ruamsook ve diğerleri, 2009).

Bu çerçevede, bu çalışmada, LPI ve alt göstergeleri yeşil lojistik performansını göstermekle birlikte, bu endekslerle enerji, sağlık ekonomisi ve çevre arasındaki ilişkiler OECD ülkeleri açısından analiz edilmiştir. Öncelikle OECD ülkelerinin ve Türkiye'nin 2007-2018 yılları arasındaki lojistik endeks ve enerji, çevre ve ekonomi değişkenleri irdelenmiştir. Gerek OECD ülkelerinin gerekse Türkiye'nin LPI endeksi ve alt endekslerinin performans ortalamaları ortalamasının üzerinde değer almaktadır. Fakat Türkiye iyi bir performans sergilese de tüm performans endeksi değerlerinde OECD ortalamasının altında kalmıştır. Hem OECD ülkelerinin hem de Türkiye'nin en yüksek ortalama performansları, gönderilerin alıcıya program dahilinde ulaşma sıklığı (LPIST) ve sevkiyatı takip etme yeteneği (LPITTC) endekslerinde sergiledikleri görülmektedir. Bu da Türkiye'nin zamanlama ve yük izleme kriterlerinde daha yüksek performans kaydettiğini göstermektedir. Yine benzer şekilde hem OECD ülkelerinin hem de Türkiye'nin en düşük ortalama performans değeri rekabetçi fiyatlara sahip sevkiyatın düzenlenmesi (LPICPS) ve gümrükleme sürecinin verimliliği (LPICCP) alt göstergelerine aittir. Türkiye, 2018 yılında, en düşük performansla sahip olduğu 'gümrükleme sürecinin verimliliğinde (LPICCP) hem önemli ölçüde puanı azalmış hem de 22 sıra gerilemiştir. Bu durumun nedeni olarak, UTİKAD (2018), Türkiye ile ticari ilişkileri bulunan ülkelerin lojistik profesyonellerinin Türkiye'de gerçekleştirilen gümrük işlemlerinin verimliliğine dair önemli çekincelerinin bulunmasını ve daha da önemlisi tecrübe ettikleri olumsuzlukların olmasını göstermektedir. Türkiye LPI endeksinin tümünde, 2007 yılında 30., 2010'da 39., 2012'de 27., 2014'te 30. ve 2016'da 34.sırada yer almıştır. Türkiye, 2012'de yakalanan çıkışı koruyamayarak, 2018 yılında ise 160 ülke içerisinde 47.sırada yer alarak şimdiye kadarki en kötü performansını sergilemiştir (Dünya Bankası, 2018b). Diğer göstergeler açısından ise Türkiye'nin 'yenilenebilir enerji' tüketiminin OECD ortalamasının altında kaldığı görülürken, fosil yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonunun ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

Yeşil lojistik performans göstergeleri ile enerji, ekonomi ve çevre değişkenleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında, LPI endeksler ile ekonomik göstergeler arasında aynı yönlü ve anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. OECD ülkelerinin, LPI'nin tümü ve alt endekslerinin hepsi hem GSYİH hem de 'sağlık harcamaları' ile aynı yönlü anlamlı korelasyona sahiptirler. Bu durum, lojistik performans arttıkça ulusal gelirin arttığını, ama bir yandan da sağlığa yapılan harcamaların da arttığını göstermektedir. Zaten

LPI'nin tümünün CO₂ emisyonları ile de pozitif ve anlamlı ilişkisi söz konusudur. Lojistik performansın artması, GSYİH'i arttırırken; CO₂ emisyonu ve dolayısıyla da sağlık harcamalarını arttırmaktadır. CO₂ emisyonunun yüksek olması bir yandan büyüme göstergesi iken, bir yandan da çevre ve sağlığa olumsuz etki eden bir durumdur.

Diğer korelasyonlara bakıldığında, enerji kullanımı ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı; fosil yakıt tüketimi ile negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Buradan OECD ülkelerinin enerji tüketiminin büyük oranda yenilenebilir enerji olduğu ve yenilenebilir enerji tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında da negatif ve anlamlı bir ilişki olduğundan, yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça fosil yakıt tüketiminin de azalacağı söylenebilir.

Çalışmada, son olarak, OECD ülkelerinin yeşil lojistik endeksleri ile enerji, ekonomi ve çevre ilişkisinin analiz edilmesi için regresyon denklemi kestirilmiştir. LPI'nin tümü ve alt endekslerinin tek tek bağımlı değişken; Enerji (enerji kullanımı (ENJ) ve yenilenebilir enerji tüketimi (YEN)), Çevre (fosil yakıt tüketimi (FOS), toplam sera gazı emisyonlarını (SER) ve Karbondioksit emisyonlarını (CO₂)) ve Ekonomi (kişi başına sağlık harcamaları (SAGH) ve kişi başına Gayrisafi Yurtiçi Hasılayı (GSYİH)) değişkenlerinin bağımsız değişken olarak alındığı 7 adet regresyon denklemi kestirilmiştir. Bulgulara göre yenilenebilir enerji tüketimi (YEN) bağımsız değişkeniyle; rekabetçi fiyatlara sahip sevkiyatın düzenlenmesi (LPICPS), ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapının kalitesi (LPIQTTI) ve gönderilerin alıcıya program dahilinde ulaşma sıklığı (LPIST) bağımlı değişkenleri arasında negatif katsayılı ve anlamlı bir ilişki elde edilmiştir. Bu durum, daha az yenilenebilir enerji tüketiminin sağlanması için lojistik, ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapı kalitesinde ve sevkiyatla ilgili konularda performansların artırılması gereğini vurgulamaktadır. Yine bulgularda, sadece gümrükleme sürecinin verimliliği (LPICCP) ile sera gazı emisyonu (SER) arasında anlamlı ve ters yönlü bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Bu da gümrükleme sürecinin verimsiz bir şekilde sürdürülmesinin, sera gazı emisyonunun artmasının nedeni olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada hiçbir performans göstergesi ile CO₂ emisyonu arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. Bunun yerine CO₂ emisyonlarının dolaylı olarak etkilediği sağlık harcamaları ile pozitif ve anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Kişi başına sağlık harcaması (SAGH) ile; lojistik hizmetlerin etkinliği ve kalitesi (LPIQLS), sevkiyatı takip etme yeteneği (LPITTC), ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapının kalitesi (LPIQTTI), gümrükleme sürecinin verimliliği (LPICCP) ve LPI-tümü arasında pozitif katsayıya sahip anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Son olarak, büyüme göstergesi olan GSYİH ile gönderilerin alıcıya program dahilinde ulaşma sıklığını (LPIST) gösteren lojistik performans ile anlamlı ve pozitif bir ilişki elde edilmiştir. Bu, LPIST'de sağlanacak verimli süreçlerin büyümeyi arttıracığı anlamına gelmektedir ki zaten hem OECD ülkelerinin ve hem de Türkiye'nin en yüksek performans puanına sahip oldukları bu alt endeksin performansının yükseltilmesiyle, ülkeler, lojistik operasyonlarla büyümeyi sürdürülebilir hale getirebileceklerdir.

Yeşil lojistik uygulamaları, firmalara ek yatırım maliyetleri getirirse de karbondioksit emisyonlarında azalma, maliyet avantajı, artan işletme performansı, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakatinin artması, uluslararası pazarlarda daha iyi bir imaj ve merkezi çevre politikaları ile Avrupa ülkelerine daha fazla ihracat fırsatı gibi pek çok avantaj sağlamaktadır. Ülke ekonomileri açısından ise lojistik faaliyetlerin verimliliği arttırmada, lojistik faaliyetlerinin yol açtığı hava kirliliği, iklim değişikliği gibi ek maliyetleri ortadan kaldırma görevini üstlenmektedir. Tüm bu açılardan lojistik faaliyetlerde yeşil uygulamalara yer verilmesi, ulaşım ve lojistik operasyonlarda biyoyakıtlar ve yenilenebilir enerji gibi yeşil enerji kaynaklarının kullanılması ekonomik, çevresel ve sağlık açısından gereklidir. Türkiye'nin yeşil uygulamaları benimseyerek, özellikle gümrükleme sürecindeki imajını tazelemesi, altyapı ve hizmetlerle ilgili kaliteye daha çok önem vererek, Avrupa pazarına daha yoğun nüfuz etmesi mümkündür. Bu anlamda firmaların yeşil uygulamalarla ilgili devlet tarafından desteklenmesi, uluslararası belgelerin alınmasında teşvik edilmesi, sürdürülebilir, esnek ve teknolojik gelişmeleri bünyesinde barındıran bir lojistik yönetimi benimsemesi gerekmektedir. Böylece, Türkiye 2016'da yakaladığı ivmeyi tekrar kazanıp, ekonomik, çevresel ve sağlık anlamında yeşil lojistiğin katkılarını ülkeye kazandırabilecektir.

Bu çalışmanın kısıtlılığı, regresyon denkleminin OECD ülkelerinin tümü için tüm değişkenlere ve ülkelere ait verilerin eksiksiz olduğu en yakın tarih olan 2014 yılı için kestirilebilmiş olması, 2018 yılı için veri eksiklikleri nedeniyle sadece tanımlayıcı istatistiklere yer verilebilmiş olmasıdır. Gelecek çalışmalarda, Türkiye'nin ve çeşitli ülkelerin yeşil lojistik açısından farklı değişkenler ve yöntemlerle değerlendirildiği çalışmaların yanı sıra, Türkiye'deki firmaların yeşil lojistik standartlarına uygunluklarının test edildiği ve değerlendirmelerine yer verildiği çalışmalarla Türkiye'nin ihracat öngörüsünün yapılmasında karar vericilere katkı sağlanması önerilmektedir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akandere, G. (2021). "Dijitalleşme Düzeyi ve Yeşil Lojistik Uygulamalarının Lojistik Performansa Etkisi", *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(4), 1979-2000.
- Aldakhil, A.M., Nassani, A. A., Awan, U., Abro, M. M. Q. ve Zaman, K. (2018). "Determinants of Green Logistics in BRICS Countries: An Integrated Supply Chain Model For Green Business", *Journal of Cleaner Production*, 195, 861-886.
- Archdeacon, T.J. (1994). "Correlation and Regression Analysis", The University of Wisconsin Press, London.
- Arslan, M. ve Şar, S. (2018). "Examination of Environmentally Friendly "Green" Logistics Behavior Of Managers in The Pharmaceutical Sector Using The Theory Of Planned Behavior", *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 14, 1007-014.
- Aynagöz Çakmak, Ö. (2016). "Wto-Ticareti Kolaylaştırma Anlaşması ve Türkiye için Değerlendirmeler", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-13.
- Cafı Açı, R. ve Kaya Samut, P. (2021). "Wealthier is healthier? Healthier is wealthier? A comprehensive econometric analysis of the European countries", *Acta Oeconomica*, 71 (3), 387-404.
- Çavdar, E. (2021). "Yeşil Lojistik: WoS Verilerine Dayalı Bibliyometrik Bir Analiz (2000-2021)", *International Academic Journal [Econder]*, 5(2), 359-374.
- Dekker, R., Bloemhof, J. ve Mallidis, I. (2012). "Operations Research for green logistics- an overview of aspects, issues, contributions and challenges", *Eur. J. Oper. Res.*, 219(3), 671-679.
- De Souza, R., Mark G., Sumeet, G. ve Luo, L. (2007). "An investigation into the measures affecting the integration of ASEAN's priority sectors: Phase 2: the case of logistics" *Regional Economic Policy Support Facility (REPSF)*, Proje No. 06/001d.
- Dünya Bankası, 2017. LPI-About, <https://lpi.worldbank.org/about>, (Erişim Tarihi: 13.01.2022).
- Dünya Bankası, 2018. World Development Indicators Database, [https://databank.worldbank.org/source/logistics-performance-index-\(lpi\)](https://databank.worldbank.org/source/logistics-performance-index-(lpi)), (Erişim Tarihi: 13.01.2022).
- Dünya Bankası, 2018b. Global Ranking, <https://lpi.worldbank.org/international/global>, (Erişim Tarihi: 20.03.2022).
- Dünya Sağlık Örgütü (2021). "World Health Statistics, Monitoring Health for the Sustainable Development Goal". <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342703/9789240027053-eng.pdf>, (Erişim Tarihi: 18.02.2022).
- Gujarati, D.N. (2003). "Basic Econometrics", fourth edition, McGraw-Hill, New York.
- Isaksson, K., Bjorklund, M., Evangelista, P. ve Hüge-Brodin, M. (2011). "The challenge and adoption of green initiatives for transport and logistics service providers", *The 16th Annual LRN Conference*, 7-9 Eylül, Southampton, Birleşik Krallık, 1-10.
- Jefimovaitė, L. ve Vienažindienė, M. (2021). "Modeling the implementation of green logistics principles: Theoretical Aspect", *Public Security and Public Order*, 26:93-107.
- Jinru, L., Changbiao, Z., Ahmad B., Irfan, M. ve Naziri, R. (2021). "How do green financing and green logistics affect the circular economy in the pandemic situation: key mediating role of sustainable production", *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, 1-21.
- Karaman A.S., Kilic, M. ve Uyar, A. (2020), "Green logistics performance and sustainability reporting practices of the logistics sector: The moderating effect of corporate governance", *Journal of Cleaner Production*, 258, 2-15.
- Karamaşa, Ç. (2020). "Gıda İşletmelerinde Yeşil Lojistik Uygulamalarının Nötrosofik DEMATEL Yöntemi İle Analiz Edilmesi: Giresun İli Örneği", *Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi (İŞFAD)*, 2(2), 1-12.
- Kawa, A. ve Pierański, B. (2021). "Green Logistics in E-commerce", *LogForum*, 17(2), 183-192.
- Keskin, S. (2017). "Yeşil Lojistik Uygulamaları: DHL Örneği", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü, İstanbul.
- Khan, S.A.R., Yu, Z., Anees, M., Golpîra, H., Lahmar, A. ve Dong, Q. (2018). "Green Supply Chain Management, Economic Growth and Environment: A GMM Based Evidence", *Journal of Cleaner Production*, 185(6), 588-599.
- Khan, S.A.R. ve Qianli, D. (2017). "Does National Scale Economic And Environmental Indicators Spur Logistics Performance? Evidence From UK", *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 26692-26705.
- Khan, S.A.R., Jian, C., Zhang, Y., Golpîra, H., Kumar, A. ve Sharif, A. (2019). "Environmental, Social And Economic Growth Indicators Spur Logistics Performance: From The Perspective Of South Asian Association For Regional Cooperation Countries", *Journal of Cleaner Production*, 214, 1011-1023.
- Khan, S.A.R., Sharif, A., Golpîra, H. ve Kumar, A. (2019). "A Green Ideology in Asian Emerging Economies: From Environmental Policy and Sustainable Development", *Sustainable Development*, 27(6), 1063-1075.

- Korucuk, S. (2018). Yeşil Lojistik Uygulamalarının Rekabet Gücü ve Hastane Performansına Etkisinin Lojistik Regresyon Analizi İle Belirlenmesi: Ankara İli Örneği, *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*,19(1), 280 – 299.
- Kutlu, B.H. ve Yalçın Ercoşkun, Ö. (2021). “Türkiye’deki Lojistik Firmalarının Yeşil Lojistik Uygulamaları Üzerinden Değerlendirmesi”, *Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(1), 52-71.
- Leigh, M. ve Li, X. (2015). “Industrial ecology, industrial symbiosis and supply chain environmental sustainability: a case study of a large UK distribütör”, *J. Clean.Prod.*,106, 632-643.
- Li, X., Sohail, S., Majeed, M.T. ve Ahmad, W. (2021). “Green Logistics, Economic Growth, And Environmental Quality: Evidence From One Belt And Road İnitative Economies”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28,30664–30674.
- Martí, L., Martín, J.C. ve Puertas, R. (2017). “A DEA-Logistics Performance Index”, *Journal of Applied Economics*, 20(1): 169-192.
- Mete, E. (2020). “Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Yeşil Lojistik: Avrupa Birliği ve Türkiye Örneği”, *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 383-396.
- Özkaya, B. ve Kazançoğlu, İ. (2020). Lojistik İşletmelerini Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimine Yönlendiren Etkenlerin Değerlendirilmesi, *Journal of Yasar University*, 15(59), 490-502.
- Peker, İ., Ar, İ.M. ve Baki, B. (2019). “Lojistik Firmalarının Çevresel Yenilik Performanslarının Bulanık ÇKKV Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi”, *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 8(2), 1-20.
- Remenyik, B., Szabo, L., Benko, K.F. ve Vetro, R. (2021). “Green Purchase and Logistics in the Hungarian Tourism and Hospitality”, *Oblik i finansi*, 4,129-136.
- Robert, D.S., Goh, M., Gupta, S. ve Lei, L. (2007). “An Investigation Into The Measures Affecting The Integration of ASEAN’s Priority Sectors: Phase 2: The Case of Logistics”, *REPSF Project No. 06/001d Regional Economic Policy Support Facility*, Association of Southeast Asian Nations, Manila.
- Ruamsook, K., Russell, D. M. ve Thomchick, E. A. (2009). “Sourcing From Low-Cost Countries: Identifying Sourcing İssues And Prioritizing Impacts On Logistics Performance”, *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 79–96.
- Tanyaş, M. (2014). “Lojistik Performans Endeksi’nde yükselmek için neler yapmalı?”, <https://www.yesillojistikciler.com/lojistik/lojistik-performans-endeksinde-yukselmek-icin-neler-yapmalı/2551>. (Erişim Tarihi: 01.04.2022).
- Tüzün Rad, S. ve Gülmez, Y.S. (2017). “Green Logistics For Sustainability”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(3), 602-614.
- UTİKAD (2018). “Lojistik Performans Endeksi 2018 Ve Türkiye”, <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/23460/lojistik-performans-endeksi-2018-ve-turkiye>, (Erişim tarihi: 10.04.2022).
- Yangınlar, G. ve Sarı, K. (2017). “İşletmeleri Yeşil Lojistik Uygulamalarına Zorlayan Sebepler Üzerine Bir Araştırma”, *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 6(1), 101-121.
- Yu, Z., Golpîra, H., Khan, S.A.R. (2018). “The Relationship Between Green Supply Chain Performance, Energy Demand, Economic Growth And Environmental Sustainability: An Empirical Evidence From Developed Countries”, *LogForum*, 14 (4), 479-494.
- Yurtkuran, S. (2021). “Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği ve Yeşil Lojistik: Türkiye Örneği”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(45), 171-201.
- Zaman, K. ve Shamsuddin, S. (2017). “Green Logistics and National Scale Economic İndicators: Evidence From A Panel Of Selected European Countries”, *Journal of Cleaner Production*, 143, 51-63.
- Zhang, W., Zhang, M, Zhang, W., Zhouc, Q. ve Zhang, X. (2020). “What İnfluences The Effectiveness Of Green Logistics Policies? A Grounded Theory Analysis”, *Science of the Total Environment*, 714, 1-11.

Mekânsal Panel Modelleri Kullanılarak Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisinin İncelenmesi: Balkan Ülkelerinden Kanıtlar

Ramazan SAYAR¹, Yılmaz Onur ARİ², Turgut BAYRAMOĞLU³

ÖZET

Amaç: Bu çalışmayla karbon salınımının Balkan ülkeleri ve Türkiye'nin büyümesine etkisinin olup olmadığını, eğer varsa, bu etkinin ne yönde ve ne yoğunlukta olduğunun bulunması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada karbon emisyonları ve yenilenebilir enerji üretiminin Türkiye ve 12 Balkan ülkesinin büyümesine etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada mekânsal etkileşimleri ortaya çıkarabilmek için Mekânsal Otokorelasyon Analizi yapılmıştır. Büyümeyi etkileyen faktörleri incelemek için ise Havuzlanmış En Küçük Kareler yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular: Çalışmanın sonuçlarına göre Balkan ülkelerinde yenilenebilir enerjinin büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin, yenilenebilir enerjinin henüz gelişme aşamasında olması ve üretimdeki payının hala düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımların sınırlı olması yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına neden olmaktadır.

Özgünlük: Çalışmada farklı bir yöntem olarak mekânsal panel modellerinin kullanılması ve kapsamın Türkiye ile sınırlı tutulmayıp tüm Balkan ülkelerini de kapsaması bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerjiler, Karbon Salımı, Mekânsal Komşuluk, Ağırlık Matrisi, Sürdürülebilir Kalkınma.

JEL Kodları: Q56, O13, Q40.

Examining the Relationship of Renewable Energy Consumption, Environmental Degredation and Growth Using Spatial Panel Data Models: Evidence from Balkan Countries

ABSTRACT

Purpose: In this study, it is aimed to find out whether carbon emissions have an effect on the growth of the Balkan countries and Türkiye, and if so, in what direction and in what intensity this effect is..

Methodology: In this study, the effects of carbon emissions and renewable energy production on the growth of Türkiye and 12 Balkan countries were analyzed. In the study, Spatial Autocorrelation Analysis was performed in order to reveal spatial interactions. The Pooled Least Squares Method was used to examine the factors affecting growth.

Findings: According to the results of the study, it can be said that the negative effect of renewable energy on growth in the Balkan countries is due to the fact that renewable energy is still in the development stage and its share in production is still low. The limited investments in the renewable energy sector cause the renewable energy sector to spread slowly.

Originality: Using spatial panel models as a different method in the study and the fact that the scope is not limited to Türkiye but also covers all the Balkan countries constitute the original value of this study.

Keywords: Renewable Energies, Carbon Emission, Spatial Neighborhood, Weight Matrix, Sustainable Development.

JEL Codes: Q56, O13, Q40.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Bayburt, Türkiye, ramazansayar@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8663-2962.

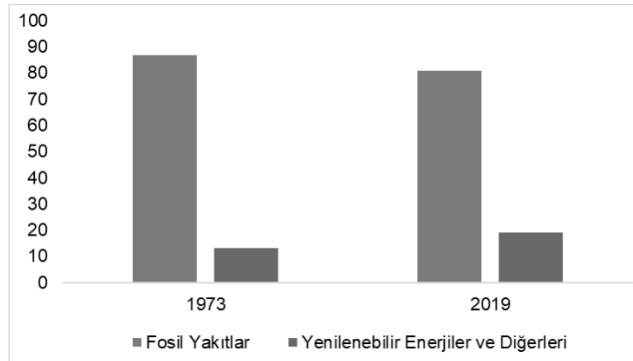
² Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Bayburt, Türkiye, onurari@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7634-2531 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

³ Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Bayburt, Türkiye, tbayramoglu@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0778-0516.

1. GİRİŞ

Enerji, üretim faaliyetlerinin olmazsa olmazıdır. Başta sanayi olmak üzere ulaştırma, tarım ve inşaat gibi faaliyet alanlarının en önemli girdilerden birisidir. Üretim için enerji kullanımı kaynak olarak zamanla değişiklikler geçirmiştir. Bu kaynak sanayi devriminden önce insan gücü ve hayvan gücüne dayanırken, fosil kaynakların bulunması ile kömür, petrol ve doğal gaz olmuş ve nihayet nükleer yakıt ve yenilenebilir enerjilere doğru bir geçiş yaşanmıştır. Bu enerji türlerinden fosil yakıtlar kullanılmaya başlandığından beri enerji yelpazesindeki ağırlığını hiç kaybetmemiştir. Fosil yakıtlar Sanayi Devrimi'nin temelini teşkil etmiş, ulaşım ve üretimde rekorlar kırılmıştır. Üretimin bu baş döndürücü hızı, nüfusun hızlı artışı, teknolojik gelişmeler ve kentleşme ile birleşince çevre üzerinde geri dönüşmesi zor tahriplere neden olmuştur. Fosil yakıtların çevresel etkilerinin biliniyor ve kabul ediliyor olması yeni kaynakların arayışının meşru zeminini oluşturmaktadır.

Uluslararası alanda 1970'lerde başlayan çevre hassasiyeti, yenilenebilir enerjilerin sistem içerisine dahil edilmesini hızlandırmıştır. Şimdilerde üretimde enerji yelpazesinde ağırlık halen fosil yakıtlarda olmak üzere, yenilenebilir enerjilere doğru bir geçiş öngörülmektedir. Bunun altında yatan temel neden üretimin sürdürülebilir zemine yapılmasının zorunluluğudur. Üretim artışına paralel bir şekilde enerji talebinin artması ile çevresel bozulmalar, başta Birleşmiş Milletler (UN) ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) gibi kuruluşların çevreye en az zarar veren alternatif enerjilere yoğunlaşmasını sağlamıştır. Bu çerçevede bu konuya en fazla ağırlık veren uluslararası kuruluşlardan birisi de Avrupa Birliği (AB)'dir. AB, enerji politikalarının amaçları doğrultusunda kendisine üç temel hedef belirlemiştir. Bunlar, enerji verimliliğinin %20 artırılması, enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %20'ye çıkarılması, ulaşım sektöründe kullanılan biyoenerji oranının en az %10'a çıkarılması ve sera gazı emisyonlarının %20 düşürülmesidir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2021). Bununla beraber enerji verimliliği de doğrudan bağlantılıdır. Enerji verimliliği ister bireysel kullanım için binalarda ister üretimde olsun yaşam kalitesini düşürmeden birim ve üretim miktarı başına kullanılan enerjinin azaltılması olarak tarif edilebilir (ETKB, 2022). Bu açıdan enerji piyasaları verimliliğinin en fazla dikkate alınması gereken sektörlerin başında gelmektedir. Ülke olarak mevcut enerji arzınıza hiç ilave yapmamış olsanız bile sadece verimlikte iyileştirmeler yaparak enerji ihtiyacınızın bir kısmını karşılamış olursunuz. Enerji verimliliği aynı zamanda iklim krizi ile mücadelede önemli işlev görmektedir.



Şekil 1. Dünyada birincil enerji kullanımı (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., 2021)

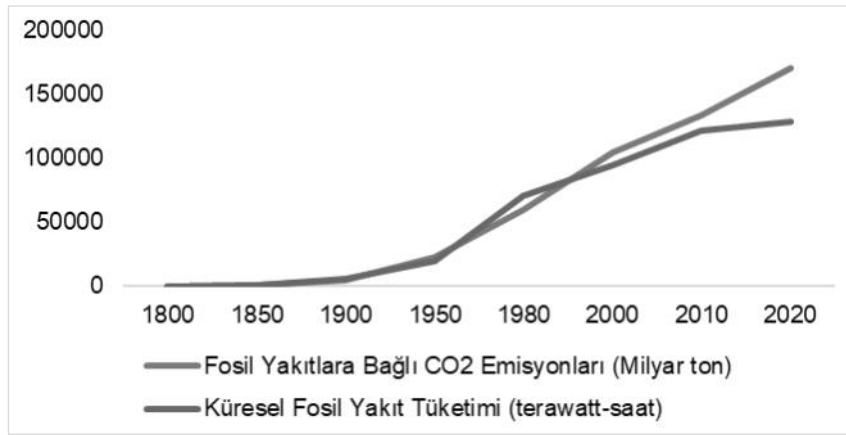
Dünya çapında oluşmuş çevre hassasiyetine rağmen enerji yelpazesindeki fosil yakıtların arzı Şekil 1'den de anlaşıldığı üzere 1973 yılında %86'lar civarında iken 2019 yılında sadece altı puanlık bir düşüşle % 80'lere gerilemiştir. Bu rakamlar enerji arzında çevre dostu yenilenebilir enerji üretim arzının istenen seviyelerden çok uzak olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerjilerin hızlı artırılamamasındaki ana sebepler; yüksek yatırım maliyetleri, üretimi yerelde yapıldığı için taşımalarının ve depolanmasının zor olması, üretiminin iklim koşullarına bağlı olması olarak sayılabilir (Bayramoğlu, 2018; 13).

Ülkeler büyümelerinden taviz vermeden enerji tercihlerini değiştirmek istemektedirler ancak bu talep yenilenebilir enerjilerin artışının karşılaştığı problemlerden dolayı kolay olmamaktadır. Fosil yakıtlar ise bahsedilen gerekçelerle vazgeçilemez olduğu için çevresel göstergelere yansımaktadır. 1970'lerden günümüze kadar enerji arzı artışı toplamda %2'lik bir artış göstermiştir. Enerji kaynakları itibarıyla farklılıklar görülmekte, biyoenerji ve yakıtlarda bu oran %1,7 iken nükleer enerjide %7, fosil yakıtlarda ortalama %2 ve diğer yenilenebilir enerjilerde ortalama %9,1 olmuştur. Enerji talebinin artmasının bir diğer nedeni de başta Çin olmak üzere aralarında Türkiye'nin de bulunduğu gelişmekte olan ülkelerin enerji taleplerinin fazlalığıdır. Türkiye'de enerji tüketimi artışı dünya ortalamasının üzerinde gerçekleşmektedir. Son on yılda dünyada enerji tüketimi 1,3 kat artarken bu rakam Türkiye'de 1,5 kat olarak gerçekleşmiştir. Yapılan

projeksiyonlar bu oranın gelecek yirmi yılda 2,1 kata kadar çıkacağını göstermektedir (Bayramoğlu, 2016, 164).

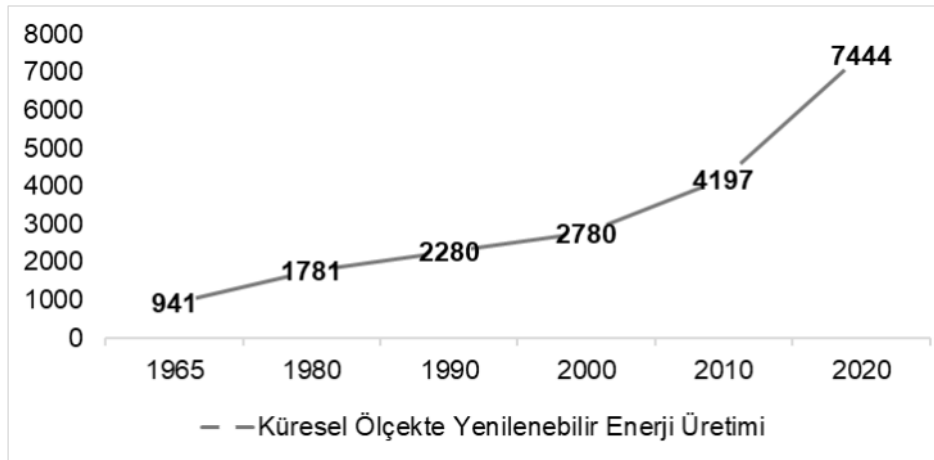
Çevresel kirliliğin önemli bir göstergesi CO₂ emisyonları olarak kabul edilmiştir. Enerji üretimi temelli CO₂ emisyonları 1990'lı yıllarda toplamda 20,516.0 Mt CO₂ iken bu rakam 2018 yılında 33,513.3 Mt CO₂ ye yükselmiştir. Bu yükselişteki en büyük katkı kömürden gelmiştir (İEA, 2021). CO₂ emisyonları dünya ortalaması 1960 yılında kişi başına 3.12 ton iken bu rakam 1979 yılında zirveye çıkarak 4,70 ton olmuş, 2018 yılında ise 4.48 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu ortalamalara en yüksek katkıları gelişmiş ülkelerin yaptığı bilinmektedir. Örneğin ABD'nin kişi başına düşen küresel sera gazı emisyonu 1960 yılında 16 ton iken 1973 yılında 22,51 tona yükselmiş, 2018 yılında ise bir düşüş yaşayarak 15,24 ton olarak gerçekleşmiştir (Dünya Bankası, 2021).

Şekil 2'den anlaşıldığı üzere 1800'lü yıllarda enerji kaynaklı sera gazı salımı sadece 0,781 milyon ton iken 1900'lerin başında bu rakam 44,82 milyar tona ve 2020 yılında ise 1,700 trilyon tona çıkmıştır. 1800'den 2019'a değişim oranı %389,625 olmuştur. Emisyon artışındaki sıçramaların 1850'lerde başladığı ancak büyük sıçramanın 1950'li yıllarda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Küresel anlamda fosil yakıtlara bağımlı CO₂ emisyon miktarları⁴ (Our World in Data, 2022)

Bu rakamlar emisyon artışının doğrudan enerji üretimi kaynaklı olduğunu göstermektedir. Aynı tarihlerde fosil yakıt tüketimine bakıldığında 1800'lü yıllarda 97 terawatt-saat iken 1900'lerin başında 5,973 terawatt-saat, 2020 yılında ise 128,800 terawatt-saate çıkmıştır. Tarihsel süreç içerisinde Tablo 2'deki CO₂ emisyonlarının artış hızı ile fosil yakıtların tüketim hızının nerede ise aynı eğrileri çizmesi sera gazı salımının fosil yakıt tüketimi ile olan bağlantısına kanıt olarak gösterilebilir. Fosil yakıt tüketimindeki bu artış ise ulusal ekonomilerin enerji ihtiyacının bir sonucudur. Fosil yakıtların sera gazı emisyon miktarı ilişkisi bilindiği için küresel ölçekte yenilenebilir enerjilerin üretimine hız verilmiştir. Şekil 3'te küresel ölçekte yenilenebilir enerji üretim miktarları verilmiştir.



Şekil 3. Küresel ölçekte yenilenebilir enerji üretim miktarları (terawatt-saat)

⁴ CO₂ emisyonları milyar ton, fosil yakıt ve yenilenebilir enerji üretimi ise terawatt-saat cinsinden verilmiştir.

Yenilenebilir enerjiler sera gazı emisyonları açısından çok avantajlı oldukları için yeşil enerji ve çevre dostu enerji olarak tanımlanmıştır. Yenilenebilir enerjilerin depolama zorlukları ve ilk tesis maliyetleri gibi çok az miktarda dezavantajı bulursa da daha ziyade avantajları olan bir enerji kaynağıdır. Bunlardan bazıları karbon bazlı değildir, çevreye etkileri fosil yakıtlara göre nerede ise sifıra yakındır ve doğada kaybolmadan kendisini yenileyebilmektedirler.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında çevreyi siyasetin ana konularından birisi haline getiren Ortak Geleceğimiz Raporu ile çevre ve kalkınma ortak bir konu olarak ele alınmaya başlanmıştır. Komisyon raporu ile uluslararası alana taşınan kalkınmadaki paradigma değişimi birçok uluslararası toplantıdan sonra nihayet en büyük katılımı Paris İklim Zirvesi'nde tekrar gündeme gelmiştir. 2015 yılında toplanan Paris İklim Zirvesi'ne 195 ülke katılmış ve taraf bütün ülkelerin katkılarına dayanan bir sistem öngörülmüştür. Anlaşmada, tarafların ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkesi benimsenmiştir. Bunun sebebi de ülkelerin gelişme farklılıklarının onlara farklı sorumluluklar yüklemesidir. Paris İklim Zirvesi uzun vadede ana hedef olarak dünyanın endüstrileşme öncesi döneme göre küresel sıcaklık artışının 2oC'nin olabildiğince altına inmesini amaçlamaktadır. Bu hedefe ulaşmak için fosil yakıtların tedricen azaltılması ve yenilenebilir enerjilere yönelmek gerektiği kabul edilmiştir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2021). Paris Anlaşması'nın yürürlüğe girebilmesi için, anlaşmaya taraf olan en az 55 ülkenin kendi parlamentolarında anlaşmayı kabul etmeleri gerekmektedir. Anlaşma bu şartın sağlandığı 5 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Türkiye anlaşmayı kabul eden 187 ülkeden biridir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Çevrenin kirlenmesinin çok çeşitli aktörleri olsa da en büyük etki sera gaz emisyonlarıdır. Bu etki, dünyanın gereğinden fazla ısınmasına neden olmakta, bu ise bilindiği üzere aşırı yağmurlar, aşırı kuraklık, kasırgalar ile kutuplardaki ve yüksek dağlardaki buzulların erimesi ile deniz seviyesinin yükselmesi gibi bir dizi geri dönüşü olmayan sonuçlara neden olmaktadır. Çevresel bozulmanın ana sebebini büyük oranda enerji üretimi ve tüketimi, endüstriyel üretim ve ulaşım faaliyetleri için enerji talebi oluşturmaktadır (Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2016; 762). Uluslararası toplum çevresel bozulmayı önlemek ya da en azından durdurmak için ülkelerin üretimlerinden tavize yanaşmamaları sebebi ile daha uygulanabilir olarak gördükleri enerji kaynağını değiştirmekte görmektedir. Yani çözüm şimdilik fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjilere geçiş olarak görülmektedir.

Enerji ve büyüme ilişkisi literatürde çok çalışılmış bir konudur ancak enerji ihtiyacı artıp çevresel hassasiyetler de geliştikçe insanlık için önemli olan büyüme ve çevresel bozulma dengesi daha fazla pamuk ipliğine bağlı hale gelmiştir. Bu sebeple makro planı gözden kaçırmadan bölgesel çalışmalara ve dinamiklere vurgu yapan çalışmaların daha fazla olması gerektiği açıktır. Bu çalışmada ise farklı bir yöntem olarak mekânsal panel modelleri kullanılmış, kapsam Türkiye ile beraber tüm Balkan ülkeleri olarak seçilmiştir. Çalışmada kalan bölümler şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde değişkenler arasındaki ilişkinin incelendiği literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde yöntem, veriler ve analiz sonuçları ele alınmıştır. Sonuç ve değerlendirme ise dördüncü bölümde yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisi

Kuznets (1955) gelir eşitsizliğinin başlangıçta kişi başına düşen GSYİH ile ölçülen ekonomik büyümeyi kötüleştirdiği, ardından ekonomik büyüme belirli bir düzeye ulaştıktan sonra gelir adaletsizliğinin kaybolmaya başlayacağını ortaya koymuştur. Bu yörünge, iktisadi literatürde "Kuznets Eğrisi" olarak da bilinen, gelir dağılımı ve ekonomik büyüme arasındaki ters U şeklinde beliren ilişkiyi ortaya çıkarmıştır. Ancak gelir düzeyi ile çevresel bozulma arasında da ters U şekline benzer bir ilişkinin ortaya çıkması sonucunda, bu kavram çevre ve enerji ekonomisi literatürü için de önem kazanmıştır (Güney, 2018).

Ampirik literatür ele alındığında Çevresel Kuznets Eğrisi'nin (EKC) geçerliliğini sınamak amacıyla büyümenin çevre kalitesi üzerindeki dinamik etkilerinin incelendiği görülmektedir. Bu konuda ilk çalışmalar ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ters bir ilişkinin varlığından söz eden Grossman ve Krueger (1991) ve Holtz-Eakin ve Selden (1995)'e aittir. Bahsi geçen çalışmaların ardından gelen ve EKC eğrisinin geçerliliğini test eden çalışmalar 3 kategoride toplanabilir:

İlk kategoride yapılan çalışmaların sonucu EKC görüşünü desteklememektedir. Örneğin, Başar ve Temurlenk (2007), Türkiye'de 1950-2000 dönemi için gelir-CO₂ miktarı arasında anlamlı bir ilişki elde edememiş ve KPSS Birim Kök Testi ve regresyon analizi sonucunda ters N şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde, Pal ve Mitra (2017), çalışmalarında 1971-2012 yılları için Çin ve Hindistan arasında karşılaştırmalı bir analiz yaparak, CO₂ emisyonu ve büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. ARDL yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda değişkenler arasında N şeklinde bir ilişkinin olduğu ortaya konmuştur. Bu da EKC hipotezini reddetmektedir.

İkinci kategorideki çalışmalar EKC hipotezini desteklemektedir. Örneğin, Katrakilidis ve diğerleri (2016), Yunanistan için 1960-2012 dönemini alarak yaptıkları çalışmada gelirden CO₂ emisyonuna doğru güçlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Ulucak ve Bilgili (2018) çalışmalarında 1961-2013 döneminde düşük, orta ve yüksek gelir grubu ülkeleri için çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi CUP-BC ve CUP-FM modelleri kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada çevresel bozulma göstergesi olarak CO₂ emisyonu yerine ekolojik ayak izi değişkeni uygulanmıştır. Çalışma sonucunda üç ülke grubu için de EKC hipotezinin geçerliliği onaylanmıştır. Güney (2018), 1960-2016 yıllık verilerini kullanarak Türkiye için gelir-CO₂ emisyonu ilişkisini ARDL ve Hata Düzeltme Modeli (ECM) yardımıyla analiz etmiştir. Çalışmada EKC hipotezinin hem kısa hem de uzun dönemde geçerli olduğu, kişi başına CO₂ emisyon miktarının gelir düzeyi bir noktaya kadar yükselirken yükseldiği, bir eşik değerden sonra gelir artışına rağmen azalışa geçtiği ortaya konmuştur. Genç ve diğerleri (2021) ise 1980-2015 döneminde Türkiye için çıktındaki dalgalanmanın CO₂ emisyonu üzerindeki kısa ve uzun dönemli dinamik etkisini ARDL yaklaşımıyla incelemişlerdir. Çalışmada uzun dönemde ekonomik büyümenin karbon emisyonunu arttırdığı, ancak çıktındaki dalgalanmanın karbon emisyonunu azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, EKC'nin Türkiye için geçerli olduğu sonucu bulunmuştur.

Üçüncü kategori ise CO₂ emisyonu-büyüme ilişkisi ile ilgili karışık bulguları ortaya koyan çalışmalardan oluşmaktadır. Örneğin, Adu ve Denkyirah (2019) Afrika için kısa dönemde büyümenin çevre kirliliğini arttırdığını, fakat uzun dönemde bu etkinin önemsiz olduğunu öne sürmüşlerdir. Rasli ve diğerleri (2018) çalışmalarında çevresel kirlenme göstergesi olarak CO₂'yi aldıklarında az gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grubu için EKC'nin geçerliliğinin reddedildiği, buna karşın CO₂ yerine azot oksidi alındığında GSYİH ile pozitif ilişki içinde olduğu ve EKC'nin kabul edildiği sonucuna ulaşmışlardır. Seri ve Fernandez (2021) ise, EKC hipotezinin geçerliliğini Latin Amerika ülkeleri için test etmiş ve çok az ülkede değişkenlerin EKC hipotezini desteklediğini, çoğu Latin ülkesi için EKC hipotezinin reddedildiğini dile getirmişlerdir.

Teorik temelleri mevcut literatürde uzun süredir kurulu olmasına rağmen, literatürün ilk örneklerinde enerji tüketiminin büyüme-çevresel bozulma ilişkisine etkisi dikkate alınmamıştır. Enerji tüketimi çevresel kirliliğin derecesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle enerji tüketiminin rolü EKC'nin varsayımlarını test ederken incelenmelidir. Bu çalışmada özellikle 2000'li yıllarda önemi giderek artan yenilenebilir enerji tüketiminin mevcut literatüre katkısı ele alınmıştır.

2.2 Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisi

Apergis ve diğerleri (2010) çalışmalarında 1984-2007 döneminde 19 gelişmekte ve gelişmiş ülke için yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve büyüme ilişkisini panel veri analizi yardımı ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Saboori ve Sulaiman (2013), 1971-2009 döneminde ASEAN ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada ilgili değişkenler arasındaki ilişkiyi ARDL ve Granger Nedensellik Testine dayalı Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) yardımıyla analiz etmiştir. Çalışma sonucunda bütün değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olduğu ve karbon emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında hem kısa hem de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Acaravcı ve Erdoğan (2018), yenilenebilir enerji üretiminde dünyada ilk beş içinde olan ülkeler için çevre kirliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve gelir arasındaki ilişkiyi, dinamik panel veri tekniğiyle 1992-2013 dönemi için araştırmışlardır. Çalışma sonunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu ve yenilenebilir enerji üretiminin çevre kirliliği üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Kişi başına gelirin ise çevre kirliliği üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. 16 AB ülkesini kapsayan çalışmada Bekun ve diğerleri (2019), 1996-2014 dönemi için uyguladıkları panel veri analizinde ekonomik büyümenin CO₂ emisyonunu arttırırken, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler (FMOLS-Fully Modified Ordinary Least Squares) ve Dinamik En Küçük Kareler (DOLS-Dynamic Ordinary Least Squares) tekniklerini uygulayan Destek ve diğerleri (2018), AB ülkeleri için 1980-2013 dönemini ele aldıkları çalışmalarında büyüme ve ekolojik ayak izi arasında U şeklinde bir ilişki tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerjinin ise AB ülkelerinde çevresel bozulmayı azalttığı bulunmuştur. Qiao ve diğerleri (2019), 1990-2014 dönemine ait verileri kullanarak ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımını CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini EKC çerçevesinde G-20 ülkeleri için incelemişlerdir. Panel veri birim kök testleri, eş-bütünlük testleri ve Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler tekniklerinin uygulandığı çalışmanın sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmaya göre, büyümenin sadece G-20'deki gelişmekte olan ülkeler için CO₂ emisyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülürken, yenilenebilir enerji tüketiminin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan G-20 ülkelerinde CO₂ emisyonunu azalttığı görülmüştür. G-8 ülkelerini kapsayan çalışmada ise Mahjabeen ve diğerleri (2020), 1990-2016 dönemi için ilgili değişkenler arasındaki ilişkiyi ARDL, Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler ve Dinamik En Küçük Kareler yardımıyla analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmanın yanı sıra ekonomik büyüme üzerinde de olumlu etkilerinin olduğu bulunmuştur. Ekolojik ayak izinin çevresel bozulma

göstergesi olarak ele alındığı çalışmada Nathaniel ve Khan (2020), ASEAN bölgesi ülkelerinde 1990-2016 dönemi için panel veri analizi yardımıyla yenilenebilir enerji-büyüme ve çevresel bozulma ilişkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğini azalttığı ama etkisinin önemsiz olduğunu ortaya konmuştur. Büyüme ise bu bölgedeki ülkelerde çevresel bozulmaya katkıda bulunmaktadır. Sera gazı emisyonlarının (GHG) çevresel bozulma göstergesi olarak alındığı çalışmada Florea ve diğerleri (2020), 11 Merkez ve Doğu Avrupa ülkesi için 2000-2017 döneminde yenilenebilir enerji-sera gazı ilişkisini ARDL'ye dayalı Granger Nedensellik-Hata Düzeltme Modeli ve Pairwise Granger Nedensellik Testi yardımıyla analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda kısa dönemde yenilenebilir enerjiden sera gazı emisyonlarına tek yönlü bir ilişkinin olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimi, çevresel bozulma ve büyüme ilişkisini ele alan yakın dönemde yayınlanmış çalışmalardan Adedoyin ve diğerleri (2021), 1996'dan 2014'e kadar olan süreçte 32 Sahra-altı Afrika ülkesi için enerji-emisyon-büyüme politikasını incelemişlerdir. Sistem-GMM yöntemiyle hem reel GSYİH hem de yenilenemeyen enerji üretiminin CO₂ emisyonunu arttırdıkları sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmaya göre, ekonomi politikalarındaki belirsizliğin ortadan kaldırılmasının gerek yenilenebilir enerji gerekse yenilenemeyen enerji üretiminin emisyon düzeyini azaltmasına etki edebileceği öne sürülmüştür. Namahoro ve diğerleri (2021) ise kapsamı genişleterek 50 Afrika ülkesinin 1980-2018 dönemi için enerji yoğunluğunun karbon emisyonunu teşvik ettiğini, ancak yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte büyümenin CO₂ emisyonlarını genel anlamda negatif etkilediği ancak bu etkinin bölgesel olarak değiştiği dile getirilmiştir. Çalışmada CO₂ emisyonları ve diğer değişkenler arasında çift yönlü bir nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir.

Türkiye ile ilgili son dönemde yapılan çalışmalardan Batmaz ve diğerleri (2019), 1985-2014 döneminde yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme ve karbon emisyonu ilişkisini eş bütünleşme ve Granger nedensellik testiyle incelemiştir. Çalışma sonucunda karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında doğrusal bir ilişki bulunmazken, doğrusal olmayan bir eş-bütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca büyümeden ve karbon emisyonundan yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Özpolat ve Özsoy (2021), 1990-2015 döneminde yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına GSYİH'nin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Bununla birlikte, büyümenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi incelenerek Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerliliği test edilmiştir. ARDL sınır testi sonucuna göre kısa ve uzun dönemde CO₂ emisyonu ile kişi başına GSYİH arasında ters-U şeklinde bir ilişki elde edilmiş, dolayısıyla Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında ise negatif bir ilişki bulunmuştur. Yurtkuran (2021) ise 1970-2017 döneminde Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik küreselleşmenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini Gregory-Hansen Eşbütünleşme Testi, Bootstrap ARDL Yaklaşımı ve Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler ve Dinamik En Küçük Kareler yardımıyla analiz etmiştir. Politik, sosyal ve ekonomik KOF Küreselleşme endekslerinin açıklayıcı değişken olarak kullanıldığı çalışmada yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik küreselleşmenin çevre kirliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bakımdan, çalışma değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerinde arzu edilmeyen bir etkisinin olduğunu savunmaktadır.

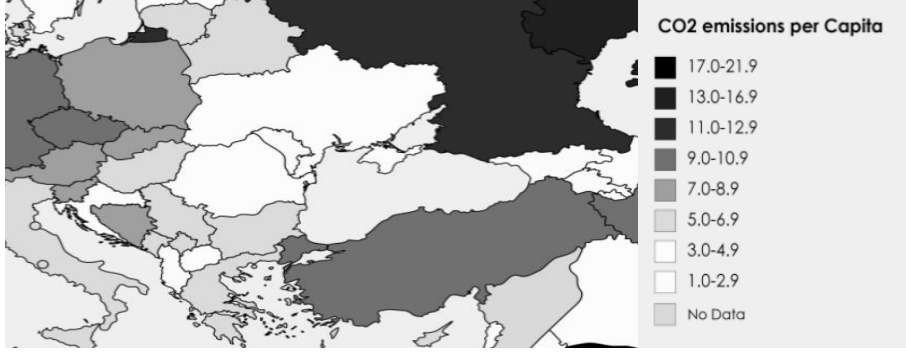
Yenilenebilir enerji çalışmalarında mekânsal panel modellerinin kullanılması literatürde çok yaygın olmamakla birlikte yakın dönem çalışmalarında analizlere rastlanmaktadır. Örneğin, Yücel (2021), çevresel sürdürülebilirliğin gerek dinamik gerekse mekânsal etkilerinin modelleme aşamasındaki önemine değinerek dinamik mekânsal panel veri yönteminin çevresel sürdürülebilirlik araştırmaları üzerindeki gerekliliğine vurgu yapmıştır. Radmehr ve diğerleri (2021) ise ampirik çalışmalarında 1995-2014 yılları için AB ülkelerindeki yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Mekansal İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi (GS2SLS) yardımıyla incelemişlerdir. Kanıtlar, ekonomik büyümenin mekansal olarak karbondioksit (CO₂) emisyonlarından veya yenilenebilir enerji tüketiminden daha güçlü olduğunu göstermiştir.

Genel anlamda literatür incelendiğinde AB, G-8, G-20 gibi gelişmiş ülkelerin çoğunlukta olduğu ülke gruplarında yenilenebilir enerjinin çevre kirliliği ve ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerliliği ise iktisadi literatürde çoğunlukla desteklenmektedir. Buna karşın Türkiye için özellikle son dönemde yapılan çalışmalarda yenilenebilir enerji, çevresel bozulma ve büyüme ilişkisine ilişkin karışık sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu konu daha geniş bir perspektifte ele alınmaya değer görülmektedir.

3. METODOLOJİ

Mekânsal analizler, bölgesel analizlerde coğrafyanın etkisinin göz önüne alınma ihtiyacından dolayı sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu gerekliliği Waldo Tobler; "Her şey başka şeylerle ilişkilidir fakat birbirine yakın olan şeyler, birbirine uzak olanlara göre daha fazla ilişkilidir" sözüyle ifade etmektedir (Tobler, 1970; 236).

Mekânsal komşuluğun değişkenler üzerindeki etkilerinin de göz önüne alınması ile ilgili olarak mevcut literatür bu çalışmada kullanılan karbon salınımı, yenilenebilir enerji ve büyüme değişkenlerinin ülkelerin buldukları coğrafya ve komşu ülkelerden etkilenebileceklerini ifade etmektedir (Zheng ve diğerleri, 2014; Maddison, 2006; Bosker, 2007). Dolayısıyla, coğrafi bölgeler ile yapılan analizlerde mekânsal bağımlılığın dikkate alınmadığı geleneksel yöntemlerin kullanılması yanlış sonuçlara neden olacaktır. Bu sebepten analizde geleneksel yöntemler yerine mekânsal bağımlılığın dikkate alındığı mekânsal panel veri modellerinden yararlanılmıştır. Şekil 4'te Balkan ülkelerinin karbon emisyon değerleri verilmiştir.



Şekil 4. Balkan ülkeleri başına karbon emisyonu değerleri (EDGAR, 2018)

Şekil 4'te Balkan ülkelerinin karbon emisyon değerlerini gösteren renklendirilmiş haritada balkan ülkeleri arasında bir kümelenmenin olduğu görülmektedir. Buradan görülebildiği şekilde mekânsal bağımlılığın olduğu tespit edilebilmektedir. Mekânsal ekonometrik analizden bahsedebilmek için önce mekânsal ekonometrik analizlerin temelinde yer alan mekânsal etkiden bahsetmek gerekmektedir.

3.1 Mekânsal Komşuluk Matrisi ve Mekansal Ağırlık Matrisi

Mekânsal ekonometrik analizlerin temelinde diğer ekonometrik analizlerden farklı olarak mekânsal ağırlık matrisleri yer almaktadır. Mekânsal ağırlık matrisi değişkenlerin coğrafi olarak konumlarına veya yakınlığına göre oluşturulan, W ile ifade edilen $N \times N$ boyutunda pozitif ağırlık matrisi vasıtasıyla panel ekonometrik modelde yer almaktadır (Gumprecht, 2005:2). Mekânsal ağırlık matrisi Mekânsal komşuluk matrisinden elde edilmektedir ve belli kriterlere göre belirlenen bir bölgedeki komşuluk ilişkilerini belirleyen bir matristir. Bu matris kullanılarak değişkenlerin verilerinin değişimlerinin konumlar ile ilişkilendirerek mümkün olan mekânsal etkilerin modele eklenmesine olanak sağlar (Elhorst, 2013). Mekansal komşuluk matrisinde bulunan (w_{ij}) satır ve sütunlarda bulunan ülkelerin birbirleriyle olan komşuluk durumları belirtilmektedir. Yani i ülkesiyle j ülkesinin komşuluğu varsa matriste iki ülkenin kesişmesi "1" değerinde olacak; komşulukları bulunmuyorsa "0" değerini alacaktır (Cliff ve Ord, 1973; Cliff ve Ord, 1981). Mekânsal komşuluklar üç şekilde belirlenebilmektedir;

Kale komşuluk: $w_{ij} = 1$ için ortak kenarları paylaşan komşulukları gösterir.

Fil komşuluk: $w_{ij} = 1$ için ortak köşeyi paylaşan komşulukları gösterir.

Vezir komşuluk: $w_{ij} = 1$ için hem kenarları hem de köşeleri paylaşmış komşuluklardır (Anselin, 1988: 18).

Bu çalışmada değişkenler üzerindeki mekânsal etkinin varlığı aşağıdaki Tablo 1'deki mekânsal komşuluk matrisinden elde edilen Tablo 2'de gösterilen ülkelerin ortak kenar ve köşe komşuluğunu temel alan vezir komşuluğuna dayalı ağırlık matrisi ile incelenmiştir.

Tablo 1. Mekânsal komşuluk matrisi

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
9	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Tablo 2. Mekânsal ağırlık matrisi

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0
2	0	0	0,33	0	0	0	0,333	0,333	0	0	0	0	0
3	0	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0
4	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0,25
5	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0
6	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0
7	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0
8	0,125	0,125	0,125	0	0,125	0,125	0,125	0	0	0,125	0	0,125	0
9	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0,2	0,2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0
13	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0

3.1 Mekânsal Otokorelasyon

Mekânsal yayılımında birbirlerinin benzeri özelliklere sahip olanların toplanma ve dağılıma düzeylerini analiz eden yöntemlerin birisi de mekânsal otokorelasyon analizidir. Moran-I endeksi adı verilen analizde, bir gözlem ve buna bağlı olarak birbirine komşu olanların ortalama değerlerinin arasındaki doğrusal ilişkinin varlığını tespit etmek için kullanılmaktadır (Moran,1950). Bu durumda, analizdeki tüm gözlemler birbiriyle bağlantılıdır. Birinde oluşan değişim, komşu olanların tamamına yayılarak etkileyecektir.

Moran-I endeksi birbirleriyle komşuluğu olan bölge veya ülkelerin birbirleriyle ilişkilerinin varlığını ve yönünü açığa çıkarmaktadır. Endeks değeri +1'e yaklaşırsa pozitif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme ortaya çıkarken: -1'e yaklaşırsa negatif bir korelasyon, dolayısıyla mekânsal kümelenmenin negatif olarak birbirlerini etkileme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bunun yanında endeks 0 değerine yaklaştığında burada ilişkinin bulunmadığı ortaya çıkar. Bu bağımlılık aşağıdaki Eşitlik 1'de gösterilmiştir (Anselin, 1995; Getis and Ord, 1996; Levine, 2004).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S^2_i} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (1)$$

Yerel Moran I değerleri, i ülkesinin çevre alanları (j ülkeleri) ile büyüme, karbon emisyonları ve yenilenebilir enerjinin mekânsal birleşme derecesini gösterir. Modelin tahmininden önce ülkeler arasında kümelenmenin yani birbirlerine bağımlılıklarının olup olmadığını göstermek için rastgele seçilmiş yıllara göre değişim Moran-I endeksi hesaplanarak aşağıdaki Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Yıllara göre yerel Moran I değerleri

Değişkenler	1997	2002	2007	2012	2015
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,076	-0,123	-0,129	-0,111	-0,147
Karbon salınımı	0,101	0,055	0,195	0,252	0,167
Kişi başı milli gelir	0,047	0,026	0,039	0,066	0,069

Modelde mekânsallık kullanılmadan önce rastgele seçilmiş yılların Moran-I endeksi hesaplanarak ülkelerin mekânsal kümelenmesine bakılmıştır. Yenilenebilir enerji haricinde diğer değişkenlerin Moran-I endeksinin +1'e yaklaşması ülkeler arasında pozitif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme varlığını gösterirken, Yenilenebilir enerji değişkeninin Moran-I endeksinin -1'e yaklaşması ülkeler arasında negatif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme varlığını göstermektedir. Her iki durumda da bulunan değerler mekânsal analiz yapmak için gerekli komşuluk etkileşiminin olduğu göstermektedir.

3.2 Veriler ve Değişkenler

Bu çalışmada 12 Balkan ülkesi ile beraber Türkiye'nin karbon salınımı ve yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerine etkileri analiz edilmiştir. Mekansal ekonometrik analiz için GeoDa 1.20.0 programından ve STATA 14 paket programından yararlanılmıştır. Çalışma için veriler Dünya bankası veri tabanından elde edilmiştir. Büyüme değişkeni kişi başına düşen milli geliri, Yenilenebilir enerji değişkeni toplam enerji üretimi içerisindeki yenilenebilir enerji üretim oranını ve karbondioksit emisyon değişkeni ise kişi başına karbon emisyonu metrik tonu verileri kullanılmıştır. Analizde kullanılan tüm ülkelerin⁵ 1997- 2018 yılları arası verilerinin logaritması alınarak analizde yer almıştır. Çalışmanın kapsadığı dönemlere ait değişkenlerin verilerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Gözlem sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Kişi başı milli gelir	247	8,847	0,747	7,254	10,302
Karbon salınımı	247	1,434	0,5578	-0,755	2,245
Yenilenebilir enerji çıktısı	247	2,957	1,146	-0,5478	4,605

Tanımlayıcı istatistiklere bakıldığı zaman panel veri çalışması için verilerin büyüklüğünün yeterli olduğu görülmektedir. Çalışmada öncelikle mekânsal etkinin dâhil edilmediği bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını ve yönünü ortaya çıkarmak için literatürde çokça kullanılan havuzlanmış Olağan En Küçük Kare (OLS)'ler yöntemi ile oluşturulan modelin parametreleri tahmin edildi. Y'nin bağımlı değişken olduğu ve X_1 ve X_2 'nin bağımsız değişkenler olduğu doğrusal regresyon modelinin genel formu Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,it} + \beta_2 X_{2,it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Bu modelde Y , kişi başı milli gelir; X_1 , karbon salınımı ve X_2 yenilenebilir enerji çıktısını ifade etmektedir. Bu aşamada mekânsal bağımlılığın araştırılmasının yanında büyümeyi etkileme gücüne sahip değişkenlerin belirlenmesi de hedeflenmiştir. Böylece modelin değişkenleri havuzlanmış en küçük kareler (EKK) yöntemiyle tahminlenmiştir. Modelin tahmin sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Havuzlanmış OLS tahmini

Kişi başı milli gelir (Bağımlı değişken)	Katsayı	Standart Hata	t	P> t
Sabit	7,718249	0,1502348	51,37	0,000
Karbon salınımı	0,7926764	0,0692836	11,44	0,000
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,0026384	0,0337045	-0,08	0,938
AIC	455,5127			
BIC	466,0409			

Not: Gözlem sayısı= 247, F (2, 244): 65,79, Prob > F : 0,0000, R² : 0,3503, Düzeltilmiş R² : 0,3450

Büyümeyi etkileyen faktörlerin incelendiği havuzlanmış en küçük kareler (EKK) tahmin sonuçlarına göre karbon salınımının büyüme üzerinde yüksek oranda ve pozitif bir etkisinin varlığı görülmektedir. Fakat beklenenin aksine yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerinde negatif ve anlamsız bir etkisi bulunmaktadır. Buradaki yapılan tahminlerden ilişkinin yönü hakkında bir fikir edinmek güçtür. Fakat

⁵ Arnavutluk, Bosna Hersek, Yunanistan, Macaristan, Kuzey Makedonya, Sırbistan, Karadağ, Bulgaristan, Moldova, Romanya, Hırvatistan, Slovenya ve Türkiye.

büyüme gerçekleştiğçe karbon salınımının artacağı ya da karbon salınımının artmasının büyümei artıracağı konuyla ilgili literatürde de belirtilmektedir.

Mekânsal etkileşimleri barındıran modeller panel veri modelleri için de kullanılabilir. Mekânsal panel modellerini; Mekânsal Otoregresif Model (SAR), Mekânsal Hata Modeli (SEM) ve Mekânsal Durbin Modelleri (SDM) şeklinde sıralayabiliriz. Öncelikle Mekânsal Durbin modeli Eşitlik 3'te sunulmuştur (Anselin, L., 1988).

$$Y_{it} = \mu + \rho WY_{it} + X_{1,it}\beta + WX_{1,it}\theta + X_{2,it}\delta + WX_{2,it}\lambda + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Burada Y_t ; her ülke için ($i = 1, \dots, N$) kişi başına düşen GSYİH'dan oluşan $N \times 1$ boyutlu vektördür. WY_t değişkeni; eş zamanlı içsel etkileşim etkisini ρ ise; mekânsal otoregresif katsayısı tanımlanmaktadır. W ; dışsal olarak belirlenmektedir ve ülkelerin mekânsal ilişkisini gösteren $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisidir. $X_{1,t}$ ve $WX_{1,t}$, $N \times K$ boyutlu matrislerdir ve kişi başına düşen GSYİH'yı etkilediği düşünölen $K \times 1$ boyutlu vektörlerdeki β ve θ tepki parametrelerine sahip karbon emisyonunu tanımlanmaktadır. $X_{2,t}$ ve $WX_{2,t}$, $N \times K$ boyutlu matrislerdir ve kişi başına düşen GSYİH'yı etkilediği düşünölen $K \times 1$ boyutlu vektörlerdeki δ ve λ tepki parametrelerine sahip yenilenebilir enerji üretimini tanımlanmaktadır. $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)$ bir vektördür ve tüm ölkelere ilişkin sabit etkileri ifade etmektedir. Son olarak $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{Nt})$ elemanları sıfır ortalama ve sonlu varyansa sahip bağımsız özdeş dağılılan hataların vektörüdür.

Mekânsal veri tipine göre, noktalara dayalı mekânsal modelleme ve alana dayalı mekânsal modelleme olmak üzere iki tür mekânsal modelleme vardır. Mekânsal Otoregresif model (SAR), alana dayalı mekânsal modellerden biridir. Mekânsal regresyon modeli, bağımsız değişkenler (X) ile bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişkiyi, verilerin konum etkisini dahil ederek tanımlayabilir. Veriler üzerindeki konum etkilerinin katılımı ağırlıklarla temsil edilir. Mekânsal Otoregresif model (SAR) Eşitlik 4 kullanılarak oluşturulmuştur (Belotti ve diğçerleri, 2016: 3).

$$Y_{it} = \mu + \rho WY_{it} + X_{1,it}\beta + X_{2,it}\delta + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Burada μ , sabit ekiler için tahmin edilecek parametrelerin bir vektörüdür. Rassal etkiler durumunda ise, $\mu \sim N(0, \sigma_\mu^2)$ olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca temel varsayımlar; $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon 2})$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{js}) = 0$ $i \neq j$ ve/veya $t \neq s$ için geçerlidir. Mekânsal hata modeli (SEM), mekânsal otokorelasyonlu hata terimlerine odaklanmaktadır. Ayrıca SAR modeline benzer şekilde SDM' nin özel bir durumu olarak ifade edilebilen SEM Eşitlik 5 - 8'de verilmiştir (Belotti ve diğçerleri, 2016: 3).

$$Y_{it} = \mu + X_{1,it}\beta + X_{2,it}\delta + \vartheta_{it} \quad (5)$$

$$\vartheta_{it} = \lambda W\vartheta_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$E(\varepsilon_{it}) = \sigma_2 \quad (7)$$

$$Var(\varepsilon_{it}) = \sigma_2 \quad (8)$$

Burada $W\vartheta_{it}$ değişkeni, hata terimleri arasındaki eş zamanlı etkileşim etkilerini ifade etmektedir ve λ ise; mekânsal hata katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Panel verilerde sabit etki (SE) ve rassal etki (RE) modellerinden öncelikle hangisinin tercih edilmesi gerektiği Hausman testi ile belirlenmektedir.

$H_0: E(\alpha_i|x_i) = 0$, Rassal Etkiler Modeli

$H_1: E(\alpha_i|x_i) \neq 0$, Sabit Etkiler Modeli

Sıfır hipotezi kabul edildiğinde rassal etki model ve alternatif hipotez kabul edildiğinde ise sabit etkili model tercih edilmelidir. Zira sıfır hipotezi altında rassal etki modelin verimliliği daha yüksektir (Sharma ve diğçerleri, 2019).

Tablo 6. Model tahmin sonuçları

Değişkenler	SDM-RE	SDM-FE	SAR-RE	SAR-FE	SEM-RE	SEM-FE
C	1,849865 (0,0000)	-----	1,592228 (0,0000)	-----	8,622437 (0,0000)	-----
Karbon salınımı	0,3103388 (0,0000)	0,3079999 (0,0000)	0,2736687 (0,0000)	0,2692883 (0,012)	0,3421089 (0,0000)	0,3393298 (0,0000)
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,064525 (0,0000)	-0,064701 (0,0000)	-0,069354 (0,0000)	-0,069353 (0,045)	-0,089856 (0,0000)	-0,089599 (0,002)
WX _{Karbon Salınımı}	-0,318511 (0,0000)	-0,319671 (0,0000)	-----	-----	-----	-----
WX _{Yenilenebilir Enerji Çıktısı}	0,137687 (0,0000)	0,1374688 (0,0000)	-----	-----	-----	-----
Mekânsal ρ	0,7652004 (0,0000)	0,769638 (0,0000)	0,7941109 (0,0000)	0,8000569 (0,0000)	-----	-----
Mekânsal λ	-----	-----	-----	-----	0,8423415 (0,0000)	0,8426025 (0,0000)
Variance sigma ²	0,005833 (0,0000)	0,0055043 (0,0000)	0,0085044 (0,0000)	0,0084531 (0,0000)	0,0059399 (0,0000)	0,0059385 (0,0000)
R ²	0,6090	0,6064	0,3173	0,3149	0,3019	0,3013
AIC	-406,0764	-475,7968	-315,72	-385,4882	-390,0461	-457,1442
BIC	-378,0013	-455,0649	-294,6637	-371,6669	-368,9897	-443,3229
Log-olabilirlik	211,0382	243,8984	163,8600	196,7441	201,0230	232,5721
Hausman	27,32 (0,0000)		13,92 (0,0030)		4,75 (0,1913)	

Not: Bağımlı değişken: Kişi Başı Milli Gelir

Yapılan analizde SDM, SAR ve SEM modellerinin karşılaştırması yapılmış ve bu modellerden hangisinin en uygun model olduğu AIC ve BIC değerleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu kriterlerden en düşük AIC ve BIC değerine sahip olan SDM modelinin en uygun model olduğu görülmüştür. Bunun yanında log likelihood değeri olarak da en yüksek değere yine SDM modelinin sahip olması nedeniyle bu modelin uygunluğunu güçlendirmektedir. R² değerleri de aynı zamanda SDM modelini işaret etmektedir.

Analizdeki SDM modelinin seçiminden sonra mekânsal panel modellerinin sabit etki (SE) ve rassal etki (RE) modellerinden öncelikle hangisinin tercih edilmesi gerektiği Hausman testi ile belirlenmiştir. Bu teste göre H sıfır hipotezi reddedilmiş ve alternatif hipotez kabul edilmiş böylece SDM modelinde sabit etkilerin varlığı kanıtlanmıştır.

Burada mekânsal bağımlılık katsayısı parametresi (Rho), komşu gözlemler tarafından gözlemler üzerindeki ortalama etkiyi ölçerek, örnek verilerimizin doğasında bulunan komşuluk ilişkilerinden gelen mekânsal bağımlılığı yansıtmaktadır. Bu değerlerinde pozitif ve anlamlı olması büyümeyi etkileyen değişkenler dışında komşu ülkelerin etkisinin olduğunu göstermektedir. Buradaki katsayının yüksek olması etkinin de büyüklüğünü ifade etmektedir.

Büyümeyi etkileyen faktörler arasında karbon emisyonu değişkeninin büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı olarak 0,30 gibi büyük oranda etkisini analiz sonucunda görebilmekteyiz. Bu durum karbon emisyonunun artmasının büyümeye etkisinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Karbon emisyonu literatürde çoğunlukla sanayi üretiminin ve taşımacılığın kısacası ekonomik faaliyetlerin yüksekliğini temsil etmektedir. Bunun yanında yenilenebilir enerji üretiminin hem Havuzlanmış en küçük kareler (Pooled OLS) tahmininde hem de Mekansal Durbin modeli (SDM) tahmininde büyüme üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Fakat yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkisi havuzlanmış OLS tahmininde istatistiksel olarak anlamsız çıkmasına rağmen SDM modelinde anlamlı çıkmıştır. Burada Balkan ülkeleri olarak yenilenebilir enerjinin büyümeye negatif etkisinin olması yenilenebilir enerjinin yeni gelişme aşamasında olmasından ve henüz bunun üretimdeki payının azlığından kaynaklanmasından bahsedilebilir (Menegaki, A., 2011). Burada ayrıca yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların sınırlı olduğunu ve bunun da yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına yol açtığından da söz edilebilir (Azam ve diğerleri, 2021).

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Enerji, iktisadi faaliyetlerin en temel girdilerinden birisidir. İnsanoğlu tarih boyunca başkaca enerji kaynaklarından faydalandıktan sonra fosil yakıtların bulunması ile bu kaynağa yönelmiş, ancak bu kaynağın aşırı kullanımı çevresel bozulmalara neden olmuştur. Bu sebeple 1973 Enerji Krizi'nden sonra dünya yoğun olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Çevresel bozulmanın sebepleri farklı olsa da en büyük

etki enerji üretiminden gelmektedir. Fosil yakıtların çevresel bozulmalara neden olduğu bütün dünyaca yapılmış olan uluslararası iklim zirveleri ile tescil edilmesine ve acil olarak önlem alınması gerekliliğine rağmen enerji yelpazesinde fosil yakıtların ağırlığı devam etmiştir. Özellikle bir sebeple gelişimini tamamlayamamış ülkeler büyüme dinamiklerini devam ettirmek istemekte, gelişmiş ülkeler ise büyümelerinden taviz vermeye yanaşmamaktadırlar. Hem ülkelerin büyümelerini devam ettirecek hem de çevresel bozulmalara neden olmayacak enerji kaynağı ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Bu çalışmada Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle 12 Balkan ülkesi ve Türkiye'nin 1997-2018 aralığında karbon salınımı göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Yapılan çalışma ile hem Havuzlanmış OLS tahmininde hem de SDM tahmininde yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Burada Balkan ülkeleri olarak yenilenebilir enerjinin büyümeye negatif etkisinin olması yenilenebilir enerjinin yeni gelişme aşamasında olmasından ve henüz bunun üretimdeki payının azlığından kaynaklanmasından bahsedilebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların sınırlı olduğundan ve bunun da yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına yol açtığından da söz edilebilir. Çevresel felaketlerin sebebi ve karbon salınımlarının göstergesi olan CO₂ emisyonları her geçen gün artmaktadır. Ülkeler ve uluslararası kuruluşlar için bu kirlenmenin çözümü olarak ise yenilenebilir enerjilere geçiş görülmektedir. Ancak bu enerji kaynağına geçiş ile beraber büyüme dinamikleri de devam edecek midir? Yapılan çalışma ile yenilenebilir enerjilere geçmeye çalışan 12 Balkan ülkesi ve Türkiye'nin bu çabasının büyümelerini olumsuz etkilediğidir. Bu bakımdan bu sonuçların test edilmesi için diğer ülke ve coğrafyalara da benzer çalışmalar yapılması gerektiği açıktır. Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjilere geçen ülkelerin de enerji yelpazelerini değiştirmede dikkatli olmaları gerektiği sonucu çıkarılabilir. Dünyada enerji talebi sürekli arttıkça enerji yelpazesinin sürekli genişletilip çevreye uyumlu enerji üretimi konusunda çalışmaların çoğalması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmadan da anlaşıldığı üzere çalışma alanı değişince farklı sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Dünya çapında yenilenebilir enerjilere geçiş büyük oranda talep görmesine rağmen özellikle bu enerji türünün kendi kısıtları dolayısıyla hızlı bir geçişin mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple coğrafyayı esas alan daha mikro ölçekli çalışmalarla hedefler daha öngörülebilir olmalıdır. Bu konuda ülkelerin ihtiyaçları göz önünde tutularak, bu alandaki olası riskler konusunda politika yapıcılara daha fazla ışık tutacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Uygulamaya dönük olarak ülkeler en başta yenilenebilir enerjilerin teknolojisine daha fazla yatırım yapmalı, politika yapıcılar enerji verimliliği çalışmalarına daha fazla vurgu yapmalı, büyüme hedeflerini ötelemeden giderek daha az fosil yakıt, daha fazla çevre dostu enerji kullanımı teşvik edilmelidir. Üretim tesisleri daha kurulum aşamasında iken kendi enerjisini kendi üreten işletmeler halinde tasarlanmalı, enerji arzı ve güvenliğinden taviz vermeyen uygulamalar yapılmalıdır.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ramazan Sayar: Metodoloji, Veri Derleme, Modelleme, Analiz, Makale Yazımı-orijinal taslak
Yılmaz Onur Ari: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Turgut Bayramoğlu: Makale Yazımı-orijinal taslak
Ramazan Sayar: Methodology, Data Curation, Modelling, Analysis, Writing-original draft
Yılmaz Onur Ari: Literature review, Conceptualization, Writing-review and editing
Turgut Bayramoğlu: Writing-original draft

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2018). "Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler İçin Ampirik Bir Analiz", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53-64.
- Adedoyin, F.F., Ozturk, I., Agboola, M.O., Agboola, P.O. ve Bekun, F.V. (2021). "The implications of renewable and non-renewable energy generating in Sub-Saharan Africa: The role of economic policy uncertainties", *Energy Policy*, 150, 112115.
- Adu, D.T. ve Denkyirah. E.K. (2019). "Economic Growth and Environmental Pollution in West Africa: Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40(2), 281-288.
- Anselin L. (1995). "Local Indicators of Spatial Association", *Geographic Analysis*, 27, 93-115.
- Anselin, L. (1988). "Spatial Econometrics: Methods and Models", Kluwer Academic Publishers.
- Apergis, N., Payne, J., Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010). "On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth", *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., ve Yuan, J. (2021). "Analyzing the Effect of Natural Gas, Nuclear Energy and Renewable Energy on GDP and Carbon Emissions: A Multi-variate Panel Data Analysis", *Energy*, 219, 119592.
- Başar, S. ve Temurlenk, M.S. (2007). "Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 1-12.
- Batmaz, T., Bayraç, H.N. ve Güllü, M. (2019). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Büyüme ve Karbon Emisyonu İlişkisi", *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 645-658.
- Bayramoğlu, T. (2016). "Biyokütle Enerjisi Isıtma Amaçlı Fosil Yakıtlara Alternatif Olabilir Mi? TRA1 Bölgesi Üzerine Tanımsal Bir Analiz", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25 (1) ,163-174.
- Bayramoğlu, T. (2018). "Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Etkileri: Bayburt Örneği", *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2018(1), 1-16.
- Bekun, F.V., Alola, A.A. ve Sarkodie, S.A. (2019). "Toward a Sustainable Environment: Nexus between CO₂ Emissions, Resource Rent, Renewable and Nonrenewable Energy in 16 EU Countries", *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Belotti, F., Hughes, G., ve Mortari, A.P. (2016). "Spatial panel data models using Stata", *CEIS Tor Vergata Research Paper Series*, 14(5), 255-271
- Bosker, M. (2007). "Growth, Agglomeration and Convergence: A Space-time Analysis for European Regions", *Spatial Economic Analysis*, 2, 91-100.
- Cliff, A. ve Ord, J.K. (1973). "Spatial Autocorrelation", Pion, London.
- Cliff, A. ve Ord, J.K. (1981). "Spatial Processes: Models and Applications", Pion, London.
- Destek, M.A., Ulucak, R. ve Doğan, E. (2018). "Analyzing the Environmental Kuznets Curve for the EU Countries: The Role of the Ecological Footprint", *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387-29396.
- Dünya Bankası, (2021), <https://www.worldbank.org>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- EDGAR (2018). "Emissions Database for Global Atmospheric Research". <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42>, (Erişim Tarihi: 30.09.2021).
- Elhorst, J.P. (2013). "Spatial Panel Models. Handbook of Regional Science", Springer, Berlin Heidelberg.
- Florea, N.M., Badircea, R.M., Pirvu, R.C., Manta, A.G., Doran, M.D. ve Jianu, E. (2020). "The Impact of Agriculture and Renewable Energy on Climate Change in Central and East European Countries", *Agricultural Economics*, 66, 444-457.
- Genç, M.C., Ekinci, A. ve Sakarya, B. (2021). "The Impact of Output Volatility on CO₂ Emissions in Turkey: Testing EK Hypothesis with Fourier Stationarity Test", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Getis, A ve Ord, J.K. (1996). "Local Spatial Statistics: An Overview" (Editörler: Longley P., Batty M.), *Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment*, GeoInformation International, Cambridge, England.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement". NBER Working Paper 3914.
- Gumprecht, D. (2005). "Spatial Methods in Econometrics. An Application to R&D Spillovers", Research Report Series/Department of Statistics and Mathematics, 26.
- Güney, A. (2018). "Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisinin Türkiye için Yeniden Değerlendirilmesi", *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 32(3), 745-761.
- Holtz-Eakin, D. ve Selden, T. (1995). "Stoking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth", *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101.

- Katrakilidis, C., Kyritsis, I., ve Patsika, V. (2016). "The Dynamic Linkages between Economic Growth, Environmental Quality and Health in Greece", *Applied Economics Letters*, 23, 217-221.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45, 1-28.
- Levine N. (2004). "CrimeStat III: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations", Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC.
- Maddison, D. (2006). "Environmental Kuznets Curves: A Spatial Econometric Approach", *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, 218-230.
- Mahjabeen Shah, S.Z.A., Chughtai, S. ve Simonetti, B. (2020). "Renewable Energy, Institutional Stability, Environment and Economic Growth Nexus of D-8 Countries", *Energy Strategy Reviews*, 29, 100484.
- Menegaki, A.N. (2011). "Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis", *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Moran, P.A.P. (1950). "Notes on Continuous Stochastic Phenomena", *Biometrika*, 37(1-2), 17-23.
- Namahoro, J.P., Wu, Q., Zhou, N. ve Xue, S. (2021). "Impact of Energy Intensity, Renewable Energy, and Economic Growth on CO₂ Emissions: Evidence from Africa Across Regions and Income Levels", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111233.
- Nathaniel, S. ve Khan, S.A.R. (2020). "The Nexus between Urbanization, Renewable Energy, Trade, and Ecological Footprint in ASEAN Countries", *Journal of Cleaner Production*, 272, 122709.
- Our World in Data (2021). <https://ourworldindata.org/co2-emissions>, (Erişim Tarihi: 01.09.2021).
- Özpolat, A. ve Özsoy, F.N. (2021). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çevresel Bozulmayı Azaltıyor mu? Türkiye Örneği", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 49-60.
- Pabuççu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). "Yapay Sinir Ağları İle CO₂ Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778.
- Pal, D. ve Mitra, S.K. (2017). "The Environmental Kuznets Curve for Carbon Dioxide in India and China: Growth and Pollution at Crossroad", *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 371-385.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H. ve Dong, K. (2019). "The Greenhouse Effect of the Agriculture-Economic Growth-Renewable Energy Nexus: Evidence from G20 countries", *Science of the Total Environment*, 671, 722-731.
- Radmehr, R., Henneberry, S.R. ve Shayanmehr, S. (2021). "Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries", *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27.
- Rasli, A.M., Qureshi, M.I., Isah-Chikaji, A., Zaman, K. ve Ahmad, M. (2018). "New Toxics, Race to the Bottom and Revised Environmental Kuznets Curve: The Case of Local and Global Pollutants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 3120-3130.
- Saboori, B. ve Sulaiman, J. (2013). "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations Countries: A Cointegration Approach", *Energy*, 55, 813-822.
- Seri, C. ve Fernandez, A. de Juan (2021). "The Relationship Between Economic Growth and Environment: Testing the EKC Hypothesis for Latin American Countries", *Papers* 2105.11405.
- Sharma, V., Roy, S., ve Choudhury, N. (2019). "FDI, Trade and Economic Growth: A Panel Approach to EU and BRICS", (Editörler: Chakrabarti, G., Sen, C.), *The Globalization Conundrum—Dark Clouds behind the Silver Lining Global Issues and Empirics*, Springer Nature, Singapore, 55-64.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı (2021). www.mfa.gov.tr, (Erişimi Tarihi: 30.09.2021).
- T.C. Dışişleri Bakanlığı Avrupa Birliği Başkanlığı (2021). https://www.ab.gov.tr/fasil-15-enerji_80.html, (Erişimi Tarihi: 30.09.2021).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2021). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler>, (Erişimi Tarihi: 01.09.2022).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/enerji-verimlilik>, (Erişimi Tarihi: 01.09.2022).
- Tobler, W.R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46(sup1), 234-240.
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. (2021), *Dünyada ve Türkiye'de Enerjinin Görünümü 2020*, <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Ulucak, R. ve Bilgili, F. (2018). "A Reinvestigation of EKC Model by Ecological Footprint Measurement for High, Middle and Low Income Countries", *Journal of Cleaner Production*, 188, 144-157.
- Yurtkuran, S. (2021). "The Effect of Agriculture, Renewable Energy Production, and Globalization on CO₂ Emissions in Turkey: A Bootstrap ARDL Approach", *Renewable Energy*, 171, 1236-1245.

- Yücel, M.A. (2021). "Çevresel Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi: Dinamik Mekânsal Panel Veri Yaklaşımı", *Bilgi*, 23(1), 53-90.
- Zheng, X., Yu, Y., Wang, J., Deng, H. (2014). "Identifying the Determinants and Spatial Nexus of Provincial Carbon Intensity in China: A Dynamic Spatial Panel Approach", *Regional Environmental Change*, 14, 1651-1661.

Türkiye Sanayi Sektöründeki Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Mekânsal Analizi

Anıl ERALP¹

ÖZET

Amaç: Çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi ve sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki yapısal ilişki ve olası ters U ilişkisinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmada 2004-2019 dönemi için İBBS 3 düzeyi sanayi sektörü elektrik tüketimi ve sanayi sektörü büyüklüğü verilerinden oluşturulan bir panel veri setinden yararlanarak, panel zaman serileri analizleri ile mekânsal panel veri analizleri kullanılmıştır.

Bulgular: Elde edilen bulgular, sanayi sektöründen elektrik tüketimine doğru bir nedensellik olduğunu ve mekânsal etkiler altında değişkenler arasındaki ilişkinin ters U şeklinde olduğunu göstermektedir. Bu durum toplam mekânsal etkiler altında sanayi sektörünün büyüklüğünün 280 milyar ABD dolarına kadar ölçek etkisinin, daha sonrasında ise kompozisyon ve teknik etkilerin hâkim olacağını ifade ediyor olabilir. Bunun nedeni olarak 2000 sonrası dönemde hizmetler sektörünün elektrik tüketimi içindeki payının artması ve enerji tasarrufu ile yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretimindeki artışlar gösterilebilir.

Özgünlük: Çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi ile sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki yapısal ilişki ve olası ters U ilişkisi mekânsal etkiler altında araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Sektörü, Elektrik Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Panel Veri Analizi, Mekânsal Panel Veri Analizi.

JEL Kodları: L11, E23, C23, C33.

Spatial Analysis of The Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in the Industrial Sector of Türkiye

ABSTRACT

Purpose: In the study, it is aimed to investigate the structural relationship and possible inverted-U relationship between electricity consumption and economic growth in the industrial sector of Türkiye.

Methodology: In the study, panel time series analyzes and spatial panel data analysis methods were used by using a panel data set created from NUTS 3 level electricity consumption data and economic growth data in the industrial sector of Türkiye for the 2004-2019 period.

Findings: The findings show that there is a causality from the economic growth to the electricity consumption in the industrial sector. It shows that the relationship between variables under spatial effects has an inverted-U-shape. This may indicate that under total spatial effects, the size of the industry sector will be dominated by scale effect up to 280 billion USD, and then by composition and technical effects. The reason for this may be the increase in the share of the services sector in electricity consumption and the increases in energy saving and energy production based on renewable resources in the post-2000 period.

Originality: In the study, the structural relationship between the electricity consumption and economic growth in the industrial sector of Türkiye and the possible inverted-U-shape relationship are analyzed under spatial effects.

Keywords: Industry Sector, Electricity Consumption, Economic Growth, Panel Data Analysis, Spatial Panel Data Analysis.

JEL Codes: L11, E23, C23, C33.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Bolu, Türkiye, anil.eralp@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4630-2114.

1. GİRİŞ

Üretim ve tüketimin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan enerji bir iktisadi maldır. Sanayi Devrimi ile neredeyse sürekli artan enerji talebi, beraberinde enerji kaynaklarının hızla insanoğlu tarafından tüketilmesine neden olmuştur. Bu da kıt olan kaynakları, yakın bir gelecekte tükenme noktasına getirmiştir. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi son dönemlerde oldukça artmıştır. Mevcut ekonomik üretim olanaklarının konvansiyonel enerji kaynaklarına hali hazırda bağımlı olması, sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için enerjinin hem tasarruflu hem de verimli olarak kullanılmasını gündeme getirmiştir.

Türkiye ekonomisinin son dönemde yaşadığı hızlı büyüme, artan nüfus ve yaşanan hızlı kentleşme enerji tüketim miktarını artırmıştır. Ayrıca, Türkiye ekonomisinde enerji önemli bir girdi olup, bu girdinin dörtte üçü ithalat ile karşılanmaktadır (Yalçın ve Yalçın, 2021). Bu bağlamda ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin yönü, sürdürülebilir ekonomik büyüme politikaları ve enerji arz güvenliği açısından son derece önemlidir. Enerji kaynaklarının arz güvenliğini tehlikeye atan savaş hali, doğal afet, ekonomik anlaşmazlıklar vb. nedenler de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yönünü etkileyebilme gücüne sahiptir.

Enerji verimliliği en yalın tanımı ile yaşam standardını ve üretim kalitesini düşürmeden ürün miktarı başına düşen enerji tüketiminin azaltılmasıdır (ENVER, 2022). Bu bağlamda enerji ihtiyacı konusunda dışa bağımlılığı yüksek olan ve/veya elektrik kayıp-kaçak oranı yüksek olan Türkiye gibi ülkeler için enerji arz güvenliğinin sağlanmasında ilk başvurulacak yöntem enerji kapasitesinin artırılması için yeni tesislerin yapılması olmuştur. Ancak, bu yöntemin yerine ilk eylem olarak enerji tasarrufunun ve enerji verimliliğinin sağlanması önerilmektedir (Altan ve Sağbaş, 2020). Dolayısıyla Türkiye gibi enerji konusunda dışa oldukça bağımlı bir ülkenin planlarında bunları dikkate alması önem arz etmektedir.

Türkiye’de enerji verimliliği özelinde sistemli çalışmalar 2000’li yıllarda başlamıştır. 2007 yılında 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu (EVK)” ile enerji ihtiyacının karşılanmasında enerji verimliliğinin artırılması politikası işlerlik kazanmıştır. Bu kanun ile enerji maliyetlerinin cari işlemler açığıyla ekonomi üzerindeki yükünün azaltılması ve çevrenin korunması için enerji verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. 2012 yılında ise “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi” ile 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri ortaya konulmuştur (TSKB, 2021: 37).

Enerji verimliliği çalışmalarının yanında, yenilenebilir enerji konusunda dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye yenilenebilir enerji alanında adımlar atmıştır. Bu kapsamda 2013 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kurulu gücü 25.583 Megavat (MW) iken, Eylül 2021’de 51.581 MW düzeyine yükselmiştir. Görüldüğü üzere yaklaşık olarak yenilenebilir kurucu güç kapasitesinde iki katlık bir artış gerçekleşmiştir (TSKB, 2021: 31).

Enerji türleri içerisinde elektrik enerjisi, kullanımındaki kolaylıklar ve görece temiz bir enerji türü olması nedeniyle pek çok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi verilerine göre sanayi sektörünün toplam elektrik tüketimi içerisindeki payı 2000 sonrası dönemde ortalama olarak %47 düzeyinde gerçekleşmiştir. Bununla beraber elektrik üretiminin büyük çoğunluğu termik santrallerden sağlanmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’nin enerji bağımlılığı ve sürdürülebilir bir ekonomi açısından sanayi sektörünün büyüklüğü ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin yapısal analizi hem uygulanacak politikalar hem de bu politikaların değerlendirilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme konusunda hem uluslararası literatürde hem de Türkiye özelinde oldukça geniş bir literatür bulunmaktadır. Bununla beraber Türkiye için sanayi sektörü elektrik tüketimi ve sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki ilişkiye doğrudan odaklanan ve mekânsal etkileri dikkate alan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada sanayi sektörünün elektrik tüketimi ile sanayi sektörünün büyüklüğü arasındaki yapısal ilişki ve bu iki faktör arasındaki olası ters U ilişkisi, 2004-2019 dönemi itibarıyla mekânsal etkilerin daha iyi gözlemlenmesi için İstatistik Bölge Birimi Sınıflaması (The Nomenclature of Territorial Units for Statistics, NUTS) 3 düzeyinde 81 ili kapsayacak şekilde panel zaman serileri analizleri ve mekânsal panel veri analizleri kullanılarak araştırılmıştır.

İstatistik Bölge Birimi Sınıflaması (İBBS), Avrupa Birliği içerisinde bölgesel istatistiklerin tek bir bölgesel sınıflandırmaya göre üretilmesi için Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat) tarafından geliştirilmiş bir istatistik sınıflandırma yöntemidir. Türkiye’de İBBS kullanımı 19 Mart 2001 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile kabul edilen Avrupa Birliği Müktesebatının Üstlenmesine İlişkin Türkiye Ulusal Programı ve Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan 8 Mart 2001 tarihli Çevre Konseyinde kabul edilen Katılım Ortaklığı Belgesi kapsamında başlamıştır. Bu kapsamda Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) Müsteşarlığı

(günümüzdeki yapısıyla Kalkınma Bakanlığı) ve TÜİK ortak çalışması ile bu sınıflandırma tanımlanmış ve 28 Ağustos 2002 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe girmiştir. Bu sınıflandırmada iller, Düzey 3 seviyesi olarak kabul edilmiş; komşu illerin gruplandırması ile 26 bölgeyi içeren Düzey 2 ve 12 bölgeyi içeren Düzey 1 sınıflandırmaları tanımlanmıştır (KA, 2022).

Çalışmada ilk olarak elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki konusunda bilgi verilmiştir. Ardından üçüncü bölümde ilgili literatür tartışılmıştır. Dördüncü bölümde ise çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemler açıklanmış ve beşinci bölümde ekonometrik analizlerin sonuçları sunulmuştur. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümü ile sonlandırılmıştır.

2. ELEKTRİK TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME

Üretim, reel ekonomik büyümenin temeli olup; emek ve sermaye olmak üzere iki temel girdiye bağlıdır. Sanayi devrimi öncesi dönemde enerji gereksinimi, bizzat emeğin kendisi ve doğal kaynaklardan karşılanırken; sanayi devrimi ile yaşanan makineleşme enerjinin kendi başına üretimin bir bileşeni olmasını sağlamıştır. Günümüzde nüfustaki artış ve teknolojik olanaklardaki gelişme, enerji tüketimini arttıran diğer faktörlerdir. Bu bağlamda, zaman içerisinde, üretimin gerçekleştirilmesi için kullanılan enerji, aynı zamanda tüketimin gerçekleştirilebilmesi için de kullanılmaya başlamıştır.

Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine göre daha kolay dönüştürülebilir ve kolay kullanımının yanında daha temiz bir enerji türü olması, elektrik enerjisini özellikle gelişmiş ülkelerde tercih edilen ve baskın enerji türü haline getirmiş olup; yaşam standardının iyileştirilmesinde, teknolojik ve bilimsel ilerlemede elektrik enerjisine önemli bir rol kazandırmıştır. Bu bağlamda elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki oldukça ilgi çekici hale gelmiştir. Bu nedenle bu ilişki pek çok ampirik çalışmaya konu olmuş ve birçok iktisatçı tarafından araştırma konusu olarak incelenmiştir.

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olduğu akla uygun bir görüş olarak görülmektedir. Ferguson ve diğerleri (2000), tarafından yüzden fazla ülke için yapılan bir yatay kesit veri analizi, genel olarak, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla enerji tüketimi, toplam ekonomik büyüklükle doğrudan ilişkilendirilebilirken; bu ilişkinin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru olduğu ilk kabul gören görüştür. Bununla beraber Kraft ve Kraft (1978) çalışmasından beri yapılan pek çok ampirik çalışmanın sonucu, bu iki değişken arasındaki nedenselliğin yönünün cevaplanmasının zor bir soru olduğunu göstermiş ve bu iki değişken arasındaki ilişkinin yönü konusu bir belirsizlik durumundadır.

Mevcut literatürde genel olarak elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki doğrusal modeller ile Granger nedensellik bağlamında araştırılmaktadır. Bu çerçevede ilişkinin yönüne bağlı olarak büyüme hipotezi, koruma hipotezi, geri besleme hipotezi ve yansızlık hipotezi şeklinde dört farklı hipotez ortaya atılmıştır.

Büyüme hipotezine göre nedenselliğin yönü elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğrudur. Hipotezin geçerliliği durumunda elektrik tüketiminin ekonomik büyümeyi teşvik edici olarak davranacağı kabul edilmektedir. Bu bağlamda enerjinin bir üretim faktörü olarak kabul edilmesiyle enerji tasarrufuna yönelik politikalar ile elektrik arzındaki daralmaların ekonomik büyümeyi daraltacağı iddia edilmektedir. Koruma hipotezine göre ise nedenselliğin yönünün ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla büyüme hipotezinin tersi olarak elektrik tüketimini düşürücü politikaların ve uygulamaların ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki yaratmayacağı kabul edilmektedir. Geri besleme (feedback) hipotezine göre değişkenler arasında çift yönlü nedensellik olduğu ileri sürülmektedir. Dolayısıyla elektrik tüketimi ile ekonomik büyümenin birbirlerinin tamamlayıcısı olduğu ve herhangi birindeki bir etkinin diğerini etkileyeceği ve sarmal şeklinde etkinin devam edeceği ileri sürülmektedir. Yansızlık (neutrality) hipotezine göre ise elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensel ilişki bulunmadığı, yani göz ardı edilebilir bir ilişki olduğu varsayılmaktadır (Altıntaş ve Mercan, 2015).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Kraft ve Kraft (1978) çalışması ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin araştırmasına yönelik çalışmalara öncülük etmiştir. Bu çalışmadan beri geçen sürede pek çok ampirik çalışma yapılmıştır. Genel olarak bu çalışmalar iki değişken arasında güçlü bir ilişkinin varlığını göstermektedir (Bkz. Ferguson ve diğerleri, 2000). Ancak, elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişkinin varlığı, mutlaka bir nedensellik ilişkisi olduğu anlamına gelmemektedir. Bu doğrultuda değişkenler arasındaki ilişkinin yönü konusu belirsizliğini korumaktadır. Yoo ve Lee (2010)'da söylendiği gibi cevaplanması gereken önemli soru, elektrik tüketimi ekonomik büyüme için uyarıcı mıdır, yoksa ekonomik büyüme elektrik tüketimine mi yol açmaktadır? Bununla beraber literatürde pek çok çalışma elektrik tüketiminin ekonomik büyümenin nedeni olduğunu göstermektedir. Ghosh (2002) ile Abbas ve Choundhury (2013) Hindistan'da, Wolde-Rufael (2006) altı Afrika ülkesinde, Mozumder ve Marathe (2007) Bangladeş'te, Squalli (2007) dört OPEC

ülkesinde, Narayan ve Prasad (2008) altı OECD ülkesinde ekonomik büyümenin elektrik tüketiminin nedeni olduğunu göstermektedir. Zortuk ve Karacan (2018) ise genel olarak geçiş ekonomilerinde enerji kullanımının ekonomik büyüklüğü negatif etkilediğini; ekonomik büyüklüğün ise elektrik kullanımını pozitif etkilediğini raporlamaktadır. Ayrıca, Kouakou (2011) Fildişi Sahili'nde sanayi üretiminin elektrik tüketiminin nedeni olduğunu, Barut ve Çelik (2021) ise Türkiye'de bu ilişkinin çift yönlü olduğunu göstermektedir.

Küresel ekonominin gelişmesi, üretimin enerji kaynaklarına daha bağımlı hale gelmesi ve tüketimin de enerji gerektirmesi hem dünyada hem de Türkiye'de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesini önemli bir konu haline getirmiştir. Bu bağlamda hem ülke özeli hem de ülke gruplarını dikkate alan pek çok ampirik çalışma yapılmıştır. Türkiye özelinde yapılan çalışmaların zaman serilerine dayalı çalışmalar olduğu görülmektedir (Bkz. Terzi, 1998; Lise ve Montfort, 2007; Nişancı, 2005; Altınay ve Karagöl, 2005; Karagöl ve diğerleri, 2007; Kar ve Kınık, 2008; Tatlıdil ve diğerleri, 2009; Aytaç, 2010; Ertuğrul, 2011; Korkmaz ve Develi, 2012; Yapraklı ve Yurttaçıkırmaz, 2012; Saatçi ve Dumrul, 2013; Altıntaş ve Koçbulut, 2014; Erdoğan ve Gürbüz, 2014; Bayraç ve Doğan, 2015; Çağlar ve diğerleri, 2017; Usta ve Berber, 2017; Tayyar, 2019; Aydın, 2020, Kopuk ve Bayraç, 2021; Alpdoğan, 2021).

Türkiye'nin gelişmekte olan ve bölgesel olarak farklı gelişmişlik düzeylerine sahip bir coğrafyasının olması, toplulaştırılmış zaman serisi verilerine dayalı sonuçlardan elde edilen politikaların etkinliğini sorgulatmaktadır. Bu bağlamda bölgesel farkların dikkate alındığı ampirik çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir. Böylece ortaya konulacak politikaların bölgesel etkileri göz önüne alarak, daha etkin politikaların ortaya konulmasına katkı sağlanacaktır. Ancak Usta (2016) ve Kara ve Cığercioğlu (2018) çalışmaları dışında Türkiye özelinde bölgesel etkileri dikkate alan başka herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Usta (2016)'da İBBS 2 düzeyinde 2004-2011 dönemi verileri kullanılarak enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi panel veri analizi yöntemlerinden yararlanılarak araştırılmaktadır. Böylece bölgesel heterojenlikler dikkate alınabilmektedir. Ancak, mekânsal etkiler dikkate alınmamaktadır. Elde edilen bulgular enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini göstermektedir. Kara ve Cığercioğlu (2018) ise açıklayıcı mekânsal veri analizi (Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA) kullanarak, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Ancak, ESDA analizi değişkenlerin mekânsal dağılımları konusunda bilgi verebilmektedir. Bu nedenle değişkenler arasındaki nedenselliğin yönü ve büyüklüğü hakkında yeterli bilgi sağlanamamaktadır. Ağır ve Kar (2010) yatay kesit veri analizi yöntemi kullanarak, elektrik tüketiminin geliri pozitif etkilediğini göstermektedir. Ekonomik büyümenin enerji tüketimine bağlı olması durumunda, yani koruma hipotezinin geçerli olması durumunda, uygulanacak enerji tasarrufu politikaları ekonominin yavaşlamasına neden olabilecektir. Ancak, yatay kesit veri analizleri zaman boyutunu dikkate almadığı için nedensellik konusunda yorum yapılması uygun olmamaktadır.

Sonuç olarak, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde belirlenmesi politika yapıcıların alacakları kararlar açısından çok önemli bir bilgi girdisi oluşturmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Türkiye özelinde mekânsal etkiler dikkate alınarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yapısı 2004-2019 dönemini kapsayan ve İBBS 3 düzeyi verileri kullanılarak oluşturulan bir panel veri setiyle panel zaman serisi ve mekânsal panel veri analizleri aracılığıyla araştırılmaktadır.

4. YÖNTEM

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki üzerine geniş bir literatür bulunmasına rağmen, bu iki değişken arasındaki ilişkinin yönü konusu belirsizdir. Bununla beraber ilişkinin farklı nedensellik durumlarını ele alan farklı hipotezler bulunmaktadır. Bu çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi ile sanayi sektörünün ekonomik büyüklüğü arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesinin yanında; mekânsal etkiler altında ilişkinin işareti, şekli ve büyüklüğü hakkında da bilgi üretilmesi amaçlanmıştır.

Sanayi sektörü açısından elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yönüne karar vermek için Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanılmıştır. Bu testin uygulanabilmesi için öncelikle değişkenlere ait serilerin durağanlıklarının incelenmesi gerekmektedir. Panel veri setlerinde değişkenlerin durağanlığının incelenmesinde değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılık içermesi durumuna göre farklı testler kullanılmaktadır. Bu nedenle birim kök testlerinden önce serilerin yatay kesit bağımlılık durumları incelenmelidir. Değişkenler arasındaki nedenselliğin yönüne karar verilmesinden sonra, mekânsal ekonometrik modeller kullanılarak sanayi sektörü elektrik tüketimi ve sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki ilişkinin yapısı mekânsal etkiler altında incelenmiş olup, istatistiksel olarak anlamlı mekânsal etkiler altında ters U ilişkisinin var olduğu görülmüştür.

4.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Panel veri modellerinde yatay kesit bağımlılık, ortak şokların varlığında ya da mekânsal bağımlılığın olduğu durumlarda ortaya çıkabilmektedir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006). Pesaran (2006) yatay kesit bağımlılığın göz ardı edilmesinin önemli yanlılık ve boyut bozulmalarına neden olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılık taşıyıp taşımadığı araştırılmıştır. Yatay kesit bağımlılığın test edilmesinde dikkate alınması gereken çeşitli noktalar bulunmaktadır. Bunlar birim ve zaman boyutu arasındaki ilişki, serinin durağanlığı ve katsayıların homojenlikleri olarak sıralanabilir. Dolayısıyla bunların her biri, bir kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Pesaran (2004) tarafından önerilen yatay kesit bağımlılık testi zaman boyutunun birim boyutundan az olduğu, durağan ve birim köklü durumlar ile heterojen panellerde uygulanabilmektedir. Çalışmamızda zaman boyutu (T) birim boyutundan (N) küçük olduğu için, yani $T < N$, ve diğer özellikleri nedeniyle serilerin yatay kesit bağımlılıkları Pesaran (2004) CD testi ile test edilmiştir. Pesaran (2004) tarafından önerilen CD test istatistiği Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (1)$$

Burada $\hat{\rho}_{ij}$ artıkların ikili korelasyonlarının örneklem tahminidir. Yatay kesit bağımlılığın olmadığı varsayımı altında, $N \rightarrow \infty$ ve T yeterince büyük olduğunda $CD \sim N(0,1)$ dağılımına sahiptir.

4.2. Panel Birim Kök Testi

Panel birim kök testleri değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılıklarına göre ikiye ayrılmaktadır. Birinci nesil olarak adlandırılan panel birim kök testleri yatay kesit bağımlılığını dikkate almamaktadır. İkinci nesil panel birim kök testleri ise yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır.

Pesaran (2007) tarafından dengeli ve heterojen paneller için $N > T$ ve $N < T$ için geçerli olan ve yatay kesit bağımlılığını elimine ederek ADF temelli bir panel birim kök testi önerilmiştir. Bu testte her birim için birim kök test edilebilmektedir. Tüm birimler için elde edilen yatay kesit genişletilmiş Dickey-Fuller (cross-section augmented Dickey-Fuller, CADF) test istatistikleri için kullanılan regresyon denklemi Eşitlik 2'deki gibidir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \delta_{0i} \Delta \bar{y}_t + \delta_{1i} \bar{y}_{t-1} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Burada Δ fark operatörü ve ϵ_{it} hata terimidir. Ayrıca, y_{it} 'nin yatay kesit ortalaması $\bar{y}_t = N^{-1} \sum_{j=1}^N y_{it}$ 'dir. Tüm birimler için $\beta_i = 0$ yokluk hipotezi altında, CADF test istatistiği Eşitlik 3-8'de verilmiştir.

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta y_i' M_w y_{i,-1}}{\hat{\sigma}_i (y_{i,-1}' M_w y_{i,-1})^{1/2}} \quad (3)$$

$$\Delta y_i = (\Delta y_{i1}, \Delta y_{i2}, \dots, \Delta y_{iT})', \quad y_{i,-1} = (y_{i0}, y_{i1}, \dots, y_{iT-1})' \quad (4)$$

$$\bar{M}_w = I_T - \bar{W} (\bar{W}' \bar{W})^{-1} \bar{W}', \quad \bar{W} = (\tau, \Delta \bar{y}, \bar{y}_{-1}) \quad (5)$$

$$\tau = (1, 1, \dots, 1)', \quad \Delta \bar{y} = (\Delta \bar{y}_1, \Delta \bar{y}_2, \dots, \Delta \bar{y}_T)', \quad \bar{y}_{-1} = (\bar{y}_0, \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{T-1})' \quad (6)$$

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{\Delta y_i' M_{i,w} \Delta y_i}{T-4} \quad (7)$$

$$M_{i,w} = I_T - G_i (G_i' G_i)^{-1} G_i', \quad G_i = (\bar{W}, y_{i,-1}) \quad (8)$$

Tüm birimler için hesaplanan CADF değerleri kullanılarak, yatay kesitle genişletilmiş IPS (cross sectionally augmented IPS, CIPS) istatistiği Eşitlik 9'daki gibi hesaplanarak panelin tamamı için birim kök olup olmadığı test edilebilmektedir. CADF ve CIPS istatistikleri için kritik değerler Pesaran (2007) tarafından üretilmiştir (Pesaran, 2007).

$$CIPS(N, T) = t - bar = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (9)$$

4.3. Panel Nedensellik Testi

Sabit parametre haricindeki parametreleri (eğim parametreleri) birimlere göre değişmediği panel veri modelleri, homojen panel veri modelleri olarak değerlendirilir. Parametrelerin heterojen olması durumunda, homojen olduğu varsayımı altında yapılan tahminler sapmalı ve tutarsız olacaktır. Bu durum literatürde heterojenlik sapması olarak adlandırılmaktadır (Tatoğlu, 2018: 3, 153).

Panel veri setleri kullanılarak yapılan nedensellik testleri Granger nedensellik testi mantığına dayanmakla beraber, panel veri birimleri arasındaki heterojenliğin dikkate alınmaması durumunda nedensellik analizi sonuçları yanıltıcı olabilmektedir (Gürüş, 2018: 409). Bu nedenle Dumitrescu ve Hurlin

(2012) tarafından heterojen ve yatay kesit bağımlılığa sahip durağan seriler için Granger nedenselliğin test edilmesinde kullanılmak üzere panel nedensellik testi önerilmiştir. Ayrıca, test küçük N ve T değerlerinde dahi iyi çalışmaktadır.

Eşitlik 10 verilen iki durağan x ve y değişkeni için doğrusal panel veri modeli olup, k gecikme sayısını ve $\varepsilon_{i,t}$ hata terimini göstermektedir. Bu modeli kullanılarak $\beta_i = 0$ yokluk hipotezi altında Eşitlik 11'deki test istatistiği, $T > N$ durumunda ve Eşitlik 12'deki test istatistiği ise $N > T$ durumunda kullanılarak test işlemleri gerçekleştirilmektedir.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

$$Z_{N,T}^{Hnc} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (W_{N,T}^{Hnc} - K) \quad (11)$$

$$Z_N^{Hnc} = \frac{\sqrt{N} [W_{N,T}^{Hnc} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T})]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N \text{Var}(W_{i,T})}} \quad (12)$$

Her iki test istatistiğinde $W_{N,T}^{Hnc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T}$ iken, $W_{i,T}$ bireysel Wald istatistikleridir (Dumitrescu ve Hurlin, 2012; Gürış, 2018: 411).

4.4. Mekânsal Panel Veri Modelleri

Klasik doğrusal regresyon modelinde hata terimlerinin ortalaması sıfır, aynı ve bağımsız dağılıma (*i. i. d.*) sahip oldukları ve aralarında korelasyon olmadığı varsayımları yapılmaktadır. Bununla beraber bölgesel (mekânsal) verilerin birbirlerinden bağımsız olduğu ileri sürülmektedir. Ancak, coğrafyanın birinci yasasına (Tobler, 1970)'e göre yakın olan şeyler uzak olan şeylere göre daha ilişkili olacağından klasik doğrusal regresyonun hata terimi için yapılan varsayımlar mekânsal (bölgesel) verilerin kullanıldığı ekonometrik modellerde sağlanamayacaktır. Dolayısıyla artıkların veya bağımsız değişkenin mekânsal otokorelasyona sahip olması, tahmin sonuçlarının yanlı ve tutarsız olmasına neden olacaktır. Bu nedenle mekânsal verilerin modellenmesinde mekânsal ekonometrik modeller kullanılmaktadır (Eralp ve diğerleri, 2020).

Mekânsal etkilerin modellenmesi için çeşitli mekânsal ekonometrik modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden biri mekânsal Durbin Modeli (spatial Durbin model, SDM) olup Eşitlik 14'te verilmiştir.

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + W Z_t \theta + \mu + \varepsilon_t \quad (14)$$

Burada W ağırlık matrisidir. Mekânsal ağırlık matrisi, gözlem birimlerinin konumlarına bağlı olarak, bu konumların komşuluk durumlarını yansıtmaktadır. Matris içinde komşu olan birimler 1, diğer durumlar ise 0 ile gösterilmektedir. SDM modeline $\theta = 0$ kısıtlaması getirildiğinde model Eşitlik 15'teki ifadeye dönüşmekte ve mekânsal otoregresif model (spatial autoregressive model, SAR) olarak adlandırılmaktadır.

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + \mu + \varepsilon_t \quad (15)$$

SAR modelinin hata teriminin mekânsal etki barındırdığı düşünüldüğünde ise model Eşitlik 16 ve 17'deki ifadeye dönüşmekte ve geleneksel mekânsal (spatially autocorrelated errors, SAC) modeline dönüşmektedir.

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + \mu + v_t \quad (16)$$

$$v_t = \lambda W v_t + \varepsilon_t \quad (17)$$

SAC modeline getirilecek $\rho = 0$ kısıtlaması ile elde edilen ve Eşitlik 18-19'da verilen model de mekânsal hata modeli (spatial error model, SEM) olarak adlandırılmaktadır.

$$y_t = X_t \beta + \mu + v_t \quad (18)$$

$$v_t = \lambda W v_t + \varepsilon_t \quad (19)$$

Burada ele alınan mekânsal panel veri modelleri quasi-maksimum olabilirlik tahmincisi kullanılarak tahmin edilmektedir. Mekânsal panel veri modellerinde, panel veri analizinde olduğu gibi sabit etkiler modeli ile rassal etkiler modelleri arasında seçim yapılırken Hausman testinden yararlanılmaktadır.

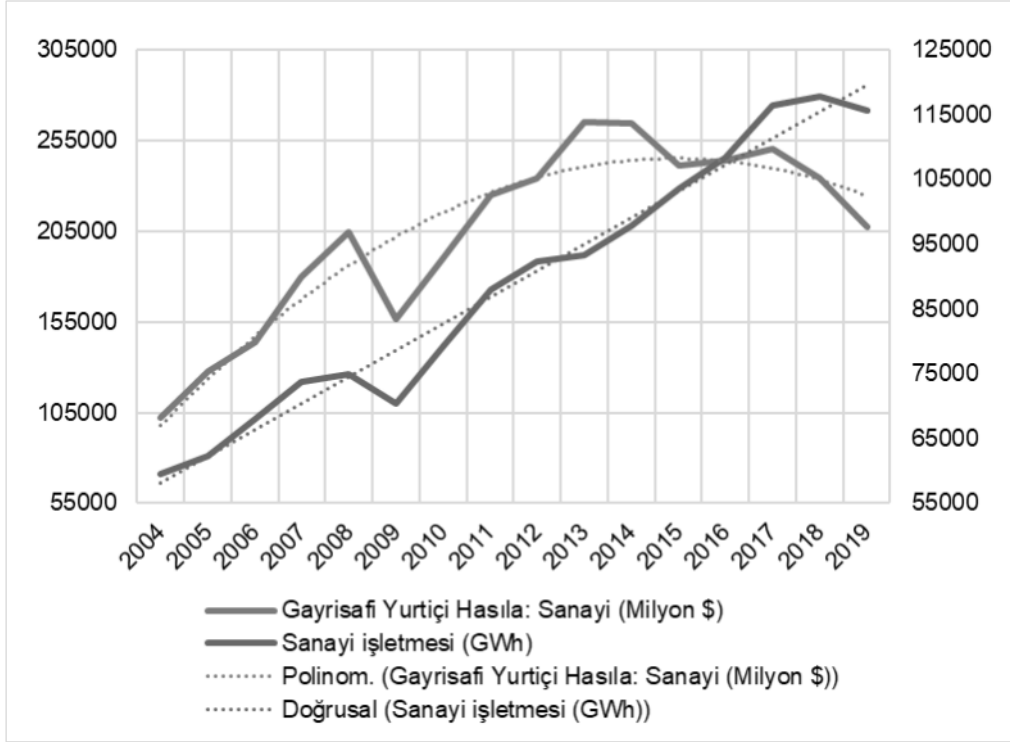
Değişkenlerin mekânsal otokorelasyona sahip olması durumunda bir bölgede meydana gelen değişimin diğer bölgeler üzerinde etkili olması yayılma (spillover) etkisi olarak adlandırılmaktadır. Yayılma etkilerine bağlı olarak, doğrudan ve dolaylı etkiler meydana gelmektedir. Açıklayıcı değişkenin i konumundaki değişiminin j ($i \neq j$) bölgesindeki bağımlı değişkeni etkilemesi dolaylı etkiyi ifade ederken; i

konumundaki açıklayıcı değişkendeki değişmeye bu konumdaki beklenen değerin verdiği tepki doğrudan etkiyi ifade etmektedir (Eralp, 2021: 98).

5. EKONOMETRİK ANALİZ

5.1. Model ve Veri Seti

Türkiye'de 2004-2019 dönemi için sanayinin toplam elektrik tüketimi Gigavat/saat (GWh) ve sanayi Gayri Safi Yurtiçi Hasılası (GSYH) (milyon Amerikan doları) değişkenlerine ait zaman serilerinin hareketi incelendiğinde Şekil 1'e göre, sanayi sektörü elektrik tüketiminin doğrusal bir trende sahip olduğu görülürken; sanayi GSYH'sinin ise parabolik bir yapı gösterdiği görülmektedir. Sanayi GSYH'sinin 2008 küresel krizi dışında genel olarak 2013 yılına kadar artış trendi sergilediği, ancak bu yıldan itibaren azalmaya başladığı görülmektedir. Dolayısıyla sanayi sektörünün büyüklüğünün ters U şekli sergilediği kabul edilebilir.



Şekil 1. Sanayi elektrik tüketimi ve sanayi GSYH'sinin zaman içindeki seyri

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ters U ilişkisi ölçek, kompozisyon ve teknik etkilerin karşılıklı etkileşimi açısından açıklanabilir. Ölçek etkisi, ekonominin ölçeği arttıkça, diğer tüm durumlar sabitken, elektrik tüketiminin de artacağını belirtir. Kompozisyon etkisi, ekonomiler geliştikçe ağırlıklı olarak ağır sanayiden hafif imalat ve hizmetlere doğru bir değişiklik olduğu gerçeğini ifade eder. Dolayısıyla hafif imalat ve hizmetler sektöründe enerji kullanım yoğunluğu sanayi sektörüne göre düşük olacağından büyümenin bileşen etkisi gereği elektrik tüketimi azalacaktır. Teknik etkiye göre, araştırmaya ve geliştirmeye yapılan yatırımlardaki artış enerji verimliliğinin artmasına ve buna bağlı olarak da elektrik tüketiminin düşmesine neden olacaktır (Yoo ve Lee, 2010).

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ampirik literatür, ülke özeli veya ülke grupları dahilinde olsun, bu iki değişken arasındaki nedenselliğin araştırılmasına ve varsa nedenselliğin yönünün belirlenmesine odaklanmaktadır. Bununla beraber bu iki değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik çalışmaların sonuçlarına bakıldığında nedenselliğin yönü konusunda bir belirsizlik olduğu görülmektedir (Payne, 2010). Bunun nedeni olarak ülke koşullarının farklılık göstermesi, analiz dönemlerinin farklı olması, kullanılan ekonometrik modellerin farklılıkları ve ekonometrik yöntemlerdeki farklılıklar gösterilebilir.

Çalışmada 2000 sonrası dönemde sanayi sektörü elektrik tüketiminin ve sanayi sektörü büyüklüğünün seyri dikkate alındığında, mekânsal etkiler altında ters U ilişkisinin araştırılabilmesi için mekânsal panel veri modellerinden geleneksel mekânsal model (SAC) çerçevesinde kurulan ekonometrik model Eşitlik 20 ve Eşitlik 21'de verilmektedir.

$$\text{Logselec}_{it} = \rho W \text{Logselec}_{it} + \beta_1 \text{Logsgdp}_{it} + \beta_2 \text{Logsgdp}_{it}^2 + \mu_i + v_{it} \quad (20)$$

$$v_{it} = \lambda W v_{it} + \epsilon_{it} \quad (21)$$

Eşitlik 20'de i alt indisi İBBS 3 düzeyindeki birimleri, t alt indisi ise zamanı ifade etmektedir. Sanayi sektörü elektrik tüketimi selet ve sanayi sektörünün büyüklüğü sgdp ile ifade edilmekte olup, logaritmik düzeyleri ile model girmektedirler. μ birim etkiler ve W mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Modelde ters U ilişkisinin geçerli olması için $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 < 0$ olup, her iki katsayının istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir.

5.2. Ampirik Bulgular

Analizlerde, İBBS 3 düzeyinde 81 ili kapsayacak şekilde 2004-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Sanayi sektörü GSYH verilerinin İBBS 3 düzeyinde 2004 yılına kadar geri gidiyor olmasından dolayı, veri setinin başlangıcı 2004 yılı olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ilk Covid-19 vakasının 11 Mart 2020 yılında görülmesi ve beraberinde çeşitli kapanma kararları nedeniyle analiz dönemi 2019 yılı ile sınırlandırılmıştır. Çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi verileri Megavat/saat (MWh) cinsindedir. Türkiye'de İBBS 3 düzeyinde enflasyon verileri açıklanmadığından sanayi sektörü büyüklüğü sanayi sektörü GSYH ABD doları cinsinden hesaplanmıştır. Veriler, TÜİK'in resmi internet sitesinden elde edilmiştir. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

<i>İstatistikler</i>	<i>Logselec</i>	<i>Logsgdp</i>
Ortalama	12,5907	20,4956
Medyan	12,7508	20,3913
Maksimum	16,2273	25,0659
Minimum	5,6454	16,6767
Standart Sapma	1,9356	1,3835
Gözlem Sayısı	1296	1296

Çalışmada ilk olarak sanayi elektrik tüketimi (Logselec) ve sanayi sektörü büyüklüğü (Logsgdp) değişkenlerine ait serilerin yatay kesit bağımlılık içerip içermediği Pesaran (2004) CD testi ile incelenmiştir. Test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Pesaran CD testi sonuçları

<i>Değişken</i>	<i>Test istatistiği</i>	<i>p-değeri</i>
Logselec	139,5751	0,0000***
Logsgdp	205,1390	0,0000***

Not. *** %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 2 incelendiğinde Logselec ve Logsgdp değişkenleri için hesaplanan test istatistiklerine ait p-değerlerinin anlamlılık düzeyleri 0,01'den küçük olmasından dolayı yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla tüm değişkenlerin yatay kesit bağımlılığa sahip olduğuna karar verilmiştir.

Çalışmada kullanılan Logselec ve Logsgdp değişkenlerinin yatay kesit bağımlılığa sahip olması ve $N > T$ olması nedeniyle bu değişkenlere ait serilerin birim kök içerip içermedikleri Pesaran (2007) CIPS testi ile araştırılmıştır. Tablo 3'te test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. CIPS birim kök testi sonuçları

<i>Değişken</i>	<i>Model</i>	<i>k = 1</i>	<i>k = 2</i>	<i>k = 3</i>
Logselec	Sabit	-2,3989***	-2,4974***	-2,6440***
	Sabit + Trend	-2,8628***	-2,8607***	-5,1657***
Logsgdp	Sabit	-2,1251**	-2,1874**	-3,2995***
	Sabit + Trend	-2,4727	-2,5579*	-14,5296***

Not. *** %1 ** %5 * %10 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Sabit terimli model için %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırasıyla kritik değerler: -2,22, -2,08 ve -2,01'dir. Sabit terim ve trendli model için %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırasıyla kritik değerler: -2,76, -2,61 ve -2,53'tir.

Tablo 3'teki sonuçlar incelendiğinde, panelin geneli için serilerin düzeyde durağan olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel Granger nedensellik testi kullanılabilir. Panel Granger nedensellik test için gecikme uzunluğunun belirlenmesinde AIC, BIC ve HIC ölçütleri dikkate alınmış olup, uygun gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Dumitrescu ve Hurlin (2012) testi sonuçları

<i>Ho Hipotezi</i>	<i>Gecikme</i>	<i>W-istatistiği</i>	<i>Zbar-istatistiği</i>	<i>p-değeri</i>
Logselec, Logsgdp'nin nedeni değildir.	3	4,6633	0,2139	0,8306
Logsgdp, Logselec'nin nedeni değildir.	3	5,8204	1,7289	0,0838*

Not: * %10 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 4 incelendiğinde, sanayi sektörü büyüklüğünden sanayi sektörü elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu görülmektedir. Bu durumda koruma hipotezinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu çalışmanın temel amacı sanayi sektörü elektrik tüketimi ile sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki ilişkinin yapısının belirlenmesi ve olası ters U ilişkisinin geçerliliğinin araştırılması olduğundan, mekânsal etkiler altında SAR, SEM, SAC ve SDM modelleri kullanılarak bu ilişkinin varlığı araştırılmıştır. Modellere ait tahmin sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Mekânsal panel veri modellerinin tahmin sonuçları

<i>Değişken</i>	<i>SAR-FE</i>	<i>SEM-FE</i>	<i>SAC-FE</i>	<i>SDM-FE</i>	<i>SDM-RE</i>
Loggsd	3,9206*** [0,4693] (0,0000)	4,5768*** [0,5109] (0,0000)	4,4945*** [0,5072] (0,0000)	4,8756*** [0,5211] (0,0000)	4,7730*** [0,4681] (0,0000)
Loggsd2	-0,0792*** [0,0117] (0,0000)	-0,0900*** [0,0128] (0,0000)	-0,0850** [0,0129] (0,0000)	-0,0973*** [0,0134] (0,0000)	-0,0912*** [0,0115] (0,0000)
WLoggsd				-3,5939*** [0,7597] (0,0000)	-3,7392*** [0,7229] (0,0000)
Wloggsd2				0,0802**** [0,0189] (0,0000)	0,0810*** [0,0176] (0,0000)
ρ	0,2779*** [0,0325] (0,0000)		-0,2671*** [0,0822] (0,0010)	0,3462*** [0,0340] (0,0000)	0,3780*** [0,0333] (0,0000)
λ		0,3560*** [0,0340] (0,0000)	0,5435*** [0,0570] (0,0000)		
Olabilirlik	-629,0474	-614,7829	-609,8753	-610,9591	-813,2504
Gözlem sayısı	1296	1296	1296	1296	1296
R ² grupiçi	0,3909	0,4011	0,4015	0,4072	0,4068
R ² gruplararası	0,8876	0,8663	0,8107	0,8671	0,8582
R ² tüm	0,8347	0,8242	0,7780	0,8270	0,8205
AIC	1266,0950	1237,5660	1229,7510	1233,9180	1642,5010
BIC	1286,7630	1258,2340	1255,5860	1264,9200	1683,8370

Not: *** %1 ve ** %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 5'teki sonuçlardan yararlanarak, öncelikle SDM modeli kullanılarak sabit etkiler (fixed effect, FE) modelinin mi, yoksa rassal etkiler (random effect, RE) modelinin mi geçerli olduğu Hausman testi kullanılarak araştırılmıştır. Hausman test istatistiği 19,0600 ve p-değeri 0,0019 olduğundan %1 anlamlılık düzeyinde rassal etkiler geçerlidir şeklindeki yokluk hipotezi reddedilebilmektedir. Dolayısıyla panel veri setinin sabit etkilere sahip olduğuna karar verilmiştir. SDM-FE modeline karşılık SAR-FE modelinin geçerliliğinin testi için Logsgdp ve Logsgdp2 değişkenlerinin katsayılarının birlikte sıfır olduğunu iddia eden yokluk hipotezi altında test istatistiği 37,1000 ve p-değeri 0,0000 olduğundan %1 anlamlılık düzeyinde yokluk hipotezi reddedilebilir. Dolayısıyla SDM-FE modeli geçerlidir. SDM-FE modeline karşılık SEM-FE modelinin geçerliliğinin yokluk hipotezi SEM-FE modeli geçerlidir şeklindedir. Test istatistiği 7,6300 ve p-değeri 0,0220 olduğundan %5 anlamlılık düzeyinde yokluk hipotezi reddedilebilir. Dolayısıyla SDM-FE modeli geçerlidir. SDM-FE ve SAC-FE modelleri birbirleri içerisine yuvalanmış modeller olmadıklarından aralarındaki model seçimi AIC ve BIC bilgi kriterlerine göre yapılmaktadır (Belotti ve diğerleri, 2017). SAC-

FE modelinin hem AIC hem de BIC değerleri SDM-FE'nin AIC ve BIC değerlerinden daha küçük olduğundan uygun modelin SAC-FE modeli olduğuna karar verilmiştir.

Uygun modelin belirlenmesinden sonra, LeSage ve Pace (2009) ve Elhort (2014) belirttiği üzere katsayıların doğrudan, dolaylı ve toplam etkilerinin elde edilip bu katsayılar üzerinden yorum yapılması uygundur. Tablo 6'da SAC-FE modeli için Logsgdp ve Logsgdp2 bağımsız değişkenlerin Logselec bağımlı değişkeni üzerindeki doğrudan, dolaylı ve toplam etkileri verilmiştir.

Tablo 6. SAC-FE modelinin doğrudan dolaylı ve toplam etkileri

<i>Etki</i>	<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart hata</i>	<i>p-değeri</i>
Doğrudan	Logsgdp	4,5763***	0,5246	0,0000
	Logsgdp2	-0,0868***	0,0134	0,0000
Dolaylı	Logsgdp	-0,9706***	0,2731	0,0000
	Logsgdp2	0,0183***	0,0053	0,0010
Toplam	Logsgdp	3,6057***	0,4964	0,0000
	Logsgdp2	-0,0684***	0,0120	0,0000

Not: *** %1 ve ** %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 6 incelendiğinde SAC-FE modeli tahmin sonuçlarına göre, tüm birimler için beklendiği gibi Logsgdp değişkeninin katsayısı pozitif olup istatistiksel olarak %1 düzeyinde ve Logsgdp2 değişkeninin katsayısı da negatif olup, istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlıdır. Dolayısıyla istatistiksel olarak anlamlı bir ters U ilişkisinin varlığı açıkça görülmektedir. Bunun anlamı sanayi sektörü elektrik tüketiminin sanayi sektörü büyüklüğünün azalan bir oranı ile artış gösterdiği ve bir zirve noktasından sonra ise azalış göstereceğidir.

Doğrudan etkiler dikkate alındığında bu zirve noktası $e^{(-4,5763/2(-0,0868))} \cong 281$ şeklinde yaklaşık olarak 281 milyar ABD doları olarak tahmin edilmiştir. Toplam etkiler dikkate alındığında ise bu zirve noktası $e^{(-3,6057/2(-0,0684))} \cong 280$ şeklinde yaklaşık olarak 280 milyar ABD doları olarak tahmin edilmiştir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Türkiye ekonomisinin temel büyüme stratejisi ihracata dayalı büyüme olarak halen kabul edilmektedir. Türkiye'nin pek çok tarım ürünü ihracatçısı olmasına rağmen, son yıllarda bu konuda ithalatçı duruma geçmiştir. Bununla beraber imalat sanayi ürünleri ve son yıllardaki özellikle savunma sanayi ürünlerinde ihracatını arttırdığı görülmektedir.

Sanayide üretiminin gerçekleştirilebilmesi için elektrik enerjisi, sermaye ve emek girdilerinin yanında önemli bir tamamlayıcı olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye'nin enerji ihtiyacı hem üretim hem de tüketim kaynaklı olarak artmaktadır. Bununla beraber enerji türleri içerisinde kolay kullanımı ve görece temiz bir enerji çeşidi olması nedeniyle elektrik enerjisi ön plana çıkarmaktadır.

Sanayi sektörünün toplam elektrik tüketimi içerisindeki payı 2000 sonrası dönemde ortalama olarak %47 düzeyindedir. Bununla beraber Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) 2019 yılı verilene göre elektrik üretiminin %19,87'si ithal kömür, %18,85'i doğal gaz, %15,42'si linyit, %1,85'i taşkömürü ve asfaltit, %1,52'i yenilenebilir atık ve atık ile %0,11'i sıvı yakıtlardan karşılanmıştır (TEİAŞ, 2022). Dolayısıyla Türkiye'nin enerji bağımlılığı ve sürdürülebilir ekonomi açısından sanayi sektörünün büyüklüğü ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin yapısal analizi uygulanan politikaların değerlendirilmesi ve uygulanacak politikalar açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi ile sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki yapısal ilişki ve olası ters U ilişkisi mekânsal etkiler dikkate alınarak araştırılmıştır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel Granger nedensellik testi sonuçlarına göre sanayi sektörü büyüklüğünden sanayi sektörü elektrik tüketimine doğru bir nedensellik olduğu görülmektedir. Uygun mekânsal ekonometrik model olarak seçilen SAC-FE modeli tahmin sonuçlarına göre mekânsal etkiler altında değişkenler arasında ters U ilişkisinin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Zortuk ve diğerleri (2017) tarafından geçiş ekonomilerinde ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasında ters U ilişkisinin geçerli olduğunu ifade edilirken, bunun nedenini sektörel politika değişikliklerine bağlanmaktadır.

Çalışmada tahmin edilen SAC-FE modelinin tahmin sonuçlarına göre analiz döneminde ortalama sanayi sektörünün büyüklüğü yaklaşık olarak 204 milyar ABD dolarıdır. Tahmin edilen mekânsal modele göre toplam mekânsal etkiler altında sanayi sektörü büyüklüğünün 280 milyar ABD dolarına kadar ölçek etkisinin, daha sonrasında ise kompozisyon ve teknik etkilerin hâkim olacağı düşünülmektedir. Bunun nedeni olarak 2000 sonrası dönemdeki yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretimindeki artış ve enerji tasarrufu ile enerji verimliliği konusundaki uygulamalar gösterilebilir.

Gelecekte sanayi sektörünün büyüklüğünün 280 milyar ABD dolarını aşması beklenti dahilindedir. Sanayi sektöründe ölçek etkisinin var olduğu düşünüldüğünde, sanayi sektörünün büyüklüğü arttıkça kullanılan elektrik tüketiminin artmasının beklenmesi akla uygundur. 2000-2016 yılları arasında sanayi sektörü enerji tüketimi payı azalırken, hizmetler sektörünün enerji tüketim miktarı ise artmıştır. Bununla beraber 2016 yılı itibariyle elektrik tüketiminde en büyük pay sanayi sektörüne aittir. Ayrıca, Enerji Verimliliği Endeksine (ODEX) göre 2000-2016 döneminde Türkiye toplamda %24,8 iyileşme gösterirken, AB-28 ülkelerinde ise %18,1'lik bir iyileşme gerçekleşmiştir. Görüldüğü üzere Türkiye'nin enerji verimliliği konusunda yürüttüğü çalışmaların sağladığı tasarruf miktarı, AB-28 ülkelerinin ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir (Altan ve Sağbaş, 2020). Bu bağlamda kompozisyon ve teknik etkiler ile sağlanan enerji verimliliği sanayi sektörü elektrik tüketimi ile sanayi sektörü büyüklüğü arasındaki ters U ilişkisinin nedeni olabilir. Ancak, Türkiye'de uygulanan enerji tasarrufu ve enerji verimliliği konusundaki çalışmaların henüz yeterli olmadığı belirtilmektedir. Dolaylı etkiler dikkate alındığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir U şeklinin geçerli olduğu görülmektedir. Dolayısıyla hizmetler sektörünün yanında hafif imalat sanayinin enerji kullanım yoğunluğu sanayi sektörüne göre düşük olacağından büyümenin bileşen etkisi gereği elektrik tüketimi azalacaktır. Teknik etki dikkate alındığında AR-GE yapılan yatırımlardaki artış enerji verimliliğinin artmasına ve buna bağlı olarak elektrik tüketiminin düşmesine neden olabilir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, sanayi sektörünün ekonomik büyüklüğünün sanayi sektörünün elektrik tüketimini belirli bir eşik değerine kadar destekleyebileceğini göstermektedir. Yani, yapısal dönüşümü işaret eden bir eşik değeri söz konusu olabilir. Dolayısıyla politika yapıcılarının sanayi sektörünü için kurulu güç kapasitesi planlamalarında bu durumu dikkate alması yararlı olacaktır.

Bu çalışmada sanayi sektörü elektrik tüketimi üzerinde, sektör büyüklüğünün etkisinin genel bir bakış açısı ile incelemesi; çalışmanın kısıdını oluşturmaktadır. Bununla beraber çalışmanın ampirik bulguları bölgesel farklılıklar olduğunu göstermektedir. Altan ve Sağbaş (2020) çalışmasına göre 2007-2015 dönemi itibariyle Türkiye'de sanayi sektörünün alt sektörlerinde enerji verimliliğinde heterojen bir yapı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda ileriki çalışmalarda alt sektörler itibariyle ters U ilişkisi araştırılabilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abbas, F. ve Choudhury, N. (2013). "Electricity Consumption-Economic Growth Nexus: An Aggregated and Disaggregated Causality Analysis in India and Pakistan", *Journal of Policy Modeling*, 35, 538-553.
- Ağır, H. ve Kar, M. (2010). "Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi", *Sosyoekonomi*, 6(12), 149-175.
- Alpdoğan, H. (2021). "Yapısal Kırılma Altında Türkiye'nin Enerji Tüketimi ile Büyüme İlişkisi", *Journal of Business and Trade*, 1(2), 28-36.
- Altan, A.D. ve Sağbaş, A. (2020). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu", *Verimlilik Dergisi*, 1, 7-26.
- Altınay, G. ve Karagöl, E. (2005). "Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey", *Energy Economics*, 27, 849-856.
- Altıntaş, H. ve Koçbulut, Ö. (2014). "Türkiye'de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 37-65.
- Altıntaş, H. ve Mercan, M. (2015). "Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G-11 Ülkeleri Örneğinde Panel Eşbütünlük ve Nedensellik Uygulaması", *TISK Academy/TISK Akademi*, 10(20), 318-347.
- Aydın, M. (2020). "Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye için Frekans Alanında Nedensellik Yaklaşımı", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 83-96.
- Aytaç, D. (2010). "Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini", *Maliye Dergisi*, 158, Ocak-Haziran, 482-495.
- Barut M.E. ve Çelik E. (2021). "Türkiye'de Sanayide Tüketilen Elektrik Enerjisi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Analizi", *Nicel Bilimler Dergisi*, 3(1), 43-58.
- Bayraç N.H. ve E. Doğan (2015). "Türkiye'de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Markov-Switching Yaklaşımı", EY International Congress on Economics II, Ankara, 5-6 Kasım.
- Belotti, F., Hughes, G. ve Mortari, A.P. (2017). "Spatial Panel-data Models Using Stata", *The Stata Journal*, 17(1), 139-180.
- Çağlar, A.E., Kubar, Y. ve Korkmaz, A. (2017). "Türkiye Ekonomisinde Büyümenin Dinamiği Olarak Enerji", *Akdeniz İİBF Dergisi*, 17 (36), 103-129.
- De Hoyos, R.E. ve Sarafidis, V. (2006). "Testing for Cross-sectional Dependence in Panel-data Models". *The stata journal*, 6(4), 482-496.
- Dumitrescu, E.I. ve Hurlin, C. (2012). "Testing for Granger Non-causality in Heterogeneous Panels", *Economic modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Elhorst, J.P. (2014). *Spatial Econometrics: From Cross-sectional Data to Spatial Panels*. Heidelberg, Springer, 2014.
- ENVER (Enerji Verimliliği Derneği), (2022). "Enerji Verimliliği Nedir?", <https://www.enver.org.tr/enerji-verimliliği>, (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Eralp, A. (2021). "Süreklilikten Sürdürülebilirliğe Ekonomi – Seçme Yazılar", *Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınmanın Önündeki Engel: Yoksulluğun Akademik Başarı Üzerindeki Etkisi*, Editör: Orhan ELMACI, Holistence Publications, İstanbul, 82-119.
- Eralp, A., Şahin, S. ve Çağdaş, Y. (2020). "Vergi Yüğü ve Mutluluk İlişkisinin Mekânsal Ekonometrik Modellerle Analizi". *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16(4), 870-890.
- Erdoğan, S. ve Gürbüz, S. (2014). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Yapısal Kırılmalı Zaman Serisi Analizi", *Selçuk Üniversitesi SBE Dergisi*, 32:79-87.
- Ertuğrul, M. (2011). "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz", *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 2: 49-73.
- EVK (Enerji Verimliliği Kanunu), (2007). T.C. Resmî Gazete, Sayı: 26510, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm>, (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Ferguson, R., Wilkinson, W. ve Hill, R., (2000). "Electricity Consumption and Economic Development", *Energy Policy*, 28, 923-934.
- Ghosh, S. (2002). "Electricity Consumption and Economic Growth in India", *Energy Policy*, 30(2), 125-129.
- Güriş, S. (2018). *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi*, DER Yayınları, İstanbul.
- KA (Kalkınma Ajansları), (2022). *Kalkınma Planlamasında İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması*, <https://ka.gov.tr/sayfalar/kalkinma-planlamasinda-istatistik-bolge-birimleri-siniflandirmasi--24>, (Erişim tarihi: 13.08.2022).

- Kar, M. ve Kınık, E. (2008). "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(2): 333-353.
- Kara, M.A. ve Çiğirlioğlu, O. (2018). Türkiye'de İl Düzeyinde Elektrik Tüketimi ile GSYİH Arasındaki İlişkinin Mekânsal Analizi. ICPESS 2018 PROCEEDINGS Volume 2: Economic Studies, 269.
- Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H.M. (2007). "Türkiye'de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Kopuk, E. ve Bayraç, H.N. (2021). "Enerji ve Elektrik Kullanımının Türkiye Ekonomisi Üzerindeki Etkisi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(2), 317-330.
- Korkmaz, Ö. ve Develi, A. (2012). "Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve GSYİH Arasındaki İlişki", *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 27(2): 1-25.
- Kouakou, A.K. (2011). "Economic Growth and Electricity Consumption In Cote D'ivoire: Evidence From Time Series Analysis", *Energy Policy*, 39, 3638-3644.
- Kraft, J. ve Kraft, A. (1978). "On the Relationship Between Energy and GDP", *Journal of Energy Development*, 3, 401-403.
- Lesage, J. ve Pata, R.K., (2009), Introduction to Spatial Econometrics. Chapman and Hall/CRC.
- Lise, W. ve K.V. Montfort (2007), "Energy Consumption and GDP in Turkey: Is There A Co-Integration Relationship?", *Energy Economics*, 27, 1166-1178.
- Mozumder, P. ve Marathe, A., (2007). "Causality Relationship Between Electricity Consumption and GDP in Bangladesh", *Energy Policy*, 35, 395-402.
- Narayan, P.K. ve Prasad, A. (2008). "Electricity Consumption-Real GDP Causality Nexus: Evidence From A Bootstrapped Causality Test for 30 OECD Countries", *Energy Policy*, 36, 910-918.
- Nişancı, M. (2005). "Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki", *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(9):107-121.
- Payne J.E. (2010). "A Survey of The Electricity Consumption-Growth Literature", *Applied Energy*, 87, 723-731.
- Pesaran, M.H. (2004). "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", (IZA Discussion Paper No. 1240). Institute for the Study of Labor (IZA).
- Pesaran, M.H. (2006). "Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panel with a Multifactor Error Structure". *Econometrica*, 74 (4), 967-1012.
- Pesaran, M.H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in The Presence of Cross-Section Dependence", *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
- Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2013). "Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkinin Dinamik Bir Analizi: Türkiye Örneği", *Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi*, 32(2):1-24.
- Squalli, J. (2007). "Electricity Consumption And Economic Growth: Bounds and Causality Analyses for OPEC Members", *Energy Economics*, 29, 1192-1205.
- Tatlıgil, H., Çemrek, F. ve Şen, H. (2009), "Cointegration Relationship among Energy Consumption GDP and Electricity Price Variables in Turkey", *Selçuk Ün. İİBF Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(17), 439-451.
- Tatoğlu, F.Y. (2018). "Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı – 2. Baskı", Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Tayyar, A.E. (2019). "Türkiye'de Sektörel Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisi: MWALD Temelli Nedensellik Analizlerinin Uygulanması", *Third Sector Social Economic Review*, 54(4), 1937-1956.
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2022). "III-Elektrik Enerjisi Üretimi-Tüketimi-Kayıplar 2019," 38-Grafik III.I - 2019 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimine Kaynaklara Göre Dağılımı.docx, (Erişim tarihi: 03.10.2022).
- Terzi, H. (1998). "Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", *İşletme, İktisat ve Finans Dergisi*, 13(3): 62-72.
- Tobler, W.R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit Region", *Economic Geography*, 46(sup1). 234-240.
- TSKB (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.), (2021). "Enerji Görünümü 2021", <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2021.pdf>, (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Usta, C. (2016). "Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkinin Bölgesel Analizi", *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 2(2), 181-201.
- Usta, C. ve Berber, M. (2017). "Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkinin Sektörel Analizi", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(1), 173-187.
- Wolde-Rufael, Y. (2006). "Electricity Consumption and Economic Growth: A Time Series Experience for 17 African Countries", *Energy Policy*, 34,1106-1114.

- Yalçın, H.E. ve Yalçın, C. (2021). "Enerji Verimliliği, Yenilenebilir Enerji ve Cari İşlemler Dengesi: Ekonometrik Bulgular ve Türkiye İçin Senaryo Analizleri", 21. *Ulusal İktisat Kongres (EKON-TEK2021)*, Eskişehir, Türkiye, 1-37.
- Yapraklı, S. ve YurttañçıkmaZ, Z. (2012). "Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Üzerine Ekonometrik bir Analiz", *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(2), 195-215.
- Yoo, S. H., ve Lee, J.S. (2010). "Electricity Consumption and Economic Growth: A Cross-country Analysis", *Energy Policy*, 38(1), 622-625.
- Zortuk, M. ve Karacan, S. (2018). "Energy–growth Nexus Revisited: An Empirical Application on Transition Countries", *Environment, Development and Sustainability*, 20(2), 605-623.
- Zortuk, M., Karacan, S. ve Aydın, N. (2017). "Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Selected Transition Economies: Quantile Panel-Type Analysis Approach", *Sosyoekonomi*, 25(34), 187-196.

Türkiye’de Çevresel Düzenlemeler ve Ekonomik Büyümenin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri: Ampirik Bir Uygulama

Melike ATAY POLAT¹, Suzan ERGÜN²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, ekonomik büyüme ve çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkilerini Türkiye ekonomisi için 1990-2015 yılları kapsamında araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmada Yapısal Kırılmasız ADF Birim Kök Testi kullanılarak değişkenler için durağanlık sınaması yapılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin belirlenmesinde birim kök testi sonuçları ARDL sınır testinin uygun olduğunu göstermiştir. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin araştırılmasında Frekans alanı nedensellik testinden yararlanılmıştır.

Bulgular: Sınır testi bulguları, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisini ortaya koymuştur. Uzun dönem sonuçları, ekonomik büyümenin hava kirliliği üzerine pozitif etkisinin olduğunu göstermiş, buna karşılık çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının hava kirliliği üzerine negatif etkisinin olduğu görülmüştür. Nedensellik testi sonuçlarına göre, hava kirliliği ile çevresel düzenlemeler arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin kısa ve orta dönemde önemli bir etkisi vardır.

Özgünlük: Literatürde, Türkiye’de çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini analiz eden başka bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla, çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz eden ilk çalışmadır. Ayrıca, hava kirliliği üzerine çevre ile ilgili teknolojilerin etkisi de araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre Kirliliği, Hava Kirliliği, Çevresel Düzenleme, Nedensellik Analizi.

JEL Kodları: Q53, Q56, Q58.

Impacts of Environmental Regulations and Economic Growth on Air Pollution in Türkiye: An Empirical Study

ABSTRACT

Purpose: In this study, the impact of the economic growth and the environmental regulations on air pollution were investigated in Turkish economy on the basis of the years 1990-2015

Methodology: In the study the stationarity test for the variables was performed using the ADF unit root test without structural break. The unit root test outcomes showed that the ARDL bounds test was appropriate in determining the long-term relationship between the variables. Finally, Frequency domain causality test were used to investigate the causality relationship between variables.

Findings: Boundary test findings revealed a long-term relationship between the variables. Long-term results have shown that economic growth has a positive effect on air pollution, whereas the number of patents related to environmental technologies has a negative effect on air pollution. According to the causality test findings, bidirectional causality was found between air pollution and environmental regulations in the short-term and mid-term. The environmental regulations have a significant impact on reducing air pollution in the short and mid-term.

Originality: There is no other paper in the literature that analyzes the effects of environmental regulations on air pollution in Türkiye. Therefore, this is the first paper to analyze the impact of environmental regulations on air pollution for the Turkish economy. In addition, the effect of environmental technologies on air pollution was also investigated.

Keywords: Environmental Pollution, Air Pollution, Environmental Regulation, Causality Analysis.

JELCodes: Q53, Q56, Q58.

¹ Doç. Dr., Mardin Artuklu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Mardin, Türkiye, matay@artuklu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9507-5942 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*)

² Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Malatya, Türkiye, suzan.ergun@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-84474-972X.

1. GİRİŞ

Atmosferde bir veya birden fazla kirleticinin, canlı yaşamına ve çevre kalitesine olumsuz etki eden süre ve miktarda bulunması hava kirliliği olarak ifade edilmektedir. Hava kirliliği, doğal ve antropojenik faktörler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Doğal faktörler özellikle kurak bölgelerde orman yangınları, toz fırtınaları, yanardağ patlamaları şeklinde hava kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunurken, bugün insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan hava kirliliği doğal kaynaklar sonucu ortaya çıkan hava kirliliğini aşmış durumdadır. Hava kirliliğinin ana kaynakları olan başlıca insan faaliyetleri motorlu taşıtlardan yakıt yakılması, ısı ve elektrik üretimi, endüstriyel tesislerin emisyonları, belediye ve tarımsal atık sahaları ve atık yakma sonucu ortaya çıkan salınımlar ve kirlenici yakıtlarla pişirme, ısıtma ve aydınlatma faaliyetleri şeklindedir. Hava kirliliğine kısa veya uzun süreli maruz kalmanın bir sonucu olarak olumsuz sağlık sorunları ortaya çıkabilir. En güçlü sağlık etkisi kanıtlanmış olan kirleneticiler; azot dioksit (NO₂), partikül madde (PM), ozon (O₃), ve kükürt dioksit (SO₂)'dir. Ortamdaki hava kirliliğinin çoğu yerel veya bölgesel faktörlerden kaynaklanmasına rağmen, bazı atmosferik koşullar altında hava kirliliği dört-altı günlük zaman diliminde ulusal sınırlar boyunca çok daha uzak mesafelere taşınabilmekte ve böylece asıl kaynağından uzak insanları da etkileyebilmektedir. Örneğin, Afrika, Moğolistan, Orta Asya ve Çin'in çöl bölgelerinden rüzgarla gelen tozlar, uzak bölgelerde sağlık ve hava kalitesini etkileyen büyük miktarda partikül madde, mantar sporu ve bakteri taşıyabilir. Bu nedenle, hava kirliliği yönetiminde yerel ve bölgesel çabaları tamamlayacak şekilde uluslararası akışları ve hava kirlenici kaynaklarını ele almak için küresel iş birliğine ihtiyaç vardır (WHO, 2022).

Son yıllarda özellikle küresel iklim ısınması ve kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkileri politik karar alma sürecinin merkezine hava kirliliğini getirmiştir. Sağlık Etkileri Enstitüsü (2020)'ne göre; 2019'da hava kirliliği, dünya çapında yeni doğan bebekler arasında yaşamlarının ilk ayında yaklaşık 500.000 ölüme neden olmuştur. Erken ölüm için dördüncü önde gelen risk faktörü olan hava kirliliği, 2019 yılında 6,67 milyon ölüm eklemiştir (küresel çapta ölümlerin sekizde biri). WHO'nun da vurguladığı gibi, hava kirliliği şu anda dünyanın en büyük çevresel sağlık riskidir. Gelişmiş ülkeler, özellikle Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri, hava kalitesini iyileştirmek için katı düzenlemeler uygularken, gelişmekte olan ülkeler genellikle daha zayıf çevresel düzenlemelerle yetinmektedir (Bagayev ve Lochard, 2017). Çevresel düzenlemeler ekonomi üzerinde bir engel olarak kabul edilir. Bununla birlikte, iyileştirilmiş çevresel kalite, daha sağlıklı bir iş gücü yaratarak aslında verimliliği artırabilir. Kanıtlar, hava kalitesindeki iyileştirmelerin tarım, imalat ve hizmet sektörleri de dahil olmak üzere bir dizi sektörde işçi verimliliğinde iyileşmelere yol açtığını göstermektedir (Neidell, 2017:1).

Bu çalışma Türkiye'de uygulanan çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini incelemiştir. Bu çerçevede, Türkiye'nin çevresel düzenlemelere yönelik uygulamalarında, çevresel politika katılımı endeksinden yararlanılmıştır. Çevresel kirlilik performansında ise hava kirliliği verisi olarak PM₁₀ emisyonu ele alınmıştır. Ayrıca, teknolojik faaliyetlerin bir verisi olarak çevre ile ilgili patent sayısı modele aracı değişken olarak eklenmiştir. Bu çalışmanın literatüre dört katkısı vardır. Birincisi, hızlı ekonomik büyümenin çevresel kirliliğe ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin anlaşılması sonucunda hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin etkisini ampirik olarak test etmiştir. İkincisi, çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz eden ilk çalışmadır. Üçüncüsü, *Çevresel Politika Katılımı Endeksi* Türkiye'de çevresel düzenlemeleri temsil etmek amacıyla kullanılmış ve böylece çevresel düzenlemeler ve hava kirliliği arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinden yararlanılarak ampirik olarak ilk kez test edilmiştir. Dördüncüsü, hava kirliliği üzerine çevre ile ilgili teknolojilerin etkisi araştırılmıştır.

Çalışma beş bölümden oluşmuştur. Giriş bölümünden sonraki bölümde ekonomik büyüme, çevre ve çevresel düzenlemeler arasındaki ilişkiye değinilmiş sonrasında araştırmaya ilgili literatüre yer verilmiştir. Sonraki bölümde, ekonometrik analizde yöntem ve bulgular tartışılmıştır. Son bölüm ise, sonuç kısmına ayrılmıştır.

2. EKONOMİK BÜYÜME, ÇEVRE KALİTESİ ve ÇEVRESEL DÜZENLEME

Ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ilişki incelendiğinde iki uç noktada görüşlerin var olduğu görülmektedir. Bu kapsamda bazı bilim insanlarına göre, artan ekonomik faaliyetler daha fazla enerji ve malzeme girdisi gerektirir ve daha büyük miktarlarda atık ürünler üretir. Bu atık birikimi ve kirlenici madde konsantrasyonları çevresel kalitenin düşmesine ve insan refahında azalmaya neden olur. Bunlara göre çevreyi ve hatta ekonomik aktiviteyi kendisinden korumak için, ekonomik büyüme durmalı ve dünya istikrarlı bir ekonomiye geçiş yapmalıdır. Diğer uçta yer alan ve çevresel gelişme için en hızlı yolun ekonomik büyüme olduğunu iddia edenlere göre, daha yüksek gelir ile daha az malzeme yoğun olan mal ve hizmetlere olan talebin yanı sıra, çevresel kaliteye yönelik talep nedeniyle aralarında pozitif yönlü bir ilişki olduğu ifade edilmekte ve hatta bazıları, ekonomik büyümeyi azaltacak çevresel düzenlemelerin aslında çevresel kaliteyi

düşürebileceğini iddia etmektedirler. Diğer yandan ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkinin bir ülkenin kalkınma sürecinde pozitif veya negatif şeklinde sabit olmadığı ve gelir seviyesi ülke insanlarının daha etkin bir altyapı ve daha temiz bir çevre talep ettiği seviyeye ulaştığı zaman pozitiften negatife değişebileceği şeklinde ifade adlandırılmaktadır. Çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ima edilen ters-U ilişkisi, Kuznets'in öne sürdüğü gelir eşitsizliği ilişkisine benzetilerek Çevresel Kuznets Eğrisi olarak adlandırılmaktadır. Düşük gelir düzeyinde, çevresel bozulmanın hem miktarı hem de yoğunluğu sınırlıdır. Tarımsal üretimin artması, doğal kaynak çıkarımının yoğunlaşması ve sanayileşmenin hızlanması hem kaynakların tükenmesini hem de atık oluşumunu hızlandırmaktadır. Daha yüksek gelir seviyelerinde, bilgiye dayalı endüstrilere ve hizmetlere yönelik yapısal değişim, daha verimli teknolojiler ve artan çevresel kalite talebi çevresel bozulmaların sürekli olarak düşmesine neden olmaktadır (Panayotou, 2003: 45). Bu durum ekonomik büyümenin küresel sürdürülebilirlik için bir tehdit olmadığını ve büyümenin çevresel sınırlarının olmadığını ortaya koymaktadır.

Diğer yandan gelişmişlik düzeyi, sanayi sektörünün Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) içindeki payı ve sanayinin yapısı arasında oldukça yakın bir ilişki vardır. Düşük gelirli ülkelerde, sanayinin GSYH içindeki payı küçüktür (tarımdan daha az) ve sektöre tarımsal işleme ve hafif montaj hakimdir. Orta gelirli ülkelerde, sanayinin payı GSYH'nın üçte birine yaklaşmakta veya onu aşmaktadır ve sektöre ağır çelik, kağıt hamuru ve kağıt, çimento ve kimya endüstrileri hakimdir. Daha yüksek gelirli ülkelerde, sanayinin payı sabitlenmekte veya azalmakta ve sektöre karmaşık teknoloji endüstrileri (elektrikli makineler ve elektronikler gibi) ve hizmetler hakim olmaktadır. Endüstriyel emisyonlar, sanayi sektörünün büyüklüğüne, kimya ve ağır sanayilerin payına göre değişmektedir (Panayotou, 1993: 2).

Günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkeler hızlı kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme faaliyetleri nedeniyle dünyanın en şiddetli hava, su ve katı atık sorunlarına ev sahipliği yapmaktadırlar. Çoğu ülkede bu sorunların çözümü için bir yandan geleneksel yaklaşımlara başvurulmasına, diğer yandan kirliliğin kontrol altına alınması için araştırmacılar ve politika yapıcılar tarafından alınacak önlemlerin etkinliğine ayrı bir önem gösterilmesine rağmen kişi başına düşen karbon emisyonunu düşük tutacak uygulanabilir bir politika reçetesi kümesi tam olarak mevcut değildir. Böyle olunca çevresel düzenlemeler ulusal ve uluslararası düzeyde önemli bir politika konusu haline gelmiştir. Özellikle düzenlemelerin sağlık ve çevresel faydalarının ekonomik maliyetlerine değip değmeyeceği, devam eden bir kamuoyu tartışmasıdır (Gayer, 2011: 5; Blackman, 2009: 1). Dünya Bankası (1992), çevresel bozulmanın altında yatan nedenleri ortadan kaldırmak için kendi başına yeterli olmayacak, ancak birlikte hayata geçirildikleri zaman etkili olacak iki geniş politika setini hayata geçirmeyi gerekli görmektedir. Bunlar:

- Politika başarısızlıklarını düzelterek ya da önleyerek, kaynaklara ve teknolojiye erişimi iyileştirerek ve eşit gelir artışını teşvik ederek kalkınma ve çevre arasındaki pozitif bağları kullanmaya çalışan politikalar,
- Karar vermede çevresel değerlerin tanınmasını güçlendirmek için gereken düzenlemeler ve teşviklerle belirli çevresel sorunlara yönelik politikalar şeklindedir.

Tablo 1'de çevresel kirliliği azaltmaya yönelik uygulanacak politikaların çevre kalitesinde meydana getireceği iyileşmenin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerine ve ekonomik olarak ortaya çıkaracağı pozitif sonuçlara yer verilmiştir. Buna göre; taşımacılık, enerji, sanitasyon, tarım ve şehir yaşamına dair alınacak politika tedbirlerinin sağlık açısından ve ekonomik açıdan avantajlar ortaya çıkaracağını anlaşılmaktadır.

Son olarak aynı endüstriyel yapıya sahip ülkeler eğer sermaye stokları ve üretim teknolojileri farklı kalite ya da farklı modelde ise, farklı seviyelerde endüstriyel emisyon ve atık üretebilirler. Modası geçmiş, eski veya bakımsız endüstriyel tesisler ve makineler enerji ve malzeme kullanımında daha az etkindirler ve bunun sonucunda yeni ve daha iyi korunan endüstriyel tesislerden daha yüksek düzeyde atık ve emisyon üretme eğilimindedirler. Kirlilik yoğunluğu veya çıktı birimi başına emisyonlar çevresel düzenlemelerin uygulanmasının sertliği ve yoğunluğundan fazla etkilenir. Diğer faktörler eşit olmak koşuluyla, gevşek kirlilik kontrol yönetmeliğine sahip olan ülkeler, çevreyi etkili bir şekilde kontrol eden ülkelere göre daha fazla endüstriyel emisyonla karşılaşmaktadır (Panayotou, 1993: 2-3).

Tablo 1. Kapsayıcı yeşil politikaların çoklu faydalarına örnekler

	<i>Çevresel Faydaları</i>	<i>Sağlık Faydaları</i>	<i>Ekonomik Faydaları</i>
<i>Taşımacılık</i> Yakıtlardaki sülfürü azaltmak için sıkı standartlar getirilmesi	Asit yağmuru olaylarında azalma, böylece daha az orman ve mahsulün zarar görmesi ve toprakların daha az asitlenmesi	Kalp ve damar, solunum, kanser gibi hastalıkların görülme sıklığının azalması	Bir karşılaştırma olarak, benzindeki kurşunun küresel ölçekte ortadan kaldırılması küresel GSYH'nın yaklaşık % 4'ü oranında ekonomik fayda sağlayacaktır.
<i>Tarım</i> Entegre peyzaj yönetimi	Biyçeşitliliğin korunması ve kritik ekosistem hizmetleri, hidroelektrik üretimi, iyileştirilmiş su kalitesi ve miktarı	Zayıf su kalitesi (örneğin ishal, vb.) ve/veya zayıf kişisel hijyen ile ilgili hastalıkların görülme sıklığının azalması	Su ile ilgili hastalıklardan sağlık maliyetlerinde azalma. Su havzası yönetiminin iyileştirilmesi nedeniyle düşük su ve sanitasyon maliyetleri.
<i>Şehirler</i> Bitki örtüsünün ve yeşil alanların artırılması	İyileştirilmiş hava kalitesi, azaltılmış ısı adası etkileri, azalan seller, engellenen kirleticiler	Aşırı hava koşullarına karşı gelişmiş insan direnci; azaltılmış stres ve zihinsel sağlık, dış mekanlarda fiziksel ve rekreasyonel aktivitelerin artması ve böylece obezitenin azalması	Artan mülk değeri, iklimlendirme maliyetlerinde azalma.
<i>Enerji</i> Temiz enerji temini ve enerji verimliliğinin artırılması	İyileştirilmiş hava kalitesi	Azalan hava kirliliği ile ilgili hastalıklar (örneğin solunum yolu hastalıkları)	2030 yılına kadar yenilenebilir enerji payının iki katına çıkarılması, küresel % 1,1 GSYİH artışı ve 24 milyon iş sağlayacaktır.
<i>Sanitasyon</i> Altyapının sağlanması	İyileştirilmiş su kalitesi	Çeşitli hastalıklarda hastalanma ve ölüm oranının azalması	1 ABD Doları'nın temiz suya ve sanitasyona yatırılması, bölgeye bağlı olarak, 3 ABD doları ile 34 ABD doları arasında bir ekonomik getiri sağlar.

Kaynak: UNEP (2016: 8)

3. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişki ÇKE bağlamında ele alınmıştır. Bu kapsamda öncü çalışma olan ve NAFTA'nın çevresel etkisinin incelendiği çalışmada Grossman ve Krueger (1991: 353) ÇKE hipotezini destekleyen sonuçlar elde etmişlerdir. Kişi başına gelir düzeyinin düşük seviyelerinde çevre kirliliğinin artacağı ancak belli bir gelir düzeyine ulaşıldıktan sonra ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknik etkiler sonucunda GSYH artışının çevresel kirliliğin azalmasına neden olacağı belirtilmiştir. Çalışmada ticari serbestleşmenin çevresel etkisinin yalnızca politika değişikliğinin ekonomik faaliyetin ölçeği üzerindeki etkisine bağlı olmayacağı aynı zamanda ekonomik faaliyetin sektörler arası bileşiminde ve mal ve hizmet üretmek için kullanılan teknolojilerde meydana gelen değişmelere bağlı olacağı ifade edilmiştir. Diğer yandan Grossman ve Krueger (1995) kişi başına gelir ve çeşitli çevresel göstergeler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuçlar ekonomik büyümeyle birlikte çevresel kalitenin istikrarlı bir şekilde bozulduğuna dair hiçbir kanıt sunmamıştır. Aksine, ekonomik büyümenin ilk olarak bozulma aşamasını ve ardından bir iyileşme aşamasını getirdiğini, farklı kirleticiler için dönüm noktalarının değişken olduğunu ancak çoğu durumda kişi başına 8000 doların dönüm noktası olduğunu ortaya koymuştur. Ekins (1997) çevresel kalite ve gelirin belirli göstergeleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. ÇKE ilişkisine dair kesin kanıtların çok yetersiz olduğunu ve ÇKE ilişkisinin olabileceği yerlerde bile, dünya nüfusunun çoğunun hala artan eğri bölümünde bulunduğu ve bunun temelinde gelirdeki büyümenin önemli ölçüde çevresel hasara yol açabileceği ve en zengin ülkelerde bile çevre kalitesinin gözden geçirilmesinin azaldığını ifade etmiştir. Roca ve diğerleri (2001) İspanya'daki ekonomik büyüme ve atmosfer kirliliği arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Çalışmada çevresel uygunluklarına ve veri kullanılabilirliklerine göre seçilen altı kirleticinin (metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), azot oksit

(N₂O) ve metanik olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC)) yıllık emisyonları incelenmiş ve yalnızca SO₂'nin kademeli eğiliminin ÇKE hipotezi ile tutarlı olduğu görülmüştür. Dinda ve diğerleri (2000) 1979-1990 dönemi için düşük, orta ve yüksek gelirli olarak sınıflandırılmış 33 ülkeden veri seti kullanarak ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ÇKE ilişkisini desteklemiştir. Diğer yandan Orubu ve Omotor (2011), 47 ülkeye ait 1990-2002 dönemi verilerini kullanarak GSYH ile askıya alınmış partikül madde ve organik su kirleticileri arasındaki ilişkiyi Afrika ülkeleri için ele almışlardır. Yapılan analiz sonucunda kişi başına gelir ile askıya alınmış partikül madde arasında ters U şeklinde ilişki olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Ayrıca organik su kirleticileri için altı ülkeye ait 1980-2002 dönemi verileri kullanılmış ve aralarında pozitif ilişki olduğuna dair kanıtlar elde edilmiştir.

Çevresel düzenlemelerin hava kalitesi üzerindeki etkilerini tahmin etmek için yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, özellikle uzun vadeli sosyal, ekonomik ve çevresel faydalarla ilişkili olan etkili politikaların geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda literatür incelendiğinde Ouyang ve diğerleri (2019) 1998-2015 dönemi için otuz OECD ülkesinde çevresel düzenlemelerin ve ekonomik büyümenin PM_{2.5} üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini panel eşik modeli kullanarak incelemişlerdir. Analiz sonuçları çevre politikası sıklığındaki artışla birlikte PM_{2.5} emisyonlarının ilk önce arttığını, sonrasında önemli bir korelasyon göstermediğini ve mevcut eğilimlerin devam etmesi durumunda emisyonlarda bir düşüşün beklenebileceğini; kişi başına GSYH eşik değişkeni olarak kullanıldığında her üç faz seviyesinde de anlamlı negatif korelasyonların ortaya çıktığını ve ekonomik büyümenin hava kirliliğinin azaltılmasına yol açtığını; hava sektörüne yapılan devlet harcamalarının PM_{2.5} konsantrasyonları ile birlikte arttığını, artan hizmet ekonomisinin kirliliği azaltabileceğini ve kentleşme ile hava kirliliği arasında tersine çevrilmiş U şeklinde bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bir başka çalışmada Hao ve diğerleri (2018) Çin için çevresel düzenlemelerin çevresel performans üzerindeki etkilerini GMM yöntemi ile analiz etmişlerdir. Bu amaçla 2003-2010 dönemi için 283 Çin kentinin şehir düzeyindeki panel verileri ve çevresel kalite göstergeleri (endüstriyel atık su deşarjı, endüstriyel SO₂ emisyonları ve endüstriyel kurum emisyonları) kullanılmıştır. Elde edilen bulgular mevcut çevresel kontrol önlem ve düzenlemelerinin kirliliği kontrol etmek ve azaltmak için istenen hedefe ulaşmadığını, çevre düzenlemesinin etkinliğinin oldukça sınırlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca yalnızca kurum emisyonlarının çevresel kontrol önlemleri ile etkin bir şekilde azaltıldığı; diğer iki kirletici madde açısından çevre düzenlemesinin önemli ölçüde daha düşük emisyonlara veya deşarjlara yol açmadığı; doğrudan yabancı yatırımın Çin’de çevre üzerindeki etkisinin olumsuz olduğu ve “Kirlilik Cenneti” hipotezi için kanıtlar mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada Bagayev ve Lochard (2017) gelişmiş ülkelerde uygulanan sıkı çevresel düzenlemelerin gelişmekte olan ve yükselen ülkelerde hava kirliliği sorunlarını artırıp artırmadığını incelemişlerdir. 27 AB ithalatçısı ülke ve 11 Doğu Avrupa ihracatçısı ülkeye ait 1999-2012 dönemi için ikili ticaret verilerini kullanarak yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular AB ülkelerinde daha sıkı hava kirliliği düzenlemelerinin, ECA ülkelerinden kirlilik yoğunluğu yüksek sektörlerde ithalatlarını nispeten daha fazla artırdığını göstermiştir. Çalışma AB hava kalitesi düzenlemesinin ECA ülkelerinde kirletici ihracat faaliyetini desteklediğine dair sağlam kanıtlar sunmuştur. Mazhar ve Elgin (2013) 2007-2010 dönemi için yüzden fazla ülkeden oluşan bir veri seti kullanarak sıkı bir çevre düzenlemesi kirliliği nasıl etkilemektedir? Çevre düzenlemesinin katılımı ile kayıt dışı ekonominin büyüklüğü arasındaki bağlantı nedir? Kayıt dışı ekonomi, resmi sektör kirliliğini nasıl etkilemektedir? sorularına yanıt aramıştır. Bulgular sıkı bir çevre düzenlemesinin kirliliği azalttığını ve kayıt dışı ekonominin boyutunu artırdığını ortaya koymuştur.

Çin için yapılan çalışmalardan Stoerk (2018) Çin’in ilk ciddi hava kirliliği kontrol politikasının etkinliğini ve maliyetini değerlendirmiştir. Sonuçlar uygulanan politikanın hava kirliliğini amaçlandığı gibi yüzde on bir oranında azalttığını göstermiştir. Wang ve diğerleri (2017) Çin’deki PM_{2.5} kütle konsantrasyonunun ve bileşenlerinin yer ve zamana göre dağılımını ve kontrol önlemlerinin PM_{2.5} konsantrasyonları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Uygulanan önlemlerin sırasıyla PM_{2.5}, kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksitlerin (NO_x) ulusal emisyonlarının sırasıyla 2005, 2006 ve 2011’den beri azalttığı, son on yılda uygulanan emisyon kontrol politikalarının PM_{2.5} konsantrasyonlarında gözle görülür bir düşüşe neden olabileceği ancak 2010’dan önce yayınlanan kontrol politikalarının gelecekte PM_{2.5} hava kalitesini iyileştirmek için yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Li ve diğerleri (2017) Çin’de hava kalitesi üzerinde hava kirliliği düzenlemelerinin etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar hava kirliliği düzenlemelerinin hava kalitesinde kısa vadeli ve önemli bir gelişme sağladığını ampirik olarak desteklemiştir. Tanaka (2015) 1991-2000 dönemi için Çin’de hava kirliliği üzerine uygulanan çevresel düzenlemelerin bebek ölümleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bulgular uygulanan düzenlemeler sonucunda “İki Kontrol Bölgesi” olarak adlandırılan tedavi kentlerinde bebek ölüm oranının yüzde yirmi düştüğünü göstermiştir. Ma ve diğerleri (2019) 2005-2017 dönemi için Çin’de hava kirliliği kontrol politikalarının PM_{2.5} kirliliğinin iyileştirilmesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar Enerji Tasarrufu ve Emisyon Azaltma (ECER) politikasının PM_{2.5} azaltmalarında yararı olduğunu ortaya koymuştur. Zhao ve diğerleri (2013) Çin’de NO_x and SO₂ kontrol politikalarının partikül madde kirliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar hem NO_x hem de SO₂ kontrollerinin Çin’deki partikül madde kirliliğini bir dereceye kadar hafifletebileceğini göstermiştir.

Oh ve diğerleri (2019) Kore için hava kirleticilerini veya sera gazlarını azaltma politikalarının ekonomik etkilerini ve bu politikalar arasındaki etkileşimi gözlemlemek için statik hesaplanabilir bir genel denge modeli geliştirmişlerdir. Sonuçlar, 2022'de PM_{2.5} emisyonlarının % 30 oranında azaltılmasının, sera gazı emisyonlarının % 22,8 düşmesine yol açacağını; 2030 yılına kadar % 32,5 altında olan yerli sera gazı azaltma hedefine ulaşıldığında PM_{2.5} emisyonlarının % 32,8 oranında azaltılacağını; hava kirleticilerinden ve sera gazı azaltımından elde edilen faydaların toplamının maliyetlerden 0,4 ila 1,2 kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bir diğer çalışmada Lee ve diğerleri (2018) Güney Kore'de uygulanan 2005 Temiz Hava Yasası'nın hava kirliliğini ve bebek sağlığını ne ölçüde etkilediğini incelemişlerdir. Bulgular düzenlemenin hava kirletici maddelerini önemli ölçüde azalttığını ve bunun sonucunda bebek ölüm oranlarında düşüşe yol açtığını göstermiştir. Hava kirletici kontrol politikalarının gelecekteki PM_{2.5} konsantrasyonları üzerindeki etkisini araştıran Cai ve diğerleri (2018) 2030 için 2013 emisyon envanterine dayanan dört gelecek senaryosu geliştirmiş ve her senaryo için hava kalitesi simülasyonları yapmışlardır. Sonuçlar enerji tasarrufu politikalarının ve kontrol önlemlerinin büyük hava kirletici emisyonlarının azalmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yol açabileceğini göstermiştir. Greenstone ve Hanna (2014) Hindistan'da 1986-2007 dönemi hava kirliliği, su kirliliği, çevre düzenlemeleri ve bebek ölümleri verilerinden oluşan kapsamlı veri setini kullanarak Hindistan'ın çevre düzenlemelerinin etkinliğini incelemişlerdir. Bulgular hava kirliliği düzenlemelerinin ortamdaki partikül madde, kükürt dioksit ve azot dioksit konsantrasyonlarını azaltmada etkili olduğunu; en başarılı hava düzenlemesinin bebek ölümlerinde ılımlı ama istatistiksel olarak anlamsız bir düşüşe yol açtığını; su düzenlemelerinin ölçülebilir faydalarının olmadığını göstermiştir. Cole (2004) 1990-1998 dönemi veri setini kullanarak Birleşik Krallık için imalat sektöründe endüstriyel faaliyet, çevre düzenlemeleri ve hava kirliliği arasındaki bağlantıları incelemişlerdir. Bulgular kirlilik yoğunluğunun enerji kullanımının, fiziksel ve beşeri sermaye yoğunluğunun pozitif bir fonksiyonu olduğunu; bir sektördeki ortalama firma büyüklüğünün, bir endüstrinin verimliliğinin ve endüstrinin sermaye ile araştırma geliştirmeye yaptığı harcamaların negatif bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Ayrıca hem resmi hem de resmi olmayan çevre düzenlemelerinin kirlilik yoğunluğunu azaltmada başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özetle ekonomik büyüme ve çevresel kirlilik arasındaki çalışmaların çoğunda ÇKE hipotezini destekleyen sonuçların elde edildiği görülmektedir. Diğer yandan çevresel düzenlemelerin kirlilik üzerindeki etkilerini araştıran literatür incelendiğinde sonuçların karışık olduğu görülmektedir.

Bu çalışma çevresel düzenlemelerin ve çevre ile ilgili teknolojilerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz ederek literatürdeki çalışmalardan ayrılmaktadır.

4. VERİ ve MODEL

Bu çalışmada hava kirliliği verisi kişi başı partikül madde (PM₁₀-kg olarak) verisi alınmıştır. Ekonomik büyüme göstergesi kişi başı GSYH (dolar cinsinden) verisidir. Çevresel düzenleme verisi ise çevresel politika katılımı endeksi (ÇEDÜZ)'dir. Son olarak, çevre ile ilgili teknolojileri temsil etmek için patent sayısı (Teknoloji-sayı olarak) aracı değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çevresel politika katılımı endeksi ve kişi başı partikül madde verileri OECD (2022)'den ve kişi başı GSYH verisi Dünya Bankası'ndan elde edilmiştir. Araştırma yöntem açısından zaman serileri analizi ile sınırlıdır. Mekân açısından Türkiye için sınırlıdır. Araştırma, zaman açısından ise 1990-2015 yılları ile sınırlıdır. Bu veri aralığının alınmasının temel sebebi, çevresel politika katılımı endeksinin 1990 yılından başlaması ve 2015 yılında son bulmasıdır. Ayrıca, tüm veriler doğal logaritması alınarak analize dahil edilmiştir.

ÇKE hipotezinin test edilmesinde literatürde (Grossman ve Kruger, 1991; Shafik ve Bandyopadhyay, 1992; Panayotou, 1993; Selden ve Song, 1994; Cole ve diğerleri, 1997; Kaufman ve diğerleri, 1998; Dinda ve diğerleri, 2000; Stern ve Common, 2001; Coondoo ve Dinda, 2002; Cole, 2004; Egli, 2004; Halicioglu, 2008; Akbostancı ve diğerleri, 2009; Acaravcı ve Ozturk, 2010; Wang ve diğerleri, 2011; Saboori ve diğerleri, 2012; Shahbaz ve diğerleri, 2013) bağımlı değişken olarak karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}) gibi hava kirliliği göstergeleri kullanılmaktadır. Ayrıca partikül madde en önemli hava kirleticilerinden birisidir. Partikül madde, bireylerin kömür gibi fosil yakıt kullanım faaliyetlerinden, hammadde tüketiminden ve ulaşımdan kaynaklanan kirliliğe katkıda bulunmaktadır.

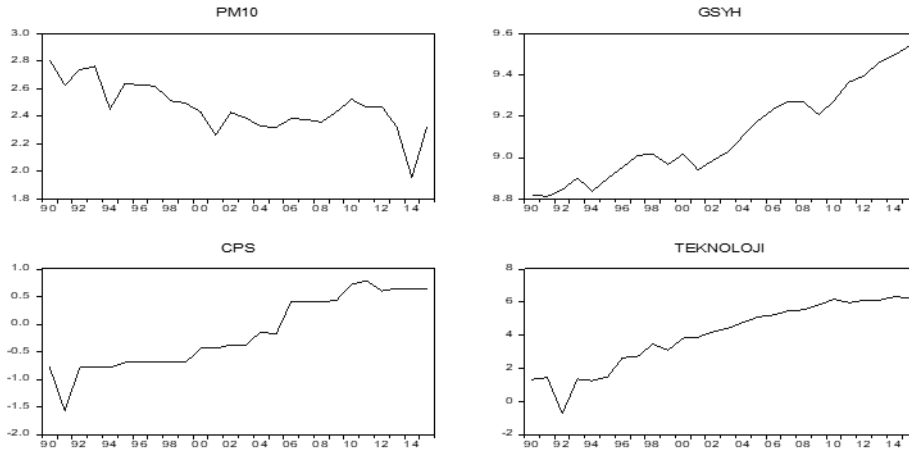
Bağımsız değişkenler arasında ise ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına GSYH, GSYH, GSMH gibi değişkenler yapılan çalışmalarda sıklıkla yer almaktadır. Çevresel düzenleme göstergesi ile teknolojik faaliyetlerin bir göstergesi ise Ouyang ve diğerleri (2019)'nin çalışmasından seçilmiştir. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevresel düzenlemeleri temsil etmek amacıyla kullanılmıştır. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevre politikası katılımının ülkeler bazında ve uluslararası düzeyde karşılaştırılabilir bir ölçümünü yapmaktadır. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevreyi kirleten veya zarar veren davranışları vazgeçirmek amacıyla açık veya örtük fiyat koyan çevresel politikaların derecesi olarak tanımlanmaktadır. Endeks, 0 (katı değil) ile 6 (en yüksek katılım derecesi) arasında değerler almaktadır. Endeks, iklim ve hava

kirliliği ile ilgili on dört çevresel politika göstergesini içerdiğinden dolayı çevresel düzenlemelerin hava kirliliğine etkisini incelemek için uygun bir değişkendir. Ayrıca, çevresel düzenlemelerin girişimcilerin çevresel farkındalıklarını artırdığı ve çevre ile ilgili teknolojilerin gelişmesine katkı sunduğu yönünde görüşler de vardır. Bundan dolayı, modele teknolojik faaliyetlerin bir göstergesi olan çevre ile ilgili patent sayısı değişkeni de eklenmiş ve bu değişken ile PM₁₀ emisyonu arasında negatif bir ilişki beklenmiştir. Eşitlik 1’de kullanılan ekonometrik model verilmektedir.

$$\ln PM_{10t} = \alpha + \beta_1 \ln GSYH_t + \beta_2 \ln \text{ÇEDÜZ}_t + \beta_i \ln \text{Teknoloji}_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

5. EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada ilk olarak değişkenlerin durağan olup olmadıklarını test etmek amacıyla yapısal kırılmasız birim kök testlerinden yararlanılmıştır. İkinci aşamada ise, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit etmek amacıyla ARDL sınır testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ise, frekans alanı nedensellik analizi ile incelenmiş, takiben bulgulara yer verilerek bir değerlendirme yapılmıştır. Şekil 1, analizde kullanılan değişkenlerin 1990-2015 dönemine ait gelişimini göstermektedir. Şekil 1’e göre değişkenler analiz edildikleri dönem içerisinde PM₁₀ hariç genellikle artış eğilimi göstermektedir.



Şekil 1. Değişkenlerin 1990-2015 dönemindeki logaritmik değerlerinin gelişimi

5.1. Analizde Yer Alan Değişkenler İçin Durağanlık Testleri

Değişkenlerin durağan hale getirilmelerinin amacı, durağan olmayan serilerle yapılacak analizlerin sahte regresyon sonuçlarına yol açmasıdır. Bu çalışmada analizde yer alan değişkenler için durağanlık sınaması, yapısal kırılmaları dikkate almayan Dickey-Fuller (ADF, 1981) ve yapısal kırılmaları dikkate alan Zivot-Andrews (1992) birim kök testleri ile incelenmiştir. Dickey-Fuller (DF, 1979) testinin geliştirilmesiyle türetilen ADF testinde H₀ hipotezi serinin durağan olmadığı yani birim kök içerdiği şeklinde kurulurken, H₁ hipotezi serinin durağan olduğu yani birim kök içermediğine işaret etmektedir. Tablo 2’de sabit ve trend durumunda serilerin ADF testi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 2. ADF birim kök testi sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzey)	ADF (Birinci Farklar)
PM ₁₀	-3.87(0) [0.0288]**	-6.53(0) [0.0001]***
GSYH	-1.99(0) [0.5732]	-5.00(0) [0.0027]***
ÇEDÜZ	-4.64(0) [0.0056]***	-10.89(0) [0.000]***
Teknoloji	-1.93(1) [0.6071]	-3.97(5) [0.0286]**

Not: *** ve ** sembolleri sırası ile %1 ve %5 anlam düzeyleri için serilerin durağan olduklarını açıklamaktadır. Schwarz bilgi kriterine göre optimal gecikme uzunluğu parantez içinde yer alan değerlerle gösterilmektedir. Olasılık değerlerine köşeli parantez içinde yer verilmektedir.

Tablo 2’ye göre sabit ve trendli modellerde PM₁₀ ve ÇEDÜZ değişkenleri hem düzeyde hem de birinci farkında durağandır. Ancak, sabit ve trendli modellerde GSYH ve teknoloji değişkenleri düzeyde durağan değildir. Bu değişkenlerin birinci farkı alındığında ise, durağan hale gelmektedirler.

5.2. Eşbütünleşme İçin Sınır Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesi amacıyla çeşitli eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Bunlardan en bilinenleri ve literatürde sıklıkla kullanılanları Engle-Granger (1987), Johansen (1988) ve Johansen-Juselius (1990) eşbütünleşme testleridir. Bu testlerin kullanılabilmesi için düzeyde durağan bulunmayan serilerin farkı alındığında durağan olması yeterlidir. Bu çalışmada seriler farklı dereceden bütünlük oldukları için seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinde ARDL Sınır testinden yararlanılmıştır.

ARDL sınır testi, I(0) ve I(1) gibi farklı düzeylerde birim kök içermeyen seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca ARDL eşbütünleşme testi, değişkenlere ait uzun ve kısa dönem katsayılarının tahmin edilmesi ve örneklem hacminin küçük olması durumunda bile güçlü sonuçlara ulaşılmaya imkân verebilmektedir (Pesaran ve diğerleri, 2001). Çalışma kapsamında ARDL modeli olarak kurulan denklem Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\Delta PM_{10} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta PM_{10,t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2i} \Delta GSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{3i} \Delta \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{4i} \Delta \text{Teknoloji}_{t-i} + \gamma_1 PM_{10,t-1} + \gamma_2 GSYH_{t-1} + \gamma_3 \text{ÇEDÜZ}_{t-1} + \gamma_4 \text{Teknoloji}_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Eşitliklerde Δ işareti değişkenlerin birinci farkını ifade etmektedir. α_0 sabit terimi, u_t hata terimini ifade etmektedir. Ayrıca, kısa dönem katsayıları $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ve α_4 iken, uzun dönem katsayıları $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ve γ_4 ile temsil edilmektedir. Modelde yer alan m ise optimal gecikme uzunluğudur.

F istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001)'nde yer alan tablo değerlerinden bulunan alt ve üst sınır değerleri ile kıyaslanmakta ve test istatistiğinin üst sınırı aşması halinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiden bahsedilebilmektedir (Sinha ve Shahbaz, 2018). ARDL modelinin uygulamasında, ilk olarak uygun gecikme uzunluğu belirlenmektedir. Bunun için Schwarz-Bayesian, Hannan-Quinn ve Akaike şeklindeki kritik değerlerden yararlanılmaktadır. Ayrıca tahmin edilen ARDL modelinde normal dağılım, otokorelasyon ve değişen varyans gibi tanısallık testlerinden olumlu sonuçların alınması halinde değişkenler açısından uzun ve kısa dönem ilişkilerinin gösterildiği katsayılar için yapılan yorumlar anlamlı hale gelmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisine dair ARDL sınır testi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. F istatistik değeri üst kritik tablo değerlerinden büyük olduğu için değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinden bahsedilebilir. ARDL sınır testi ile değişkenler açısından eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından kısa ve uzun dönem katsayıların tahmin edilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca, tahmini yapılan modelde ardışık bağımlılık LM testi kullanılarak araştırılmıştır. Ramsey testi ise model kurma hatasının varlığı konusunda bilgilendirmektedir. Jarque-Bera testinde hata terimleri için normal dağılımın olup olmadığı araştırılmaktadır. Hata terimleri için değişen varyans durumu ise White testinden anlaşılmaktadır.

Tablo 3. ARDL sınır testine ilişkin sonuçlar

Modeller	Değerler	
ARDL gecikme uzunluğu	[4,4,0,4]	
Max. gecikme uzunluğu	4	
SCI optimal gecikme uzunluğu	4	
F-istatistiği	6,56**	
Pesaran ve diğerleri (2001) kritik tablo değerleri: Kısıtsız sabitli-kısıtlı trend		
Anlamlılık düzeyi	Alt I(0)	Üst I(1)
1%	4,29	4,68
5%	3,23	3,79
10%	2,72	3,35

Not: ***, ** ve * sembolleri %1, %5 ve %10 düzeyi için anlamlılıkla açıklanmaktadır.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ortaya çıkması sonucunda ARDL modeline ait değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda kurulan ARDL modeli Eşitlik 3'teki gibidir. Tablo 4'te, ARDL uzun dönem katsayı tahminlerine dair sonuçlar bulunmaktadır.

$$PM_{10,k} = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1,i} GSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_{2,i} \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^s \beta_{3,i} \text{Teknoloji}_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Tablo 4. ARDL uzun dönem katsayı tahminine ilişkin sonuçlar

Panel A: Değişkenler	Değerler
C	-4.12
GSYH	0.79***

ÇEDÜZ	0.04
Teknoloji	-4.12***
<hr/>	
<i>Panel B: Tanısal Testler</i>	<i>Değerler</i>
R^2	0.945
Düzeltilmiş- R^2	0.809
F-istatistiği	6.956**
Breusch-Godfrey LM testi	2.370 (0.318)
White testi	1.127 (0.471)
J-B normallik testi	0.103 (0.949)
Ramsey RESET testi	3.269 (0.130)

Not: *** ve ** sembolleri sırası ile %1 ve %5 düzeyi için anlamlılığı açıklamaktadır. Olasılık değerleri parantez içindeki değerlerle gösterilmektedir.

Tablo 4’te yer alan ARDL uzun dönem katsayı tahmin sonuçlarına göre; GSYH değişkenine ait katsayı pozitif ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yani, GSYH’da meydana gelen %1’lik bir artış uzun dönemde PM10’u %0,79 artırmaktadır. ÇEDÜZ değişkenine ait katsayı pozitif bulunmuş ancak istatistiki olarak anlamlı değildir. Teknoloji değişkenine ait katsayı ise negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Yani, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısında ortaya çıkan %1’lik artış uzun dönemde PM10’u %4,12 azaltmaktadır. Son olarak tanısal test sonuçları modelin uygunluğunu, normal bir dağılım gösterdiğini, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu içermediğini ortaya koymuştur.

Uzun dönemli katsayıların tahmininin ve yorumunun ardından, hata düzeltme modeli vasıtasıyla kısa dönem katsayıların tahmini yapılmıştır. Çalışmada kullanılan regresyon denkleminde hareketle hata düzeltme modeli Eşitlik 4’te yer almaktadır.

$$\Delta PM_{10t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1,i} \Delta PM_{10t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2,i} \Delta \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{3,i} \Delta \text{Teknoloji}_{t-i} + \alpha_5 \text{ECM}_{t-1} + v_t \quad (4)$$

Denklemden yer alan Δ fark işlemcisi, v_t hata terimleri ve ECM_{t-1} hata düzeltme terimleridir. Bu terimin katsayısı negatif ve istatistiki açıdan anlamlı bulunursa değişkenler açısından uzun dönemli ilişkinin mevcut olduğuna ilişkin bir kanaat oluşmaktadır. Tablo 5, ARDL kısa dönem katsayısına ilişkin sonuçları açıklamaktadır.

Tablo 5. ARDL kısa döneme ilişkin sonuçlar

<i>Panel A: Değişkenler</i>	<i>Değerler</i>
ΔGDP	0,156
$\Delta \text{ÇEDÜZ}$	0,097
$\Delta \text{Teknoloji}$	-0,270**
ECT (-1)	-1,986***

Not: *** ve ** sırası ile %1 ve %5 düzeyinde anlamlılıkla yorumlanır.

Tablo 5 için ARDL kısa dönem katsayı tahminlerine göre; GSYH ve ÇEDÜZ değişkenlerine ait katsayılar pozitif bulunmuştur ancak istatistiki olarak anlamlı değildir. Teknoloji değişkenine ait katsayı ise negatif ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yani, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısında ortaya çıkan %1’lik artış, kısa dönemde PM10’u %0,270 azaltmaktadır. Son olarak hata düzeltme terimi katsayısı istatistiki olarak anlamlı ve negatif bulunmuştur. Buna göre, değişkenler arasında uzun dönem ilişki mevcuttur.

5.3. Frekans Alanı Nedensellik Testi

Bu çalışmada değişkenlerin nedensellik ilişkisinin araştırılmasında nedensellik ilişkilerinin dönemlere ayrılmasıyla test edilmesine imkân sunan Breitung ve Candelon (2006)’ya ait frekans alanı nedensellik testi kullanılacaktır. Frekans alanı nedensellik testini diğer geleneksel nedensellik testlerinden ayıran temel özellik, değişkenler arasında nedensellik ilişkisini zaman içerisindeki farklı frekanslar için vermesidir. Yani, frekans alanı nedensellik testinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi tüm dönemi dikkate alarak ve dönemleri kısa, orta ve uzun dönem şeklinde ayırarak irdelenmektedir. Frekans nedensellik testinde uzun dönem frekansları 0,01- 0,05, orta dönem frekansları 1,00-1,50 ve kısa dönem frekansları 2,00-2,50 şeklinde oluşturulmaktadır (Eren ve diğerleri 2018). Breitung ve Candelon (2006) ε_t ’yi beyaz gürültü olarak varsaymaktadır ve $E(\varepsilon_t) = 0$ ve $E(\varepsilon_t, \varepsilon_t') = \Sigma$ şeklindedir. Nedensellik ölçüsünde geleneksel F testinden yararlanılabilmektedir. Test prosedürü (2, T-2p) serbestlik derecesi ile F dağılımına sahip olmaktadır (Bayat ve diğerleri, 2013). Tablo 6’da bu teste ait sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 6. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik test sonuçları

<i>Nedensellik Yönü</i>	<i>Uzun dönem</i>	<i>Orta Dönem</i>	<i>Kısa Dönem</i>
ω_i			

	0,01	0,05	1,00	1,50	2,0	2,50
PM ₁₀ ≧ GSYH	0,867	0,867	0,881	0,882	0,843	0,823
PM ₁₀ ≧ ÇEDÜZ	6,012*	6,012*	6,026*	6,052*	6,059*	6,060*
PM ₁₀ ≧ Teknoloji	1,149	1,150	1,601	2,638*	3,130*	2,576
GSYH≧ PM ₁₀	1,578	1,580	1,891	0,807	0,246	0,101
GSYH≧ ÇEDÜZ	2,008	2,017	5,631*	4,763*	4,100*	3,814*
GSYH≧ Teknoloji	2,820*	2,820*	2,645*	1,720	0,540	0,562
ÇEDÜZ≧ PM ₁₀	0,323	0,321	0,757	4,948*	7,151*	7,319*
ÇEDÜZ≧ GSYH	6,764*	6,765*	6,453*	4,500*	2,085	2,132
ÇEDÜZ≧ Teknoloji	1,253	1,252	1,122	1,055	1,335	1,537
Teknoloji≧ PM ₁₀	0,367	0,364	0,800	4,235*	5,402*	5,529*
Teknoloji≧ GSYH	1,641	1,640	1,090	0,273	0,543	1,254
Teknoloji≧ ÇEDÜZ	1,053	1,051	0,631	0,903	1,040	1,093

Not: (2, T-2p) serbestlik derecesi için F tablo değeri %10 önem seviyesinde yaklaşık 2,59 olarak tespit edilmiştir. 0 ve $\pi.\omega \in (0, \pi)$ arasında yer alan her frekans alanı (ω_i) için.

Tablo 6'da bulunan Frekans alanı nedensellik testi bulgularına göre PM₁₀'nun çevresel düzenlemelerin nedeni olmadığı sıfır hipotezi reddedilmektedir. Yani, PM₁₀ ve çevresel düzenlemeler arasında kısa dönem ve orta dönem için çift yönlü nedensellik bulunmuşken, uzun dönem nedensellik tek yönlüdür. PM₁₀ ve çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısı arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik vardır. Kişi başı GSYH ve çevresel düzenlemeler arasında orta dönemde nedensellik çift yönlü iken, uzun dönem ve orta dönem için bu ilişki tek yönlüdür. Kişi başı GSYH'dan çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısına doğru uzun dönemde ve kısa dönemde tek yönlü nedensellik vardır. Ayrıca, PM₁₀'dan kişi başı GSYH'ya, kişi başı GSYH'dan PM₁₀'a, çevresel düzenlemelerden çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısına, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısından kişi başı GSYH ve çevresel düzenlemelere doğru nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Hızlı kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme faaliyetleri sonucunda özellikle gelişmekte olan ülkelerde hava, su ve toprakta çevresel kirlilik sorunları ortaya çıkmaktadır. Ülkeler bu sorunlarını çözülebilmek amacıyla emisyonların kısılmasına yönelik vergi yaptırımları ve/veya temiz ticaret kapsamında teknoloji standartları gibi geleneksel çevresel düzenlemeler ile ilgili uygulamalara başvurmuşlardır. Yapılan bu uygulamaların çevre kirliliğini azaltması yönündeki beklentileri hala tam olarak karşılayamamış olması, çevresel düzenlemeler konusunu ulusal ve uluslararası düzeyde tartışmaya açmıştır.

UNEP'e göre hava kirliliği, küresel olarak halk sağlığına yönelik en büyük çevresel tehdittir ve her yıl tahmini 7 milyon erken ölüme neden olmaktadır. Hava kalitesini iyileştirmek sağlık, kalkınma ve çevresel açıdan faydalar sağlayacaktır. Özellikle hava kalitesinde meydana gelecek iyileşmelerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkisi güçlü verimliliğini artırarak ekonomik büyümeyi hızlandıracaktır.

Türkiye ekonomisinin 1990-2015 yıllarını kapsayan ve çevresel düzenlemeler, çevre ile ilgili teknolojiler ile ekonomik büyümenin hava kalitesi üzerine etkilerini ilk kez analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sınırlılıkları; yöntem açısından zaman serileri analizi ve mekân açısından Türkiye örneğidir. Araştırma, zaman açısından ise 1990-2015 yılları ile sınırlıdır. değişkenlerin durağan olup olmadıklarını tespit etmek amacıyla ADF birim kök testinden yararlanılmıştır. Birim kök testi sonuçları, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisinin araştırılmasında ARDL sınır testini işaret etmiştir. ARDL sınır testine ait bulgular, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisini ortaya çıkarmıştır. Uzun dönem sonuçları, ekonomik büyümenin hava kirliliği üzerine pozitif etkisinin olduğunu göstermiş, buna karşılık çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının hava kirliliği üzerine negatif etkisinin olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları, ekonomik büyüme arttıkça hava kirliliğinin arttığını göstermektedir. Buna karşılık çevre dostu teknolojiler arttıkça hava kirliliğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle çevresel teknolojilere yatırım yapılması beraberinde çevre kirliliğinin de azalmasına katkı sunacaktır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin araştırılmasında Frekans alanı nedensellik testinden yararlanılmıştır. Nedensellik sonuçlarına göre, PM₁₀ ve çevresel düzenlemeler ile çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısı arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik vardır. Hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin etkisinin olduğunu Türkiye ekonomisi için kanıtlayan bu sonuçlar, literatür taraması esnasında bahsi geçen Cole ve diğerleri (2005), Zhao ve diğerleri (2013), Mazhar ve Elgin (2013), Greenstone ve Hanna (2014), Li ve diğerleri (2017), Cai ve diğerleri (2018), Hao ve diğerleri (2018), Lee ve diğerleri (2018), Stoerk (2018), Wang ve diğerleri (2017), Oh ve diğerleri (2019), Ouyang ve diğerleri (2019) ve Ma ve diğerleri (2019)'ne ait çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Özetle, Türkiye’de orta ve kısa dönemde çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının PM₁₀ emisyonu üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu ve uzun dönem için bu etkinin kaybolduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, çevreyi korumak amacıyla geliştirilen teknolojik faaliyetlerin hava kirliliği ile önemli bir ilişkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak çevresel düzenlemeler göstergesi olarak ele alınan çevresel politika katılığı endeksinin orta ve kısa dönemde PM₁₀ emisyonunu daha fazla etkilediği ancak uzun dönem için bu etkinin kaybolduğu görülmüştür. Yani, çevresel düzenlemelerdeki artış orta ve kısa vadede hava kirliliğinin azaltılmasına neden olurken, uzun dönemde hava kirliliğinin azaltılmasının nedeni çevresel düzenlemeler değildir. Özetle, Türkiye’de hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin kısa dönemde ve orta dönemde önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir. Dolayısıyla hava kirliliğinin azaltılmasında uzun dönemli ve kalıcı bir etkinin sağlanabilmesi için çevresel düzenlemelere yönelik uygulamaların çeşitlendirilerek hayata geçirilmesi gerekebilir.

Bu çalışma Türkiye ekonomisi için çevresel kirliliğin nedenlerinin ampirik analizlerle tespit edilmesi suretiyle çevre politikalarının düzenlenmesi bakımından politika yapıcılarına ve çevresel duyarlılığın geliştirilmesine katkıda bulunması bakımından ise okuyuculara önemli çıkarımlar sağlamaktadır. ÇKE hipotezini ekonomik büyüme-çevresel kirlilik değişkenlerini kullanarak araştıran pek çok çalışma varken, çevresel düzenlemeler-çevresel kirlilik ilişkisini inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla, bu çalışma gelir sıralamasına göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında bir karşılaştırmaya gidilerek ve çevresel düzenlemeler-çevresel kirlilik ilişkisinin kentleşme, hizmet sektörü gibi farklı sosyo-ekonomik değişkenlerin etkisinin de incelenmesiyle geliştirilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Suzan ERGÜN: Literatür Taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-orijinal taslak Melike Atay POLAT: Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-orijinal taslak Suzan ERGÜN: Literature Review, Conceptualization, Writing-original draft Melike Atay POLAT: Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Ozturk, G. (2010). "On the Relationship Between Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in Europe", *Energy*, 35, 5412-5420.
- Akbostancı, E., Turut-Asık, S. ve Tunc, G.I. (2009). "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Bagayev, I. ve Lochard, J. (2017). "EU Air Pollution Regulation: A Breath of Fresh Air for Eastern European Polluting Industries?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 145-163.
- Bayat, T., Şahbaz, A. ve Akçacı, T. (2013). "Petrol Fiyatlarının Dış Ticaret Açığı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 42, 67-90.
- Blackman, A. (2009). "Alternative Pollution Control Policies in Developing Countries Informal, Informational, and Voluntary", *Environment for Development Discussion Paper Series*, Efd DP 09-14.
- Breitung, J. ve Candelon, B. (2006). "Testing for Short and Lon Run Causality: A Frequency-Domain Approach", *Journal of Econometrics*, 132(2), 363-378.
- Cai, S., Ma, Q., Wang, S., Zhao, B., Brauer, M., Cohen, A., Martin, R.V., Zhang, Q., Li, Q., Wang, Y., Hao, J., Frostad, J., Forouzanfar ve M.H., Burnett, R.T. (2018). "Impact of Air Pollution Control Policies on Future PM_{2.5} Concentrations and Their Source Contributions in China", *Journal of Environmental Management*, 227, 124-133.
- Cole, M.A. (2004). "Trade, The Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages", *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.
- Cole, M.A., Elliott, R.J.R. ve Shimamoto, K. (2005). "Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: An Analysis of the UK Manufacturing Sector", *Journal of Environmental Economics and Management*, 50, 121-143.
- Cole, M., Rayner, A. ve Bates, J. (1997). "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, 2(4), 401-416.
- Coondoo, D. ve Dinda, S. (2002). "Causality Between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis", *Ecological Economics*, 40, 351-367.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1979). "Disribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1981). "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root", *Econometrica*, 49, 1057-1072.
- Dinda, S., Coondoo, D. ve Pal, M. (2000). "Air Quality and Economic Growth: An Empirical Study", *Ecological Economics*, 34, 409-423.
- Dünya Bankası, (1992). "Development and Environment", World Development Report 10517.
- Egli, H. (2004). "The Environmental Kuznets Curve-Evidence From Time Series Data For Germany", *Economics Working Paper Series*, Working Papero3/28, 1-39.
- Ekins, P. (1997). "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence", *Environment and Planning*, 29, 805-830.
- Engle, F.R. ve Granger, C.W.J. (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Eren, M.V., Ünal, A.E. ve Aydın, H.İ. (2018). "Türkiye'de Vergi Gelirleri İle Ekonomik Kalkınma Arasındaki İlişki: Frekans Alanı Nedensellik Analizi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(1), 1-18.
- Gayer, T. (2011). "A Better Approach to Environmental Regulation: Getting the Costs and Benefits Right", The Hamilton Project Discussion Paper 2011-06.
- Greenstone, M. ve Hanna, R. (2014). "Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India", *American Economic Review*, 104(10), 3038-3072.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1995). "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grossman, G. ve Kreuger, A. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper*, No. 3914.
- Halicioglu, F. (2008). "An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- Hao, Y., Deng, Y., Lu, Z. ve Chen, H. (2018). "Is Environmental Regulation Effective in China? Evidence from City-Level Panel Data", *Journal of Cleaner Production*, 188, 966-976.

- Johansen, S. (1988). “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 165-178.
- Kaufman, K.R., Brynhildur, D., Sophie, G. ve Pauly, P. (1998). “The Determinants of Atmospheric SO₂ Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve”, *Ecological Economics*, 25, 209-220.
- Lee, S., Yoo, H. ve Nam, M. (2018). “Impact of the Clean Air Act on Air Pollution and Infant Health: Evidence from South Korea”, IZA DP No. 11542.
- Li, X., Qiao, Y., Zhu, J., Shi, L. ve Wang, Y. (2017). “The “APEC Blue” Endeavor: Causal Effects of Air Pollution Regulation on Air Quality in China”, *Journal of Cleaner Production*, 168, 1381-1388.
- Ma, Z., Liu, R., Liu, Y. ve Bi, J. (2019). “Effects of Air Pollution Control Policies on PM_{2.5} Pollution Improvement in China from 2005 to 2017: A Satellite Based Perspective”, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 19, 6861-6877.
- Mazhar, U. ve Elgin, C. (2013). “Environmental Regulation, Pollution and the Informal Economy”, *SBP Research Bulletin*, 9, 62-81.
- Neidell, M. (2017). “Air Pollution and Worker Productivity”, IZA World of Labor.
- OECD (2022). “OECD.Stat”, <https://stats.oecd.org>, (Erişim Tarihi: 05.01.2022).
- Oh, I., Yoo, W. ve Yoo, Y. (2019). “Impact and Interactions of Policies for Mitigation of Air Pollutants and Greenhouse Gas Emissions in Korea”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1161.
- Orubu, C.O. ve Omotor, D.G. (2011). “Environmental Quality and Economic Growth: Searching for Environmental Kuznets Curves for Air and Water Pollutants in Africa”, *Energy Policy*, 39(7), 4178-4188.
- Ouyang, X., Shao, Q., Zhu, X., He, Q., Xiang, C. ve Wei, G. (2019). “Environmental Regulation, Economic Growth and Air Pollution: Panel Threshold Analysis for OECD Countries”, *Science of the Total Environment*, 657, 234-241.
- Panayotou, T. (1993). “Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development”, ILO Technology and Employment Programme Working Paper, WP238.
- Panayotou, T. (2003). “Economic Growth and the Environment”, *Economic Survey of Europe*, No. 2, 45-72.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R. (2001). “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 389-326.
- Roca, J., Padilla, E., Farre, M. ve Galletto, V. (2001). “Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis”, *Ecological Economics*, 39, 85-99.
- Saboori, B., Sulaiman, J. ve Mohd, S. (2012). “Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of The Environmental Kuznets Curve”, *Energy Policy*, 51, 184-191.
- Sağlık Etkileri Enstitüsü (2020). “State of Global Air 2020 Report”, Special Report, Boston, MA.
- Selden, T. ve Song, D. (1994). “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shafik, N. ve Bandyopadhyay, S. (1992). “Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence”, Background Paper for World Development Report 1992, The World Bank, Washington, D.C.
- Shahbaz, M., Mutascu ve Azim, M.P. (2013). “Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 165-173.
- Sinha, A. ve Shahbaz, M. (2018). “Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: Role of Renewable Energy Generation in India”, *Renewable Energy*, 119, 703-711.
- Stern, D.I. ve Common, M.S. (2001). “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?”, *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41, 162-178.
- Stoerk, T. (2018). “Effectiveness and Cost of Air Pollution Control in China”, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No. 273.
- Tanaka, S. (2015). “Environmental Regulations on Air Pollution in China and Their Impact on Infant Mortality”, *Journal of Health Economics*, 42, 90-103.
- UNEP (2016). Healthy Environment, Healthy People Thematic Report Ministerial Policy Review Session Second Session of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme, Nairobi, 23-27 May.
- Wang, J., Zhao, B., Wang, S., Yang, F., Xing, J., Morawska, L., Ding, A., Kulmala, M., Kerminen, V., Kujansuu, J., Wang, Z., Ding, D., Zhang, X., Wang, H., Tian, M., Petäjä, T., Jiang, J. ve Hao, J. (2017). “Particulate Matter Pollution over China and the Effects of Control Policies”, *Science of the Total Environment*, 426-447.

- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou ve P. ve Wang, Q.W. (2011). "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 39, 4870-4875.
- WHO (2022). "Ambient Air Pollution: Pollutants", <http://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en>, (Erişim Tarihi: 23.09.2019).
- World Bank (2019). "World Development Indicators (WDI)", <https://data.worldbank.org/indicator>, (Erişim Tarihi: 12.11.2019).
- Zhao, B., Wang, S., Wang, J., Fu, J. S., Liu, T., Xu, J., Fu, X. ve Hao, J. (2013). "Impact of National NO_x and SO₂ Control Policies on Particulate Matter Pollution in China", *Atmospheric Environment*, 77, 453-463.
- Zivot, A. ve W.K. Andrews (1992). "Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

Döngüsel Ekonomi ve Verimlilik: Sosyal Bilimler Kapsamında Bir Literatür İncelemesi

Arzum BÜYÜKKEKLİK¹, Yasin AFŞAR²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Web of Science (WoS) veri tabanında 2021 yılı sonuna kadar yayınlanmış Sosyal Bilimler İndeksinde (SSCI) yer alan dergilerdeki döngüsel ekonomi ve verimlilik konularının birlikte ele alındığı makalelerin sistematik bir taramasının yapılması ve araştırma boşluklarının ortaya konmasıdır.

Yöntem: Tarama ile elde edilen makalelerin VOSviewer Programı yardımıyla tanımlayıcı istatistikleri oluşturulmuş ve makaleler konu, amaç ve katkıları itibarıyla detaylı olarak incelenmiştir.

Bulgular: Makalelerin yazarları, yazarların konuyu çalışma sıklığı ve atıf sayısı dikkate alındığında döngüsel ekonomi ve verimlilik ikilisinin sosyal bilimlerde yoğunlaşılacak bir araştırma alanı olarak görülmediği bulgusuna ulaşılmıştır. Döngüsel ekonomi uygulamaları, döngüsel iş modellerinin ekonomik faydaları, kaynak verimliliği ve enerji verimliliği konularına yoğunlaşıldığı; döngüsel ekonomi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar ve oluşabilecek engeller, eko-yenilikler, tedarik zincirleri, endüstri 4.0 ve dijitalleşme gibi konuların sınırlı düzeyde araştırıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Özgünlük: Sosyal bilimler kapsamında döngüsel ekonomi ve verimlilik konularını birlikte ele alan araştırmalarla ilgili bir literatür taraması bulunmamaktadır. Çalışmayla, döngüsel ekonomi ve verimlilik konularında yoğunlaşılacak alanlar ve araştırma boşluklarının tespit edilmesi, özellikle hangi alt alanlarda yeni araştırmalar yapılabileceğinin vurgulanması yönüyle literatüre katkı sağlanması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Verimlilik, Web of Science (WoS).

JEL Kodları: A19, Q56, Q01.

Circular Economy and Productivity: A Literature Review in the Scope of Social Sciences

ABSTRACT

Purpose: The aim of the study is a systematic review of the articles in the journals published in the Web of Science (WoS) database included in the Social Sciences Index (SSCI) on the topics of circular economy and productivity and is to reveal the research gaps.

Methodology: Descriptive statistics of the articles were revealed with the help of VOSviewer and then the articles were examined in detail in terms of subject, purpose and contributions.

Findings: Considering the authors of the articles, the frequency of the authors' study of the subject and the number of citations received, it was found that the circular economy and productivity duo were not seen as a research area in the social sciences to be specialized and focused on. With the content analysis, it has been seen that the focus is on circular economy practices, economic benefits of circular business models, resource efficiency and energy efficiency. In addition, it has been concluded that the issues to be considered in circular economy practices and possible handicaps, eco-innovations, supply chains, industry 4.0 and digitalization have been researched at a limited level.

Originality: Within the scope of social sciences, there is no literature review on studies that deal with the circular economy and productivity issues together. With this study, it is expected to contribute to the literature in terms of determining the focus areas and research gaps in the circular economy and productivity, and specifically emphasizing the sub-areas new research can be made.

Keywords: Circular Economy, Productivity, Web of Science (WoS).

JEL Codes: A19, Q56, Q01.

¹ Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Niğde, Türkiye, abuyukkeklik@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0077-8686.

² Öğr. Gör., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ulukışla Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Niğde, Türkiye, yasin@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8454-4942 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle başlayan ve yıllar içinde ivmesi artan mevcut ekonomik sistemin atık yaratma süreci kirlilik ve kaynaklardaki kontrolsüz azalma endişelerini beraberinde getirmiş, 1980'lerle birlikte bu endişeler sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile kavramsallaştırılmıştır. Dünya nüfusunun ve refah düzeylerinin artmasıyla mal ve hizmetlerin artışında bir gereklilik olmakla birlikte, sürdürülebilirliği sağlamak için toplumların doğal kaynakların kullanımını azaltması gerekmektedir (Commoner, 1972; Figge ve diğerleri, 2021). Sürdürülebilirlik; ekonomik kalkınma ile refah artışını, çevrenin korunması ve çevresel zararın azaltılmasını ve sosyal adaletin sağlanmasını amaçlayan temel, bütünsel bir yaklaşımdır (Büyükkelik ve Özoğlu, 2021: 156). Ekonomik ve sosyal yapı ile çevre etkileşiminin bütünsel bir şekilde değerlendirilerek bugünkü ve gelecekteki nesillerin kalkınmanın getirdiği fırsatlardan hakkaniyetli bir şekilde yararlanmasının sağlanması, sürdürülebilir kalkınmanın temel felsefesini oluşturmaktadır (Sürdürülebilir Kalkınma, 2022).

Birleşmiş Milletler'in belirlediği ve 2016'da yürürlüğe giren 17 sürdürülebilir kalkınma amacından; sorumlu üretim ve tüketim başta olmak üzere, temiz su ve sanitasyon, erişilebilir ve temiz enerji gibi amaçlar döngüsel ekonomi uygulamalarıyla yakından ilişkilidir (Panchal ve diğerleri, 2021: 2). Temel bir yaklaşım olan sürdürülebilirliğin pratikteki uygulaması döngüsel ekonomi olarak ifade edilebilir. İkisi arasında farklılıklar olmakla birlikte döngüsel ekonominin tanımı ve sürdürülebilirlikle ilgili diğer kavramlarla ilişkisiyle ilgili literatürde bir fikir birliği yoktur ancak döngüsel ekonomi, sürdürülebilir kalkınma sürecini tetiklemek için etkili bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Arruda ve diğerleri, 2021).

Doğrusal ekonomide üret, kullan ve at mantığı varken, döngüsel ekonomide kapalı döngü bir yapı oluşturmak ve bunun için de kaynakların yeniden kullanımı, atıkların azaltılması ve çevrenin korunması mantığı vardır. Döngüsel ekonominin altında yatan düşünce katma değer birimi başına daha az yeni malzeme kullanarak hem çevre hem de ekonomi için fayda yaratmaktır (Zhou ve Smulders, 2021). Lieder ve Rashid (2016)'ya göre döngüsel ekonomi; kıt kaynaklar (enerji ve malzeme tüketimi); çevresel etki (katı atık, düzenli depolama, emisyon veya kirlilik) ve ekonomik faydalar (maliyet azaltma gibi finansal yönler, artan gelir veya gayri safi yurtiçi hasıla) olarak üç yönlü ele alınabilir. Bu kapsamda döngüsel ekonomi geniş bir tanımlamayla; katma değerli ve daha uzun yaşam döngülerinde maksimum kullanım ile üretilmiş ürünlerin tasarımı, ömürlerinin farklı dönemlerinde farklı kullanımlara sahip çok yönlü ürünlerin yaratılması, böylece hammadde ya da bitmiş ürünün yeniden kullanımının garanti altına alınması; katı atıkların geri dönüşümünden elde edilen ikincil hammaddelerin fiyatının piyasada rekabetçi olduğu bir yapı oluşturulması, geri alım sistemlerinin teşvik edilmesi; üretilen enerji, çıkarılan malzeme ve doğal çevre arasındaki bağlantıların değerlendirilmesine yönelik sistematik bir yapı sunar (EMF, 2013: 24).

Döngüsel ekonomi ürün, malzeme ve kaynakların değerinin ekonomide olabildiği kadar uzun süre tutulduğu ve böylece kaynak girdilerinin, atıkların ve emisyon miktarlarının en aza indirilebildiği ekonomik bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bunu sağlayabilmek için de kaynakların onarıcı kullanımına (Geisendorf ve Pietrulla, 2018) ve kaynak kullanım verimliliğinin artırılmasına (Duran-Romero ve diğerleri, 2020) odaklanır. Bu nedenle döngüsel ekonomi uygulamalarının performansı denilince akla verimlilik ve etkinlik gibi göstergeler gelir.

Verimlilik, eldeki kaynaklardan ne derecede yararlanıldığına yani minimum girdi ile maksimum çıktının elde edilmesine odaklanan bir göstergedir. Verimlilik, belirli bir üretim miktarıyla (çıkıtısıyla), bu üretimi elde etmek için kullanılan faktörler (hammadde, yarı mamul, yardımcı malzeme, enerji gibi girdiler) arasındaki oran olarak hesaplanır (Braun ve diğerleri, 2018: 2). Verimlilik hasılanın bir girdiye veya girdiler toplamına oranı olup, üretilen mal ve hizmetlerin miktarı ile bu üretimde kullanılan girdi miktarları arasındaki ilişkidir. Bu kapsamda her türlü uygulamanın verimliliğinin ölçülmesi ve artırılması ne kadar gerekli ve önemliyse, döngüsel ekonomi kapsamındaki uygulamalar açısından da o kadar önemlidir. Atığı bir kaynak olarak ele alan döngüsel ekonomi, kaynak verimliliği için temel bir yaklaşım olarak kabul edilir (Wilts ve diğerleri, 2016). Schöggel ve diğerleri (2020), tarafından yapılan geniş kapsamlı literatür incelemesinde döngüsel ekonomiyle ilgili en çok çalışılan beş konudan birinin kaynak verimliliği (resource efficiency) olduğu ortaya konmuştur. Buradan literatürde, döngüsel ekonomiyle ilgili mikro düzeyde malzeme ve kaynak verimliliğine yönelik çalışmalara yoğunlaşıldığı anlaşılmaktadır. Ancak, döngüsel ekonomiye geçiş yalnızca kaynak verimliliğini artıracak teknolojiler değil aynı zamanda organizasyon, toplum, finans yöntemleri ve politikalar açısından yenilikçi ve bütünsel bakış açıları gerektirdiğinden (Wilts ve diğerleri, 2016), konunun sosyal bilimleri ilgilendiren kısımları da önemli bir araştırma alanıdır.

Çalışmanın temel amacı; Web of Science (WoS) veri tabanında yayınlanan ve Sosyal Bilimler İndeksinde (SSCI) yer alan dergilerdeki döngüsel ekonomi ve verimlilik konularının birlikte ele alındığı

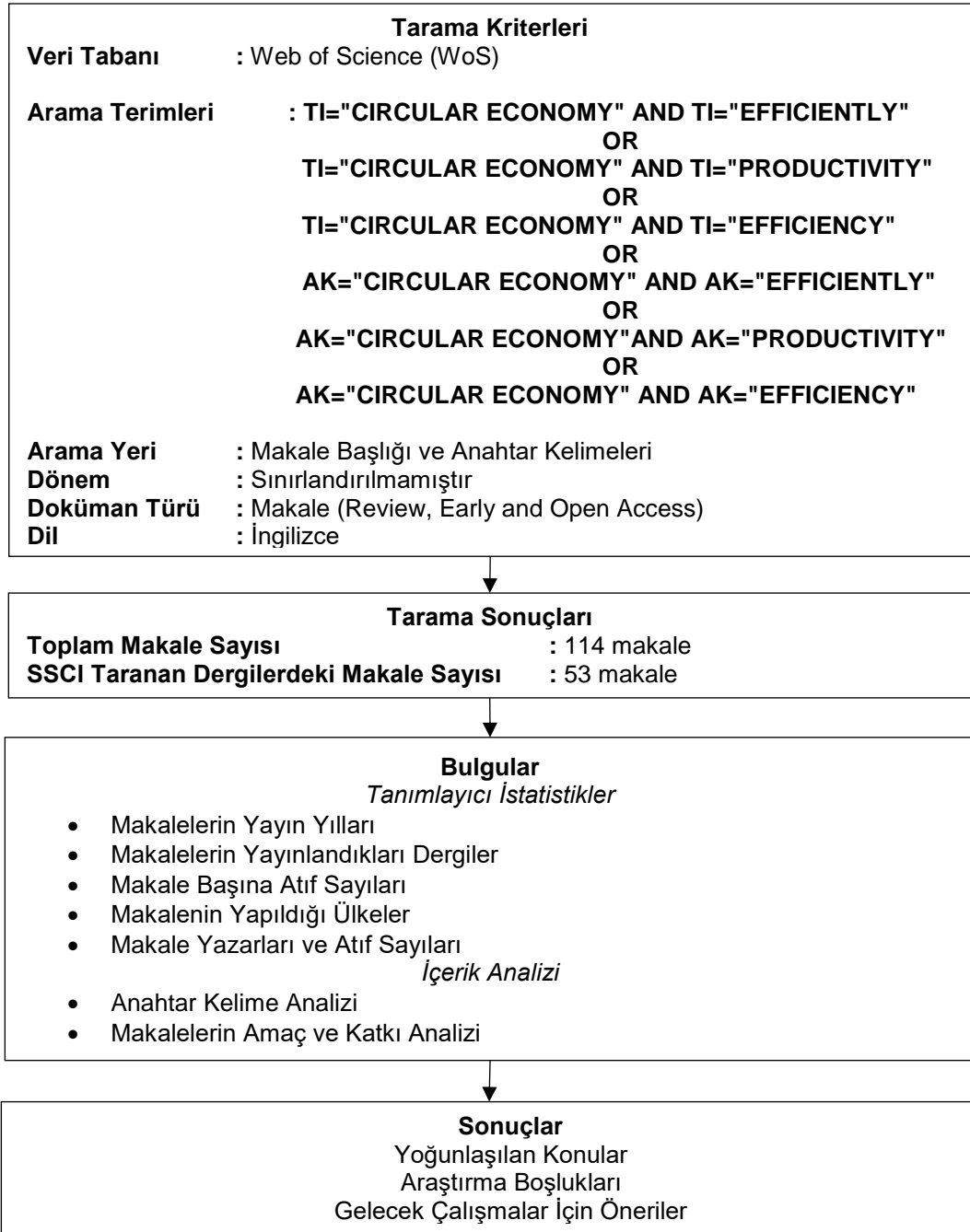
2021 yılı sonuna kadar yayınlanmış olan makalelerin sistematik bir taramasının yapılması ve araştırma boşluklarının ortaya konmasıdır. WoS dünya çapında araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen veri tabanlarından birisi (Wang ve diğerleri, 2019) olması nedeniyle tercih edilmiştir. Ulaşılan 53 makale VOSviewer Programı (1.6.17) kullanılarak incelenmiştir. Literatürde sosyal bilimler kapsamında Türkçe veya yabancı dilde “döngüsel ekonomi” ve “verimlilik” konularını birlikte ele alan araştırmalarla ilgili bir literatür taramasına rastlanılmamıştır. Bu kapsamda çalışmayla, döngüsel ekonomi ve verimlilik konularında yoğunlaşılan alanlar ve araştırma boşluklarının tespit edilmesi, özellikle hangi alt alanlarda yeni araştırmalar yapılabileceğinin vurgulanması yönüyle literatüre katkı sağlanması beklenmektedir.

Beş bölümden oluşan çalışmanın girişten sonraki ikinci bölümünde literatür taramasına ait araştırma planı hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, tarama ile elde edilen makalelerin önce yayın yılları, yayımlandıkları dergiler ve dergilerin etki faktörleri, aldıkları atıflar gibi tanımlayıcı istatistikleri tablo ve grafiklerle görselleştirilerek sunulmuş, arkasından anahtar kelimelerin analizi yapılmış ve detaylı içerik incelemesi yapılarak bulgular sunulmuştur. Bu bulgular dördüncü bölümde tartışılmıştır. Çalışma sonuç ve öneriler bölümüyle tamamlanmıştır.

2. TARAMA METODOLOJİSİ

Bu çalışmada, döngüsel ekonomi ve verimlilik konularının birlikte ele alındığı makaleler sistematik olarak incelenmiştir. Sistematik literatür taraması bir araştırma stratejisi yoluyla verinin toplandığı ve bu veriye bibliyometrik analizin yapıldığı çalışmalardır (Alhawari ve diğerleri, 2021). Araştırma süreciyle ilgili detaylar Şekil 1’de verilmiştir.

Araştırmada ilk olarak tarama kriterleri belirlenmiş ve bu kriterler kullanılarak WoS veri tabanında gerekli tanımlamalar yapılmıştır. Detaylı arama kısmına başlıklarda ve anahtar kelimelerde arama yapabilmek için alan etiketleri tanımlanmıştır. Başlık için “TI” ve anahtar kelime için “AK” olarak girilmiş, Şekil 1’de arama terimleri kısmında verildiği gibi “döngüsel ekonomi” ve “verimlilik”in İngilizce ve eş anlamlı kullanılabilecek kelimeleriyle tarama yapılmıştır. Bu taramayla toplam 114 makale elde edilmiştir. Elde edilen veride doküman türü filtreleme alanında makale seçilmiş, endeks (Web of Science Index) filtreleme alanında Sosyal Bilimler Endeksi (Social Sciences Citation Index- SSCI) seçilerek tarama yenilenmiştir. Filtreleme sonrası gerçekleştirilen yeni taramada 2021 yılı sonu itibarıyla çevrimiçi erişilebilen toplam 53 makale belirlenmiştir. Bu kapsamda araştırmanın verisi; başlık veya anahtar kelimelerinde “circular economy” ile birlikte ‘productivity’, ‘efficiently’ ya da “efficiency” geçen WoS veri tabanında olan ve Sosyal Bilimler Endeksinde taranan dergilerde elektronik olarak basılan ve çevrimiçi erişilebilen 53 makaleden oluşmaktadır. Tarama sonucunda elde edilen makalelerle ilgili önce VOSviewer Programı kullanılarak istatistik bulgular üretilmiş, daha sonra makaleler içerikleri (konu, amaç ve katkıları) itibarıyla daha detaylı incelenmiştir.



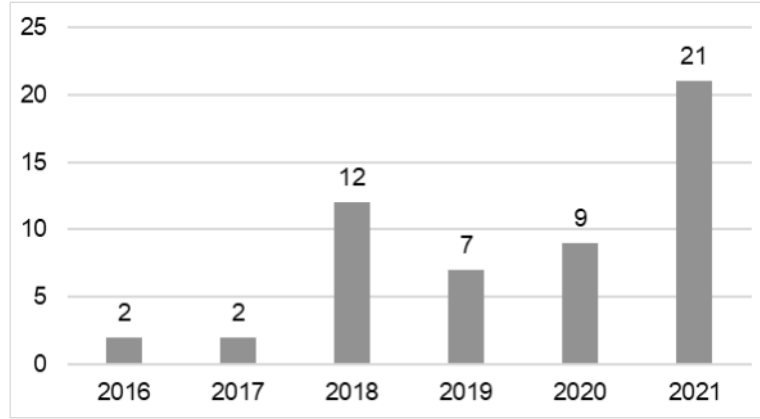
Şekil 1. Araştırma planı

3. BULGULAR

3.1. Tanımlayıcı istatistikler

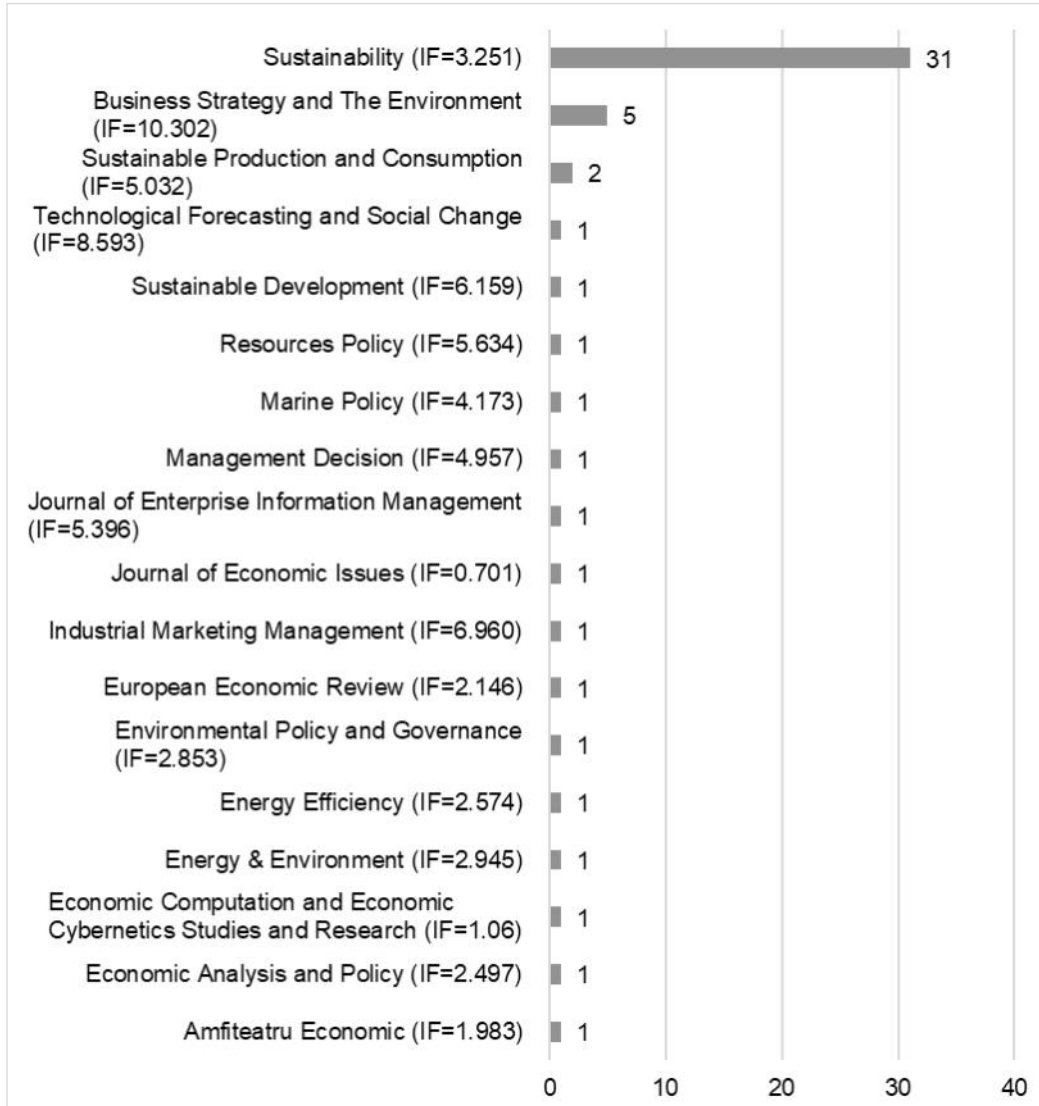
Bu kısımda yapılan taramayla elde edilen makalelerle ilgili; yayın yılı, yayınlandıkları dergiler ve dergilerin etki faktörleri, alınan atıflar ve ülkeler gibi tanımlayıcı bilgilere yer verilecektir.

Makalelerin yayınlandıkları yıllar aşağıdaki Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre döngüsel ekonomi ve verimliliğin birlikte ele alındığı ilk makaleler WoS sosyal bilimler indeksi kapsamındaki dergilerde 2016 yılından itibaren yayınlanmaya başlanmış ve 2018'den itibaren daha fazla ilgi görmüştür. 2021 yılında 21 makale yayınlanmıştır. Benzer bir dağılımla Sassanelli ve diğerleri, (2019) tarafından yapılan döngüsel ekonominin performansının değerlendirilmesine yönelik yayınlarla ilgili literatür taramasında da karşılaşılmış, 2015 yılından itibaren döngüsel ekonomiyle ilgili ölçüm ve nicelleştirmeye yönelik araştırmaların yapılmaya başlandığı ifade edilmiştir.



Şekil 2. Döngüsel ekonomi ve verimlilik konulu makalelerin yayınlandıkları yıllar

53 makalenin yayınlandığı dergiler ve bu dergilerin etki faktörleri Şekil 3'te verilmiştir. Etki faktörü dergilerin atıf durumuyla ilgili önemli bilgiler sunmaktadır. Akademik değerlendirmelerde ve derginin rekabet gücünün ölçülmesinde önemli bir göstere olan etki faktörü, derginin son yılından önceki iki yıla ait olarak almış olduğu atıfların önceki iki yılda yayınlanmış olan makale sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır (Asan, 2005).



Şekil 3. Makalelerin yayınlandığı dergiler ve etki faktörleri

Döngüsel ekonomi ve verimliliği konu alan makaleler en çok açık ara farkla Sustainability Dergisi'nde yapılmış, en çok toplam atıf da bu dergideki yayınlara olmuştur. Tablo 1'de görüldüğü gibi makale başına ortalama atıf yaklaşık 20 adet olarak gerçekleşmiştir. İkinci olarak en çok makale etki faktörü oldukça yüksek (IF=10,302) olan Business Strategy and the Environment Dergisi'nde yapılmış, makale başına ortalama atıf sayısı 10 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Toplam alınan atıf sayıları ve makale başına ortalama atıf sayısı

<i>Dergi Adı</i>	<i>Atıf Sayısı</i>	<i>Makale Sayısı</i>	<i>Makale Başına Ortalama Alıntı Sayısı</i>
Sustainability	639	31	20,6
Business Strategy and The Environment	50	5	10,0
Marine Policy	37	1	37,0
Management Decision	29	1	29,0
Technological Forecasting and Social Change	26	1	26,0
Industrial Marketing Management	25	1	25,0
Resources Policy	21	1	21,0
Sustainable Development	20	1	20,0
Amfiteatru Economic	14	1	14,0
Energy Efficiency	10	1	10,0
Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research	5	1	5,0
Journal of Economic Issues	3	1	3,0
Environmental Policy and Governance	2	1	2,0
Economic Analysis and Policy	1	1	1,0
Sustainable Production and Consumption	1	2	0,5
Energy & Environment	0	1	0,0
European Economic Review	0	1	0,0
Journal of Enterprise Information Management	0	1	0,0

Döngüsel ekonomi ve verimliliği birlikte araştıran makalelerin 39 farklı ülkeden çalışma yapılmıştır. Makale sayısı en az 2 olacak şekilde ülkelerden yapılan makale sıklığı Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre en çok İngiltere ve İsveç'te konuyla ilgili çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır.

Tablo 2. En fazla yayın yapılan ülke

<i>Ülke</i>	<i>Makale Sayısı</i>	<i>Ülke</i>	<i>Makale Sayısı</i>
İngiltere	9	Kanada	2
İsveç	9	Finlandiya	2
Avustralya	4	Fransa	2
Almanya	4	Yunanistan	2
Romanya	4	Japonya	2
İspanya	4	Hollanda	2
İtalya	4	Rusya	2
Belçika	3	Suudi Arabistan	2
Çin	3	İskoçya	2
ABD	3	İran	2

Tarama ile elde edilen makalelerin hepsi çok yazarlıdır ve 53 makalede toplam 182 yazarın katkısı bulunmaktadır. İki ve üzeri makaleye sahip yazarlar ve aldıkları atıf sayıları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre konunun aynı araştırmacılar tarafından sıklıkla araştırılmadığı, WoS kapsamındaki dergilerde bir yazarın bu konuyu en fazla 2 kez çalıştığı söylenebilir. Hem bu yönüyle hem de alınan atıfların dikkati çeken seviyelerde (100+) yüksek olmaması döngüsel ekonomi ve verimlilik ikilisinin araştırmacılar tarafından uzmanlaşılacak ve üzerinde yoğunlaşılacak bir alan şeklinde görülmediğini göstermektedir.

Tablo 3. En çok makaleye sahip yazarlar ve aldıkları atıf sayıları

Yazar Adı	Makale Sayısı	Atıf Sayısı
Leena Aarikka-Stenroos	2	28
Dorin Beu	2	11
Mircea Buzdugan	2	11
Calin Ciugudeanu	2	11
Marianna Lena Kambanou	2	26
Leonidas Milios	2	11
Tomohiko Sakao	2	26

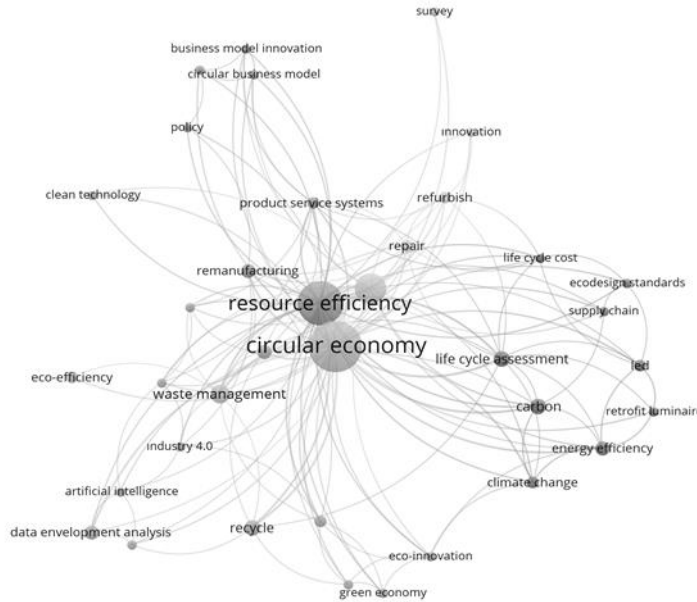
3.2. İçerik analizi

3.2.1. Anahtar Kelimeler Analizi

Makalelerde kullanılan anahtar kelimeler çalışmaların odaklandığı konuları belirlemede önemli göstergeler olduğundan tarama sonucunda elde edilen 53 makale en sık kullanılan anahtar kelimeler açısından incelenmiştir. Toplam 221 anahtar sözcük kullanılmıştır. Birbirine aynı anlamda kullanılacak kavramlar yorumlamaları kolaylaştırmak ve çalışılan temel alanları daha net belirleyebilmek amacıyla birleştirilmiş ve sonuçta 164 anahtar sözcük elde edilmiştir. Birleştirilen anahtar sözcükler listesi Ek'te yer alan Tablo A1'de verilmiştir.

İlk olarak tüm anahtar kelimeler kullanılarak kelime bulutu oluşturulmuştur. Şekil 4'de görüldüğü gibi kelime bulutunun merkezinde, en büyük ebatlı daire olarak en fazla kullanılan anahtar kelime olan döngüsel ekonomi yer almıştır. Tablo 4'te ise 3 ve üzeri sayıda tekrarlanmış 18 anahtar kelime listelenmiştir. Listenin birincisi olan döngüsel ekonomi kavramının, veri setini oluşturan 53 makalenin hepsinin anahtar kelimelerinde yer aldığı anlaşılmaktadır. Listede 39 kullanım ile ikinci sırada kaynak verimliliği, üçüncü sırada ise döngüsel ekonomiyle yakından bağlantılı diğer bir şemsiye kavram olan sürdürülebilirlik kavramı yer almıştır. En sık tekrar eden anahtar kelimeler listesinde kaynakların geri kazanım yöntemlerinden geri dönüşüm, yeniden üretim, yeniden kullanım, yenileme kavramlarının bulunduğu görülmektedir. Şekil 4'deki kelime bulutunda da bu kavramlarla kaynak verimliliği arasında yoğun bağlantılar bulunduğu da görülmektedir.

Hem kelime bulutuna hem de Tablo 4'e bakıldığında hiçbir ülke/bölge isminin öne çıkmadığı, anahtar kelimelerde daha çok kavramlara odaklanıldığı söylenebilir. Tekrar sayısı 1 olarak alınarak tüm anahtar kelimeler bu yönde incelenmiş, sadece 3 makalenin anahtar kelimelerinde Çin, Suudi Arabistan ve Zengeng Bölgesi olmak üzere ülke/bölge üzerine çalışma yapıldığı anlaşılmıştır.



Şekil 4. Tüm anahtar kelimeler için kelime bulutu (Tekrar sayısı: 1)

Tablo 4'te analiz yönetimi olarak yaşam döngüsü analizinin 5 tekrarla, veri zarflama analizinin 4 tekrarla öne çıktığı görülmektedir. Yaşam döngüsü analizi ürünlerin yaşam döngüsünün her safhasında

oluşabilecek çevresel etkilerin tespit edilerek yönetilmesine yönelik bir yöntem olduğundan döngüsel ekonomiyi konu alan çalışmalarda faydalanılmıştır. Veri zarflama analizi ise karar birimlerinin görece etkinliğinin ölçümünde kullanıldığından verimlilikle ilgili araştırmalarda kullanılması olağandır.

Tablo 4. En sık tekrar eden anahtar kelimeler listesi

<i>Anahtar Kelime</i>	<i>Yayın Sayısı</i>	<i>Bağlantı Gücü</i>
Circular Economy (Döngüsel Ekonomi)	53	155
Resource Efficiency (Kaynak Verimliliği)	39	126
Sustainability (Sürdürülebilirlik)	19	61
Waste Management (Atık Yönetimi)	7	24
Carbon (Karbon)	5	17
Life Cycle Assessment (Yaşam Döngüsü Değerlendirme)	5	20
Recycle (Geri Dönüşüm)	5	14
Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)	4	9
Energy Efficiency (Enerji Verimliliği)	4	16
Remanufacturing (Yeniden Üretim)	4	15
Reuse (Yeniden Kullanım)	4	16
Business Model (İş Modeli)	4	12
Climate Change (İklim Değişikliği)	3	13
Eco-Efficiency (Eko Verimlilik)	3	4
Led (Led)	3	11
Product Service Systems (Ürün Servis Hizmetleri)	3	17
Refurbish (Yenilemek)	3	15
Repair (Tamir)	3	15

3.2.2. Makalelerin Amaç ve Katkı Analizi

Tarama sonucunda elde edilen 53 makale konu, amaç ve katkıları itibarıyla incelenerek, Tablo 5'te özet olarak sunulmuştur. Tabloya göre makalelerin önemli bir kısmının döngüsel ekonomi uygulamaları (Velenturf ve diğerleri, 2018; Ghența ve Matei, 2018; Yi, 2020; Massaro ve diğerleri, 2020; D'Amico ve diğerleri, 2021; Ratner ve diğerleri, 2021), döngüsel iş modellerinin ekonomik faydaları (Rizos, 2016; Averina ve diğerleri, 2021; Mishra ve diğerleri, 2019; Nußholz, 2017) ve kaynak verimliliği (Wilts ve diğerleri, 2016; Gilbert ve diğerleri, 2017; Walker ve diğerleri, 2018; Willskytt ve diğerleri, 2020; Šuškević ve Kruopiene, 2021; Petkovic ve diğerleri, 2021; Ho ve diğerleri, 2021) ile ilgili olduğu görülmektedir.

Enerji verimliliği ile ilgili de (Beu ve diğerleri, 2018; Sequeira ve Santos, 2018; Liu ve diğerleri, 2018; Ciugudeanu ve diğerleri, 2019; Li ve diğerleri, 2020; Mercader-Moyano ve Martín, 2020) çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu konu daha çok fen bilimlerini ilgilendirebileceğinden sosyal bilimler kapsamında sınırlı sayıda çalışılmış olması olağandır. İncelenen 53 makaleden çok azı (Whalen ve Whalen, 2020; Zhou ve Smulders, 2021) döngüsel ekonomi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken hususlara ve oluşabilecek handikaplara yoğunlaşmıştır.

4. TARTIŞMA

Yapılan literatür incelemesiyle elde edilen istatistikî bilgilere göre WoS sosyal bilimler indeksi kapsamındaki dergilerde döngüsel ekonomi ve verimliliğin birlikte ele alındığı ilk makaleler 2016 yılından itibaren yayınlanmaya başlanmış ve 2018'den itibaren daha fazla ilgi görmüş, 2021 yılında en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Döngüsel ekonominin hem doğa bilimleri hem de yönetim literatüründe son yirmi yıldır öne çıkan bir konu (Alhawari ve diğerleri, 2021) olduğu bilinmektedir. Ancak döngüsel ekonomi kapsamında verimlilikle ilgili çalışmaların daha sonraki yıllarda incelenmeye başlanmış olması bu kapsamda doğaldır.

Taramayla elde edilen 53 makale 18 farklı dergide yayınlanmış, en çok Sustainability Dergisi'nde tercih edilmiş, en çok toplam atıf da bu dergideki yayınlara olmuştur. Makale başına ortalama atıf yaklaşık 20 adettir. Makalelerin yazarları incelendiğinde konunun aynı araştırmacılar tarafından sıklıkla araştırılmadığı, WoS kapsamındaki dergilerde bir yazarın bu konuyu en fazla 2 kez çalıştığı söylenebilir. Hem bu yönüyle hem de alınan atıfların dikkati çeken seviyelerde (100'den fazla) yüksek olmaması döngüsel ekonomi ve verimlilik ikilisinin uzmanlaşmış ve üzerinde yoğunlaşmış bir alan olarak

görülmeyeceğini göstermektedir. Oysa geleneksel ekonomik faaliyetler için verimlilik önemsenen ve performansın ölçülmesi ve geliştirilmesinde çok çalışılan bir konudur. Buradan, döngüsel ekonomide verimlilik konusunda önemli araştırma boşluklarının bulunabileceği çıkarılabilir. Bir diğer istatistik ise Avrupa ülkeleri ve bunlar içinden de İngiltere ve İsveç'te en çok konuyla ilgili çalışmalar yapıldığı yönünde çıkmış, incelenen 53 makalenin 18'i yaklaşık %34'inin bu iki ülkeden araştırmacılar tarafından yapıldığını ortaya koymuştur. Çin, ABD, Rusya, Suudi Arabistan, İran gibi farklı ülkelere de konuyla ilgili çalışmalar yapılmış olmakla birlikte Türkiye'den bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna göre, Türkiye ile ilgili veriler üzerinden konunun araştırılması hem literatüre katkı sağlayacak hem de taraf olunan Paris İklim Anlaşması'nın net sıfır karbondioksit salımı ve küresel sıcaklık artışını sınırlama hedefine yönelik hazırlıklara da yardımcı olacaktır.

Literatür taramasında elde edilen makalelerin istatistiksel olarak incelenmesinin ardından makaleler içeriksel olarak da incelemeye tabii tutulmuştur. Bu kapsamda önce çalışmaların odaklandığı konuları belirlemek amacıyla en sık tekrar eden anahtar kelimelere bakılmıştır. Burada geri kazanım yöntemlerinden geri dönüşüm, yeniden üretim, yeniden kullanım, yenileme kavramlarının çok kullanıldığı ve kelime bulutunda da bu kavramlarla kaynak verimliliği arasında yoğun bağlantılar bulunduğu tespit edilmişti. Tablo 5'te sunulan makalelerin içeriksel incelemesinde de özellikle geri dönüşüm ve yeniden üretim gibi farklı geri kazanım yöntemlerinde kaynak verimliliği konusunun yoğun olarak çalışıldığı görülmüştür. Bu tespitler ışığında, döngüsel ekonomide verimlilik olgusunun daha çok firma düzeyinde ve malzeme verimliliği şeklinde lokal olarak araştırıldığı; konuya bütünsel veya bütün üretim-tüketim döngüsünü içerecek bir ağ yaklaşımıyla bakılmadığı anlaşılmaktadır. En sık tekrar eden anahtar kelimeler listesinde tedarik zinciri yönetimine dair kelimeler bulunmaması bu tespiti doğrular niteliktedir. Bununla birlikte Tablo 5'te görüldüğü gibi makalelerden sadece üçü; Shabanpour ve diğerleri, (2021), Brown ve Bajada (2017) ve Braun ve diğerleri, (2018) tedarik zincirlerini kapsayacak yöndedir. Brown ve Bajada (2017) döngüsel tedarik ağlarını, Braun ve diğerleri, (2018) örnek bir otomobil üretim işletmesinin tedarik zinciri boyunca malzeme verimliliğini, Shabanpour ve diğerleri, (2021) döngüsel ekonomi kapsamında tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin tahminini konu alan araştırmalar yapmıştır. Diğer yandan, sadece 3 makalenin anahtar kelimelerinde bir ülke/bölge üzerine çalışma yapıldığı anlaşılmış, ülkelerle ilgili makro düzeyde döngüsel ekonomi verimliliğinin de sınırlı olarak araştırıldığı sonucuna da ulaşılmıştır. Oysa, ülkelerin makro düzeyde döngüsel ekonomi verimliliğini inceleyen ve bunun artırılması yönünde yapılacak araştırmaların döngüsel ekonomiye geçişi kolaylaştıracağı ve özendirileceği aşikardır.

Tablo 5. Makalelerin amaç ve katkı analizi

<i>Çalışma</i>	<i>Konu</i>	<i>Amaç</i>	<i>Katkı</i>
Agrawal ve diğerleri (2021)	Endüstri 4.0'ın dögüsel ekonomiyeye entegrasyonu	Endüstri 4.0 ve dögüsel ekonomi ile ilgili araştırma eğilimlerinin belirlenmesi	Dögüsel ekonomilerde, Endüstri 4.0 ve yapay zekâ araçlarının entegrasyonunda mevcut ve gelecekteki eğilimler ortaya konmuştur.
Alamerew ve diğerleri (2020)	Ürün Düzeyinde Dögüsellik Stratejileri	Çok kriterli analiz yöntemleriyle ürün düzeyinde dögüsellik stratejilerinin değerlendirilmesi ve en uygun strateji seçimi	Önerilen model, daha fazla şirketin mal/hizmetlerinde çevresel etkilerinin azaltması ve kaynak ayrıştırmasına katkı sağlayan dögüsellik stratejilerinin seçimini kolaylaştırarak dögüselliliği uygulamaya teşvik edicidir.
Almulhim ve Abubakar (2021)	Kamusal çevre bilinci	Dögüsel ekonomiyeye geçiş ile ilgili kamu bilinci ve tutumunun belirlenmesi	Dögüsel ekonomiyeye geçişle ilgili kamuoyu farkındalığını ve tutumlarını keşfederek önemli bilgiler sağlamıştır.
Averina ve diğerleri (2021)	Dögüsel iş modelleri için sürdürülebilirlik fırsatlarının değerlendirilmesi	Firmalarda dögüsel iş modelleri için sürdürülebilirlik fırsatları ve potansiyellerinin değerlendirilmesi için karar kriterlerinin belirlenmesi	Firmaların sürdürülebilirlik fırsatlarını değerlendirmede temel boyutlar olarak yetenek değerlendirmesi, ekosistem uyumu ve değer yakalamayı kullanabileceği belirlenmiş, dögüsel ekonomi ve iş model inovasyonu üzerine teorik çıkarımlar ve yönetim uygulamaları için tavsiyeler sunulmuştur.
Bampatsou ve diğerleri (2021)	Toplam faktör verimliliği	AB'deki 28 ülkenin toplam faktör verimliliğinin incelenmesi	Yapılan analizlerle fosil yakıtların yenilenebilir enerji tüketiminin; biyokütlenin ve geri dönüştürülmüş belediye atığının verimlilik puanları ile pozitif ilişkili olduğu, CO ₂ emisyonlarının ise negatif ilişkili olduğunu ortaya konmuştur.
Bassi ve Guidolin (2021)	Yeşil iş ve beceriler	AB'de KOBİ'lerde dögüsel ekonomi için yeşil istihdamın durumunu, yeşil işlerin ve becerilerin rolünün belirlenmesi	Yeşil işler ve becerilerin işletmelerin kaynak verimliliği üzerindeki etkisini belirlemiştir.
Beu ve diğerleri (2018)	Binalarda floresan lambaların kullanımı ve enerji verimliliği	Piyasadaki aydınlatma çözümlerinin avantaj ve dezavantajlarının değerlendirilmesi	Armatürlerin dögüsel ekonomi konseptine uygun olarak hazırlanması ve armatürlerin yeniden kullanılabilir, güncellenebilir ve yıllar içinde kullanılacak aydınlatma sistemlerine entegre edilmesi için öneriler getirilmiştir.
Braun ve diğerleri (2018)	Üretim zincirlerinde tedarik materyal verimliliği	Üretim tedarik zincirlerinde materyal verimliliğinin geliştirilmesi	Örnek bir otomobil üretim işletmesinin tedarik zinciri boyunca ve dögüsel ekonomi faaliyetleriyle atık geri kazanımı yoluyla malzeme verimliliği potansiyeli değerlendirilmiş, malzeme verimliliği hesaplanmıştır. Çalışmayla tedarik zinciri içinde şirketlerin malzeme verimliliğini artıracak deterministik hesaplamaların ve simülasyonların yapılmasının önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Brown ve Bajada (2017)	Döngüsel tedarik ağları dinamikleri	Döngüsel tedarik ağlarında malzeme akışına yönelik çoklu paydaş etkileri ve performans göstergelerinin belirlenmesi	Çalışmayla belirlenen göstergeler; döngüsel tedarik ağlarında performansı izlemek, kıyaslamak ve teşvik etmede faydalı ve kamu politikaları ve stratejileri açısından da yol göstericidir.
Camilleri (2018)	Sürdürülebilir kalkınma için döngüsel ekonomi	Döngüsel ekonominin ve sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin düzenleyici yönerge ve politikaların incelenmesi	Döngüsel ekonominin rejeneratif sistemlerinin çevresel etkiyi en aza indirdiğini göstermektedir.
Ciugudeanu ve diğerleri (2019)	Enerji verimliliği ve diğerleri	Elektrik şebekelerinde LED aydınlatma kullanımından kaynaklanan ana güç kalitesi sorunlarının araştırılması	Yeni bir enerji verimliliği ve güç kalitesi göstergesi önermiştir.
D'Amico ve diğerleri (2021)	Döngüsel ekonomi kapsamında kentsel yapı verimliliği ve dijital teknolojiler	Kentlerin döngüsellüğünde dijital uygulamaların ve kullanımlarının araştırılması	Kentsel döngüsellüğün verimliliğini artırmada su ve enerji tüketimi için gerçek zamanlı izleme istasyonları, araç akışlarını kontrol etmek için dijital kameralar, mal ve hizmetleri paylaşmak için web platformları ve toplu taşıma için izleme sensörleri gibi çeşitli dijital uygulamalar kullanılabileceği belirlenmiştir.
Dominish ve diğerleri (2018)	Tüketici ürünlerinde sürdürülebilirlik	Tüketici ürünlerinin sürdürülebilirliğinde "yavaşlatma" ve "daraltma" stratejilerinin önündeki maddi, ekonomik ve sosyal engelleri belirleyerek, metal içeren için malzeme verimliliğinin araştırılması	Ürün ömrü stratejilerinin uygulanmasını desteklemek için, iş modellerinde ve tüketici uygulamalarında değişikliğe neden olacak politika ve düzenlemeye ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur.
Drăgoi ve diğerleri (2018)	Döngüsel ekonomiye geçiş sürecinin yarattığı dönüşümler	Romanya'da sürdürülebilirlik kapsamında döngüsel ekonomideki gelişmelerin belirlenmesi ve ekonometrik model geliştirilmesi	Döngüsel ekonomiye geçiş sürecinin yarattığı dönüşümleri yansıtan bir ekonometrik model geliştirilmiştir.
Duran-Romero ve diğerleri (2020)	Döngüsel ekonomi- iklim değişikliği bağlantısı ve eko-yenilikçilik	Eko-yeniliklere ve paydaşların rolüne odaklanarak döngüsel ekonomi ve iklim değişikliği azaltma politikaları arasındaki teorik temellerin ve yeni gerekçelerin ortaya çıkarılması	Enerji, atık, ulaşım, yapı ve üretim sektörlerinden eko yenilik teknolojileri ele alınarak hangi eko-yeniliklerin hem döngüsel ekonomiyi sağlama hem de iklim değişikliğini azaltma hedeflerine katkıda bulunduğu belirlenmiş ve buna yönelik hangi kamu politikalarının desteklenmesi gerektiğinin ortaya konmuştur.
Engez ve diğerleri, (2021)	Kentsel sürdürülebilirlik	Sürdürülebilir kentsel gelişmeyi sağlayan faktörler ve aralarındaki akışın incelenmesi	Kentsel sürdürülebilirliğin tüm ana döngüsel ekonomi ekosistemlerini içerdiği ve işbirlikçi projelerin çevresel sürdürülebilirliğe katkısı olduğu belirlenmiştir.
Ghența ve Matei (2018)	Döngüsel ekonomi uygulama zorlukları	Küçük ve orta ölçekli işletmelerin ekonomi uygulama yaşadıkları zorlukların belirlenmesi	KOBİ'lerin sahada yürüttüğü döngüsel faaliyetlerin uygunluğunun değerlendirilmesinde bürokrasinin azaltılması, uygulamalar için hem yöneticilerin hem de politika yapımcıların katılması gerekliliği ortaya konmuştur.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Gilbert ve diğerleri (2017)	Malzeme verimliliği	Gemi üretiminde malzeme verimliliği tedbirlerinin yayılımının azaltılmasında rolünün belirlenmesi	Gemi üretiminde çeşitli aşamalarda malzeme verimliliğinin CO ₂ salınımını azalttığı belirlenmiştir.
Ho ve diğerleri (2021)	Malzeme verimliliği	Sürdürülebilir üretim amaçları için malzeme verimliliği ile ilgili temel etmenlerin belirlenmesi	Elektrik elektronik şirketlerinin malzeme verimliliği stratejilerini etkileyen beş içsel ve sekiz dışsal etken belirlenerek malzeme verimliliğine ulaşma konusunda katkı sağlamıştır.
Huang ve Hu (2021)	Geri dönüşüm sistemi	Bir geri dönüşüm üretim sisteminin kapalı döngü ve merkezi kontrol perspektifinden değerlendirilmesi	Döngüsel ekonomi performans değerlendirmeleri ve diğer yöntemlerle karşılaştırmalar yapılmıştır.
Kaddoura ve diğerleri (2019)	Ürün yaşam döngüsü değerlendirmesi	Pasif dayanıklı ürünlerin ömrünü uzatma potansiyelinin nicel olarak araştırılması	Onarım veya yenileme yoluyla kullanım ömrünün uzatılmasına ilişkin gerçek ürün vakalarının yaşam döngüsü değerlendirilmiş ve yaşam döngüsü maliyeti yoluyla değişimin miktarı belirlenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.
Kavei ve Savoldi (2021)	Vatandaşların geri dönüşüm davranışı	Ambalaj üzerindeki geri dönüşüm etiketlerinin geri dönüşüm davranışlarına etkisinin incelenmesi	Döngüsel ekonomi algısı ve geri dönüşümün önemi konusundaki farkındalığın ambalajların yeniden kullanılmasına yol açtığı belirlenmiş, ambalajdaki doğru bilgilendirmelerin geri dönüşüm davranışına etkisi ortaya konmuştur.
Kondo ve diğerleri (2019)	Yeşil satın alma ve tedarikçi seçimi	Karbon vergilerini göz önünde tutarak; sera gazı emisyonunu ve maliyetlerini en aza indirmek için yeşil satın almanın araştırılması	Ülkelerdeki farklı karbon vergilerini göz önünde bulundurarak, sera gazı emisyonunu ve maliyetlerini en aza indirgeyen tedarikçi seçimi problemi ve yeşil satın alma kararı için matematiksel model geliştirmişlerdir.
Li ve diğerleri (2020)	Enerji verimliliği, enerji kaynaklarının iyileştirilmesi ve CO ₂ emisyonları	Enerji verimliliği ile Çin ve Nijerya arasındaki ticari ilişkilerin CO ₂ emisyonlarını nasıl etkilediğinin araştırılması	Enerji verimliliği ve döngüsel ekonominin her iki ülkede de CO ₂ emisyonu azaltımına dönüşmediği; ekonomik büyüme, enerji kullanımı (yenilenemeyen enerji) ve temiz enerji ikamesinin CO ₂ emisyonlarını azaltmada temel faktörler olduğu belirlenmiştir.
Liu ve diğerleri (2018)	Eko-verimlilik ve enerji verimliliği	Çin/Zengcheng için sürdürülebilir kalkınma kapasitesi, fonksiyonel verimlilik ve enerji verimliliği analizi	Zengcheng'in toplam enerji yapısında yenilenemeyen enerji oranının yükseldiğini, bunun da doğal ekosisteme çevresel yük bindirdiği ve sürdürülebilir kalkınma kapasitesinin kademeli olarak zayıflattığı belirlenmiştir.
Massaro ve diğerleri (2020)	Döngüsel ekonomi uygulamaları ve Endüstri 4.0	Endüstri 4.0'ın döngüsel ekonominin şirketler üzerindeki etkisini nasıl geliştirebileceğinin araştırılması	Endüstri 4.0'ın atık bertarafının artırılması, yeniden imalatın teşvik edilmesi, su, enerji, gaz ve CO ₂ gibi kritik kaynakların verimliliğinin artırılması, iş modelleri ve şirketlerin misyonunun geliştirilmesinde potansiyel faydalar yaratabileceği belirlenmiştir.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Mercader-Moyano ve Martín (2020)	Enerji verimliliği ve eski binaların yenilenmesi	Eski binaların yenilenmesi ile ilgili yaşam döngüsü değerlendirme metodolojisinin geliştirilmesi	Binalara müdahalelerde enerji sistemlerinin teşvik edilmesi ve/veya bölgesel ısıtma ve soğutma ağlarının inşasının desteklenmesinin gerekliliği ortaya konmuştur.
Milios (2021)	Ürün ömrünü uzatmak	Döngüsel ekonomide ürün ömrünün uzatılması ile ilgili araştırma yapılması	Döngüsel ekonomide ürün ömrünü uzatmak için kamu alımları, artan tedarik ve bilgiye erişim ve zorunlu yeniden kullanım için hükümet politikaları gibi önlemler önermişlerdir.
Milios ve Matsumoto (2019)	Yeniden üretilmiş otomobil parçaları	Tüketicilerin yeniden üretilmiş ürünlere yönelik algılarının, kabul etme ve satın alma niyetlerinin ve endişelerinin araştırılması	Tüketicilerin otomotiv sektöründeki yeniden üretilmiş parçalara yönelik algısını artırmak ve pazar çekişi yaratmak için politikalar geliştirilmesinin önemine dikkat çekilmiş ve bunun genel kaynak verimliliğini artıracığı iddia edilmiştir.
Mishra ve diğerleri (2019)	Döngüsel iş modelleri	Döngüsel iş modelleri bilgisini iletirmek ve döngüsel ekonomi alanında yeterince araştırılmamış olan insan çevresinin özelliklerinin ortaya çıkarılması	Döngüsel ekonomi uygulamalarında çok paydaşlı iş birliğinin kaynak verimliliği için gerekli olan teknoloji transferine ve kurumsal öğrenmede önemli olduğu belirlenmiştir. Döngüsel ekonomide teoriye dayalı araştırma eksiklerini gidermeye katkı sunulmuştur.
Molinos-Senante ve Maziotis (2021)	Katı atık toplama ve geri dönüşüm maliyetleri	Atık sektörünün ekoverimliliğini tahmin etmeye yönelik atık azaltma marjinal maliyetinin ölçülmesi	Yöneticiler tarafından üretkenliği ve sürdürülebilirliği arttırabilecek ve çevreye büyük faydalar sağlayan daha yeşil bir ekonomiye doğru ilerleyebilecek en iyi uygulamaları incelenmiştir.
Nimmegeers ve diğerleri (2021)	Plastiklerin geri dönüşebilirliği	Plastiklerin geri dönüşebilirliğinin değerlendirilmesine yönelik yeni bir yaklaşım geliştirilmesi	Plastik geri dönüşebilirliğin güvenilir biçimde tahmini için istatistiksel bir yöntem geliştirilmiştir.
Nußholz (2017)	Döngüsel iş modelleri	Kaynak verimliliği ve yenilikçilik perspektifinden döngüsel iş modeli kavramının temellerinin açıklığa kavuşturulması	Döngüsel iş modelleri için hangi kaynak verimliliği stratejilerinin anahtar stratejiler olarak kabul edilebileceği ortaya konmuş ve döngüsel iş modelleri için yeni bir tanım önerilmiştir.
Peiró ve diğerleri (2021)	Çamaşır makinelerinin onarımı ve yeniden kullanımı	Çamaşır makinelerinin onarımı ve yeniden kullanımının şirket düzeyinde ve ürün düzeyinde analiz edilmesi	Tamir ve yeniden kullanım için faaliyetleri izlemeye uygun göstergeler tanımlanmış, bunlar yerel bir atölyede çamaşır makinelerinin yeniden kullanımı için kullanılmıştır.
Petkovic ve diğerleri (2021)	Malzeme verimliliği ve döngüsel ekonomikapsamında sürdürülebilirliğe ve GSYİH'ye etkisi	Enerji ve enerji dışı malzeme verimliliğinin sürdürülebilirlik ve üzerindeki etkisinin analiz edilmesi	Enerji ve enerji dışı malzeme verimliliğinin hangi sektörlerde sürdürülebilirlik ve GSYİH üzerinde daha fazla etkisi olduğu tespit edilmiş, bununla döngüsel ekonomi uygulamaları için en iyi senaryonun belirlenmesi kolaylaştırılmıştır.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Polverini (2021)	Eko-tasarım	AB nezdinde uygulanmakta olan malzeme verimliliği açısından eko-tasarım gerekliliklerinin kapsamını ve beklenen etkilerini analiz etmek	Döngüsel ekonomide eko-tasarım gerekliliklerine yönelik çevresel ve ekonomik etkilerin ölçülmesi gibi araştırma alanları belirleyip, politika yapıcılara döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşmak için düzenleyici yaklaşımlar ve politika önerileri geliştirilmiştir.
Ranta ve diğerleri (2020)	Döngüsel ekonomide müşteri değeri	İşletmeler arası (B2B) tedarikçiler için döngüsel ekonomide müşteri değeri önerilerinin belirlenmesi	Tedarikçilerin döngüsel ekonomide müşteri değer önerilerini nasıl sağladığı ile ilgili sonuçlar elde edilmiştir.
Ratner ve diğerleri (2021)	Firma düzeyinde döngüsel ekonomide uygulamalarının önündeki engeller ve motivasyon unsurları	AB ülkeleri ve Rusya'daki firmaların döngüsel ekonomi için yol haritası ve stratejilerinin karşılaştırılması	Olgunlaşmış kurumsal destek sistemlerine sahip AB ülkeleri ile Rusya arasındaki döngüsel ekonomi uygulamaları açısından en önemli farklılıkların; mevzuat ve yönetmelikler gibi düzenleyici alanlarda, kaynak verimliliği ve organizasyonel fizibiliteyi artıracak yeni teknolojilerle ilgili bilgi ve farkındalıkta olduğu belirlenmiştir.
Richter ve diğerleri (2019)	Yaşam döngüsü maliyeti	Yaşam döngüsü maliyeti yaklaşımında optimal ömrü belirlemek için yöntem geliştirilmesi	Yaşam döngüsü maliyeti yaklaşımından optimal ömrü belirlemek için yöntem sunulmuş ve dayanıklılığı teşvik etmek için potansiyel politikalar bağlamında bulgular tartışılmıştır.
Rizos (2016)	Döngüsel ekonomik iş modellerinin engelleyici ve kolaylaştırıcıları	KOBİ'lerin döngüsel ekonomik iş modellerini uygularken deneyimledikleri engeller kolaylaştırıcı konuların araştırılması	KOBİ'lerin yeşil iş modellerini uygulamalarının önündeki engeller belirlenmiştir. Ülkelerin ulusal politikalarının tüketici tercihleri, piyasa değer zincirleri ve şirket kültürlerini yeşillendirmeye odaklanmalarıyla döngüsel iş modeli uygulamalarının desteklenebileceği ortaya konmuştur.
Sánchez-Ortiz ve diğerleri (2020)	Döngüsel ekonomi de verimlilik ölçümü	Çevresel etki, ekonomik fayda ve kaynak kıtlığı göstergelerini tanımlayarak döngüsel ekonomi ürün ve süreç verimliliğinin ölçümü	Döngüsel ekonomi ürün ve süreç verimliliğinin ölçümü için hem kuruluşlar hem de dış kullanıcılar için modeller geliştirmişlerdir.
Sequeira ve Santos (2018)	Eğitim ve enerji yoğunluğu arasındaki ilişki	Eğitimin enerji yoğunluğunu azaltmada ve eko-verimliliği etkilemede etkisinin araştırılması	Enerji yoğunluğunu azaltmada eğitimin rolünü vurgulayan basit ve yaygın olarak kabul edilen varsayımlarla bir ekonomik model tasarlamışlardır.
Shabanpour ve diğerleri (2021)	Tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliğinin tahmini	Tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin döngüsel ekonomi kapsamında tahmin edilmesi	Tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin tahmini için veri zarflama analizi ve yapay zekâya dayalı, diğer alanlarda da uygulanabilecek matematiksel bir model geliştirmişlerdir.
Šuškevič ve Kruopiene (2020)	Yeniden kullanılabilir kaplar	Yeniden kullanılabilir kapların yeniden kullanım verimliliğinin değerlendirilmesi	Yeniden kullanılabilir bardakların hasar, kayıp ve iade oranlarına göre farklı yeniden kullanım modelleri geliştirilmiştir.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Townsend ve Coroama (2018)	Sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomide bilgi ve iletişim teknolojileri	Sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomide bilgi ve iletişim teknolojilerinin potansiyel katkılarının incelenmesi	Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sürdürülebilirliği sağlamaya: (1) "cleantech" olarak adlandırılan güneş paneli gibi çevreye faydalı ürünlerin üretimi ve benimsenmesinde kullanımı veya (2) geri dönüşüm, bakım/yenileme ve paylaşım/yeniden kullanım gibi döngüsel ekonomiye özgü veya araba paylaşımı, araç paylaşımı gibi paylaşım ekonomisine özgü uygulamalardaki kullanımı yoluyla iki yönlü katkısı olabileceğini iddia etmektedirler.
Velenturf ve diğerleri (2018)	Atıklardan Kaynak Geri Kazanımı Programı ve döngüsel ekonomi	Döngüsel ekonomiye geçişte hükümetlerin bakış açılarında ışık tutmak, İngiltere için Atıklardan Kaynak Geri Kazanımı Programı sonuçlarının değerlendirilmesi	Atıklardan Kaynak Geri Kazanımı Programıyla hükümet ve ilgili aktörlerin sürece dahil edilmesi, böylelikle döngüsel büyümenin teşvik edilmesinin gerekliliği ortaya konmuş ve hükümetlerin vizyon oluşturmaya yardımcı strateji ve plan önerileri geliştirilmiştir.
Walker ve diğerleri (2018)	Döngüsel ekonomi ve malzeme verimliliğinin çevresel boyutu	Malzeme verimliliğini artırmada ürün döngüsü ve çevresel durum arasındaki korelasyonun ortaya çıkarılması	Tedarik zincirinde kullanım ömrü sonundaki malzemelerin geri kazanılması ve yeniden kullanımının muhasebeleştirilmesine yönelik Yaşam Döngüsü Analizi tabanlı bir metodoloji önerilmiştir.
Whalen ve Whalen (2020)	Döngüsel iş modelleri	Döngüsel iş modellerinin eleştirel olarak incelenmesi, kamu politikalarının rolünün belirlenmesi	Kamunun doğal kaynakları iyileştirebilecek büyük yatırımları yapma ve ekonomi ve ekoloji gibi karmaşık ve dinamik sistemleri içeren büyük resmi izleme sorumluluğundan hareketle, belirleyeceği politikaların sürdürülebilirliğin önemini vurgulayan ve firmaları daha yüksek bir verimlilik anlayışına teşvik edici yapıda olması gerektiği ortaya konmuştur.
Willskyt ve diğerleri (2020)	Kaynak verimli ürünlerin tasarımı	Farklı özelliklerde ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmesini yaparak kaynak verimliliğini artıran tasarım önerilerinin geliştirilmesi	Çok sayıda yaşam döngüsü değerlendirmesinden edinilen bilgilere dayalı olarak kaynak verimliliğini artıran uygulamalar için geliştirilmiştir.
Wilts ve diğerleri (2016)	Atık yönetimi ve kaynak verimliliği	Kaynak verimliliği sorununa atık süreci açısından bakan bütünleştirici politikaların kavramlaştırılması için farklı bakış açıları sunulması	Atık politikalarıyla ilgili yapılan incelemelerde mevcut durumun yetersiz kaldığı ve kaynak verimliliği ve geri dönüşümün yoğun dikkate alınmasını gerektirdiği ortaya konmuştur.
Withers ve diğerleri (2018)	Gıdalarda sürdürülebilir fosfor kullanımının sağlanması	Gıda zincirinde fosforun azaltılması ve fosforun güvenli ve döngüselleştirilmesini farklı aktörler ve sektörler açısından değerlendirilmesi	Gıda güvenliğinden vazgeçmeden fosforun güvenli ve sürdürülebilirliğe uygun kullanımının sağlanmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

Tablo 5. (Devamı)

Çalışma	Konu	Amaç	Katkı
Yi (2020)	Kaynakların döngüsellığı	Döngüsel ekonomi için döngüsel kaynaklarla bir plan oluşturmak, yeni göstergeler üzerinden Kore'nin atık yönetim sürecinin projelendirilmesi	Kore'de Kaynak Döngüsü Eylem Planı kapsamında kaynak döngüsüyle ilgili doğru bir izleme ve takip yapmayı sağlayacak 5 gösterge belirlenmiş ve onların hesaplanmasını gösterilmiştir.
Zhou ve Smulders (2021)	Yeniden kullanım, yenileme ve yeni ürün üretimi	Yeni ürün üretimi ve faaliyetlerinin ekonomik yönden karşılaştırılması	Ekonomilerde ikincil üretimin (yenileme vb.) birincil üretimi etkilediği; yeniden kullanım ve yenilemeyi teşvik etmenin yeni ve daha verimli ürünler yaratma inovasyonunu önleyebileceği, bu durumun inovasyonu dışlayan çok maliyetli ve genel ekonomik faydayı azaltan bir yapı oluşturabileceği öngörülmüştür.

Döngüsel ekonomi ekolojik açıdan kıt kaynakların etkin kullanımı ve atık azaltımının yanı sıra; kamu açısından ekonomik büyümeyi tetikleyen, girişimciler açısından yeni iş kolları yaratarak yatırım ve istihdam alanları oluşturan, döngüsel sistemin içindeki mevcut firmalar için de endüstriyel yenilikler ve iş modelleri vaad eden bir yapıdır. Bu katkıları nedeniyle incelenen makalelerin büyük kısmında döngüsel ekonomi uygulamalarının ve döngüsel iş modellerinin ekonomik faydaları ile kaynak ve enerji verimliliğinin katkıları ön plana çıkartılmıştır. Az sayıda makalede döngüsel ekonomi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar ve oluşabilecek engellere dikkat çekilmiştir. Bunlardan Whalen ve Whalen (2020), döngüsel ekonomi uygulamalarının sıç olarak çevresel etkiyi öne almadan yapılması ve sadece malzeme verimliliği ve kârlılığa odaklanması durumunda sürdürülebilirlik yaklaşımına katkı değil zarar oluşturulabileceği, firmaların çevresel bozulmanın hızının artmasına neden olabileceğine dikkat çekmektedir. Uygulamalarda, herhangi bir malzemenin geri kazanım sürecindeki emisyonlar ve gereken enerji girdileri çevresel faydaların çoğunu gasp edebilmekte, hatta bazı durumlarda geri kazanım ve geri dönüşüm için gereken enerji, birincil malzemeyi işlemek için gereken enerjiden daha büyük olabilmektedir. Bu kapsamda, Whalen ve Whalen (2020) döngüsel uygulamalarda kaynak tasarrufları ve enerji kullanımıyla ilgili her zaman çevresel bir ödünleşim olduğu, bunun hangi yön lehine olduğuna dikkat etmek gerektiği konusunda uyardıklarını. Zhou ve Smulders (2021) ise ekonomik gelişim yönüyle ikincil üretim ve birincil üretimi karşılaştırmış; yeniden kullanım ve yenilemeyi teşvik etmenin yeni ürün üretimindeki yenilikçiliği engelleyebileceğini öngörmüşlerdir. Buna yönelik, politika yapıcılara Ar-Ge teşvik politikalarının döngüsel ekonomik önlemlerle eş zamanlı olarak uygulamaya konması veya mevcut Ar-Ge politikalarının döngüsel ekonomiyeye uyum sağlayacak yönde değiştirilmesi; firmalara ise ikincil üretimle birlikte yeni ürün geliştirmekten de kendilerine alıkoymamaları gerektiğini belirtmişlerdir.

Özellikle kamu tarafında politika yapıcıların döngüsel ekonomi uygulamalarını teşvik edici olması beklenmektedir. Literatürde teşviklerin yönüne göre yukarıdan aşağıya strateji ve aşağıdan yukarıya strateji şeklinde bir tanımlama yapılmıştır (Panchal ve diğerleri, 2021). Buna göre yukarıdan aşağıya strateji olarak adlandırılan kamu otoritelerinin önderliğinde ve zorlamasıyla mevzuat ve politika kullanılarak geliştirilen döngüsel uygulamalar reaktif olduğundan sonuçlar mevzuatlara uyumlu sınırlı kalmaktadır. Aşağıdan yukarıya strateji olarak adlandırılan herhangi bir değer zincirinin temel alanları olan üretim, tüketim, atık yönetimi, yenilikler ve yatırımlar gibi tarafların kendi motivasyonlarıyla proaktif bir yaklaşımla oluşan döngüsel uygulamaların sonuçları ise ekonomik ve çevresel olarak daha kapsamlı olmaktadır. Dolayısıyla döngüsel ekonomide verimlilik isteniyorsa aşağıdan yukarıya strateji benimsenerek değer zinciri için düzenlemeler yapılması daha uygundur.

Döngüsel ekonomi uygulamalarında verimliliğinin artırılmasında yenilikçilik etkili bir araç olarak kabul edilebilir. Eko-yenilikler (çevresel yenilikler) olarak isimlendirilen bu yenilikler iklim değişikliğiyle mücadelede ve doğrusal bir üretim ve tüketim sisteminden döngüsel bir sisteme geçişi gerçekleştirmede temel itici güç olarak kabul edilmektedirler (Duran-Romero ve diğerleri, 2020). Çevresel uygulamaların maliyetleri yükselttiğine dair yaygın düşüncenin aksine, çevresel etkiyi önceleyen yenilik faaliyetleri ile ekonomik gelişme ve karlılığın ortak bir noktada kesiştirilmesiyle üretim maliyetleri düşürülebilmekte, verimlilik ve ürünlerin değerini artıran yenilikçilik faaliyetleri tetiklenmekte bu sayede oluşan artı değerler ile çevre maliyetleri dengelenerek rekabet gücü artmaktadır (Porter ve van der Linde, 1995; Büyükkelik

ve diğerleri, 2010). Buna rağmen eko-yenilikçilik kapsamında taranan 53 makale incelendiğinde az sayıda makalede (Duran-Romero ve diğerleri, 2020) eko-yeniliklerin konu edildiği görülmüştür.

Bilişim teknolojileri ekonomik hayatın olmazsa olmazlarından biri olmasına rağmen döngüsel ekonomi ve verimlilik çerçevesinde sınırlı çalışmada (Townsend ve Coroama, 2018) ele alınmıştır. Townsend ve Coroama (2018) bilgi ve iletişim teknolojilerinin sürdürülebilirliği sağlamaya: (1) "cleantech" olarak adlandırılan güneş paneli gibi çevreye faydalı ürünlerin üretimi ve benimsenmesinde kullanımı veya (2) geri dönüşüm, bakım/yenileme ve paylaşım/yeniden kullanım gibi döngüsel ekonomiye özgü veya araba paylaşımı, araç paylaşımı gibi paylaşım ekonomisine özgü uygulamalardaki kullanımı yoluyla iki yönlü katkısı olabileceğini iddia etmektedir. Böylece bilgi ve iletişim teknolojilerinin getirebileceği fırsatlar sadece kaynakları verimli bir şekilde geri kazanmak değil; aynı zamanda temiz teknolojilerin benimsenmesi ve kaynakların dolaşımını sağlamak şeklinde olabilmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Temel amacı döngüsel ekonomi ve verimlilik konularının birlikte ele alındığı makalelerin incelenmesi ve konuyla ilgili araştırma boşluklarının ortaya konması olan bu çalışmada; öncelikle makalelerin yazarları, yazarların konuyu çalışma sıklığı ve alınan atıfların sayısı dikkate alındığında sosyal bilimler alanında döngüsel ekonomi ve verimlilik ikilisinin uzmanlaşılan ve üzerinde yoğunlaşılan bir araştırma alanı olarak görülmediği sonucuna ulaşılmıştır. Buradan, bu alanda döngüsel ekonomide verimlilik açısından önemli araştırma boşluklarının bulunduğu düşünülerek, makaleler konu, amaç ve katkıları yönünden de incelenerek araştırma boşluklarının hangi alt konularda olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Buna göre; WoS veri tabanında yayınlanan ve SSCI'da yer alan dergilerdeki döngüsel ekonomi ve verimlilik konularının birlikte ele alındığı makalelerin; döngüsel ekonomi uygulamaları, döngüsel iş modellerinin ekonomik faydaları, kaynak verimliliği ve enerji verimliliği konularına yoğunlaştığı; döngüsel ekonomi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar ve oluşabilecek handikaplar, eko-yenilikler, tedarik zincirleri, endüstri 4.0, bilişim teknolojileri ve dijitalleşme gibi konuların ise sınırlı düzeyde araştırıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılmasında kaynak verimliliği ve eko-verimliliğin artırılması, bu kapsamda da eko-yenilikler etkili bir araçtır. Bu kapsamda malzeme ve enerji verimliliğini artıracak yenilikler, atıklar için yeni geri kazanım metotları, geri kazanılan malzemeler için değeri yükseltecek yeni kullanım alanları gibi daha teknolojiye dayalı eko-yenilikler konularında çalışmalar yapılabilir. Bununla birlikte Schögl ve diğerleri (2020)'ne göre döngüsel ekonomi; odak noktası teknolojik yenilikler olan uygulamalardan, iş modellerindeki yeniliklere veya hizmet yeniliklerine doğru evrilmelidir. Buna göre tarihsel bir perspektiften; 1970-1990 arasında atık yönetimi ve geri dönüşüm odaklı Döngüsel Ekonomi 1.0 Dönemi, 1990-2010 arası eko-verimlilik ve kaynak etkinliği odaklı Döngüsel Ekonomi 2.0 Dönemi ve 2010 sonrası için doğal kaynakların tüketiminde verimlilikten yeterliliğe nasıl geçileceğine, yani tüketim kalıplarının nasıl değiştirileceğine odaklanılan daha çok iş modellerinin geliştirilmesi ve paydaş katılımını önceleyen Döngüsel Ekonomi 3.0 Dönemi olarak adlandırılabilir (Schögl ve diğerleri, 2020). Buradan hareketle, döngüsel ekonomi uygulamalarında verimliliği mikro düzeyde artırma çabalarından, gelecekte bütünsel bakış açıları geliştirmeye geçilmesi beklenebilir.

Döngüsel ekonomi ve verimliliği birlikte konu edecek gelecek çalışmalarda, döngüsel ekonomi uygulamalarının sürdürülebilirliğe katkısını artırmak amacıyla bütünsel yaklaşımlar geliştirmek oldukça önemlidir. Bu kapsamda çevresel etkiyi öne alan ve kaynak verimliliğini ortaya çıkartan ancak sürecin bütününe bakabilen özellikle de sosyal boyutları da dikkate alan çalışmaların yapılması önerilebilir. Ayrıca, döngüsel ekonomi uzun vadede iş ortakları için finansal açıdan çekici olan tedarik zincirlerinin geliştirilmesini de gerektirmesine rağmen, yapılan taramada en sık tekrar eden anahtar kelimelere bakıldığında tedarik zinciri yönetiminin olmadığı görülmüştür. Bu durum konunun bütünsel yani üretim-tüketim döngüsünü içerecek bir ağ yaklaşımıyla incelenmediğini, daha çok firma düzeyinde ya da malzeme verimliliği şeklinde incelendiğini göstermektedir. Oysa mevcut doğrusal üretim modeli; üretilen yüksek miktarlardaki atıklar, yüksek sera gazı emisyonları ve giderek kıt kaynaklara erişim için artan rekabet nedeniyle neredeyse sürdürülemez hale geldiğinden tedarik zincirleri için riskler artmaktadır. Bu riskler göz önünde tutulduğunda gelecek çalışmalarda döngüsel ekonomi ve verimlilik konusunun tedarik zinciri bütünselliğinde ele alınması tavsiye edilebilir. Ayrıca, ülkelerin makro düzeyde döngüsel ekonomi verimliliğini inceleyen çalışmaların da yapılması önerilebilir.

Endüstri 4.0 araçları; ürün ve iadelerin takibini kolaylaştırma, süreçlerde gerçek zamanlı bilgilere erişimi sağlama ve verimliliğini artırırken çevresel etkiyi azaltmanın yeni yollarının bulunması olasılığını

güçlendirme gibi faydalar yaratarak döngüsel ekonomi uygulamalarındaki üretkenlik ve verimliliğin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda yeni çalışmalarda döngüsel ekonomi uygulamalarının verimliliğini artırmada dijitalleşme ve Endüstri 4.0 araçları hakkında çalışılması önerilebilir. Yine, son yılların çok konuşulan konularından biri olan paylaşım ekonomisi de dijital araçlar yardımıyla yeni döngüsel uygulamalar geliştirilmesine ve verimli kullanımın artırılmasına yardımcı olabilecek bir konu olarak çalışılmaya değerdir.

Döngüsel ekonominin çevresel ve sosyal boyutları aracılığıyla yaratabileceği katma değer ve sürdürülebilir tüketimi teşvik ederek enerji ayak izini ve doğal sermaye üzerindeki baskıyı azaltacak ekonomik bileşenleri oluşturma potansiyeli dikkate alınacak seviyelerdedir (Drăgoi ve diğerleri, 2018: 136). Ancak, incelenen makalelerde sosyal boyutların öncelenmediği, döngüsel ekonomi ve verimlilik kapsamında yoğun olarak çevre ve ekonomik boyutların ele alındığı görülmüştür. Özellikle insan kaynakları önemli bir üretim girdisidir ve döngüsel ekonomide verimliliğini geliştirmek açısından mutlaka farklı yönlerle araştırılması gereken bir alandır. Gelecekte bu yönde yapılacak çalışmalar bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlayabilir.

Diğer yandan bu çalışmada da çeşitli kısıtlar bulunmaktadır. Yapılan literatür incelemesi; sadece WoS veri tabanında yayınlanan SSC'da yer alan dergilerdeki, İngilizce dilindeki ve makale türündeki çalışmalarla kısıtlı kalmıştır. Tarama makale başlığı ve anahtar kelimeler üzerinden yapılmıştır. Dolayısıyla başka formlarda yayınlanmış veya başka veri tabanlarında yer alan makaleler bu çalışmaya dahil olmamıştır. Gelecekte planlanacak çalışmalar için farklı veri tabanları ve farklı dillerde yapılan yayınlar ile bildiri, kitap bölümü vb. araştırmalar da dâhil edilerek daha geniş çaplı literatür incelemeleri yapılabilir. Türkçe literatür açısından ise sosyal bilimler alanında döngüsel ekonomi ve verimlilik konularını bir arada araştıran çalışmaya da rastlanılmadığından Türk araştırmacıların bu yönde çalışmalara yönelmesi tavsiye edilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Arzum Büyükkelik: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Makale Yazımı-rijinal taslak, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Yasin Afşar: Literatür taraması, Analiz, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Arzum Büyükkelik: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft, Writing-review and editing
Yasin Afşar: Literature review, Analysis, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Agrawal, R., Wankhede, V.A., Kumar, A., Luthra, S. ve Huisin, D. (2021). "Progress and Trends in Integrating Industry 4.0 within Circular Economy: A Comprehensive Literature Review and Future Research Propositions", *Business Strategy and the Environment*, 31, 559-579.
- Alamerew, Y.A., Kambanou, M.L., Sakao, T. ve Brissaud, D. (2020). "A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies", *Sustainability*, 12(12), 1-20.
- Alhawari, O., Awan, U., Bhutta, M.K.S. ve Ülkü, M.A. (2021). "Insights from Circular Economy Literature: A Review of Extant Definitions and Unravelling Paths to Future Research", *Sustainability*, 13(2), 859.
- Almulhim, A.I. ve Abubakar, I.R. (2021). "Understanding Public Environmental Awareness and Attitudes toward Circular Economy Transition in Saudi Arabia", *Sustainability*, 13(18), 10157.
- Arruda, E.H., Melatto R.A. and Levy, W. (2021). "Circular Economy: A Brief Literature Review (2015–2020)", *Sustainable Operations and Computers*, 2, 79-86.
- Asan A. (2005). "SCI-Expanded, SSCI, AHCI ve etki faktörü (impact factor)", Sağlık Bilimlerinde Süreli Yayıncılık 3. Ulusal Sempozyumu, Ankara 221-263
- Averina, E., Frishammar, J., ve Parida, V. (2021). "Assessing Sustainability Opportunities for Circular Business Models", *Business Strategy and the Environment*, 1-24.
- Bampatsou, C., Halkos, G. ve Beneki C. (2021). "Non-Parametric Computational Measures for the Analysis of Resource Productivity", *Energies*, 14(11), 1-14.
- Bassi, F. ve Guidolin, M. (2021). "Resource Efficiency and Circular Economy in European SMEs: Investigating the Role of Green Jobs and Skills", *Sustainability*, 13(21), 12136.
- Beu, D., Ciugudeanu, C., ve Buzdugan, M. (2018). "Circular Economy Aspects Regarding LED Lighting Retrofit— from Case Studies to Vision", *Sustainability*, 10, 3674.
- Braun, A.T., Kleine-Moellhoff, P., Reichenberger, V. ve Seiter, S. (2018). "Case Study Analysing Potentials to Improve Material Efficiency in Manufacturing Supply Chains, Considering Circular Economy Aspects", *Sustainability*, 10, 880.
- Brown, P. ve Bajada, C. (2018). "An Economic Model of Circular Supply Network Dynamics: Toward an Understanding of Performance Measurement in the Context of Multiple Stakeholders", *Business Strategy and the Environment*, 27, 643-655.
- Büyükkeklik, A. ve Özoğlu, B. (2021). "Lojistik Hizmetlerde Sürdürülebilirlik ve Dijitalleşme", *Pazarlama Bakışıyla Lojistik Hizmetlerde Yeni Uygulamalar*, Nobel Yayınevi, Ankara, 153-175.
- Büyükkeklik, A., Toksarı, M. ve Bülbül, H. (2010). "Çevresel Duyarlılık ve Yenilikçilik Üzerine Bir Araştırma", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(3), 373-393.
- Camilleri, M.A. (2019). "The Circular Economy's Closed Loop and Product Service Systems for Sustainable Development: A Review and Appraisal", *Sustainable Development*, 27, 530–536.
- Ciugudeanu, C., Buzdugan, M., Beu, D., Campianu, A. ve Galatanu, C.D. (2019). "Sustainable Lighting-Retrofit Versus Dedicated Luminaires-Light Versus Power Quality", *Sustainability*, 11(24), 7125.
- Commoner, B. (1972). "The environmental cost of economic growth. In: Ridker, R.G. (Ed.), *Population*", *Resources and the Environment*, 339–363.
- D'Amico, G., Arbolino, R., Shi, L., Yigitcanlar, T. ve Ioppolo, G. (2021). "Digital Technologies for Urban Metabolism Efficiency: Lessons from Urban Agenda Partnership on Circular Economy", *Sustainability*, 13(11), 6043.
- Dominish, E., Retamal, M., Sharpe, S., Lane, R., Rhamdhani, M.A., Corder, G., Giurco, D. ve Florin, N. (2018). "'Slowing' and 'Narrowing' the Flow of Metals for Consumer Goods: Evaluating Opportunities and Barriers", *Sustainability*, 10(4), 1096.
- Drăgoi, M.C., Popescu, M-F., Andrei, J. V. ve Mieilă, M. (2018). "Developments of The Circular Economy In Romania Under The New Sustainability Paradigm", *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 52(2), 125-138.
- Duran-Romero, G., López, A.M., Beliaeva, T., Ferasso, M., Garonne, C. ve Jones, P. (2020). "Bridging the Gap Between Circular Economy and Climate Change Mitigation Policies Through Eco-innovations and Quintuple Helix Model", *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120246.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation), (2013). "Towards the Circular Economy", *Trends in Werk*, 23-44, <https://www.werktrends.nl/>, (Erişim Tarihi: 01.08.2022).
- Engez, A., Leminen, S. ve Aarikka-Stenroos, L. (2021). "Urban Living Lab as a Circular Economy Ecosystem: Advancing Environmental Sustainability through Economic Value, Material, and Knowledge Flows", *Sustainability*, 13(5), 2811.

- Figge, F., Thorpe, A.S. ve Good, J. (2021). "Us Before Me: A Group Level Approach To The Circular Economy", *Ecological Economics*, 179(3), 1-25.
- Geisendorf, S. ve Pietrulla, F. (2018). "The Circular Economy and Circular Economic Concepts-A Literature Analysis and Redefinition", *Thunderbird International Business Review*, 60, 771-782.
- Ghenta, M. ve Matei, A. (2018). "SMEs and the Circular Economy: From Policy to Difficulties Encountered During Implementation", *The Amfiteatru Economic Journal*, 20(48), 294.
- Gilbert, P., Wilson, P., Walsh, C. ve Hodgson, P. (2017). "The Role of Material Efficiency to Reduce CO₂ Emissions During Ship Manufacture: A Life Cycle Approach", *Marine Policy*, 75, 227-237.
- Ho, F.H., Abdul-Rashid, S.H., Ghazilla, R.A.R., Sakundarini, N., Woo, Y.L., Ahmad, S., Ghazali, I. ve Haq, R.H.A. (2021). "What Key Drivers Are Needed to Implement Material Efficiency Strategies? An Analysis of the Electrical and Electronic Industry in Malaysia and Its Implications to Practitioners", *Sustainability*, 13(4), 2065.
- Huang, H.C. ve Hu, C.F. (2021). "Performance Measurement for the Recycling Production System Using Cooperative Game Network Data Envelopment Analysis", *Sustainability*, 13(19), 11060.
- Kaddoura, M., Kambanou, M.L., Tillman, A.M. ve Sakao, T. (2019). "Is Prolonging the Lifetime of Passive Durable Products a Low-Hanging Fruit of a Circular Economy? A Multiple Case Study", *Sustainability*, 11(18), 4819.
- Kavei, A.F. ve Savoldi, L. (2021). "Recycling Behaviour of Italian Citizens in Connection with the Clarity of On-Pack Labels. A Bottom-Up Survey", *Sustainability*, 13(19), 10846.
- Kondo, R., Kinoshita, Y. ve Yamada, T. (2019). "Green Procurement Decisions with Carbon Leakage by Global Suppliers and Order Quantities under Different Carbon Tax", *Sustainability*, 11(13), 3710.
- Li, G., Zakari, A. ve Tawiah, V. (2020). "Energy Resource Melioration and CO₂ Emissions in China and Nigeria: Efficiency and Trade Perspectives", *Resources Policy*, 68, 101769.
- Lieder, M. ve Rashid, A. (2016). "Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry", *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51.
- Liu, W., Zhan, J., Li, Z., Jia, S., Zhang, F. ve Li, Y. (2018). "Eco-Efficiency Evaluation of Regional Circular Economy: A Case Study in Zengcheng, Guangzhou", *Sustainability*, 10(2), 453.
- Massaro, M., Secinaro, S., Dal Mas, F., Brescia, V. ve Calandra, D. (2020). "Industry 4.0 and Circular Economy: An Exploratory Analysis of Academic and Practitioners' Perspectives", *Business Strategy and the Environment*, 30, 1213-1231.
- Mercader-Moyano, P. ve Ramos-Martín, M. (2020). "Comprehensive Sustainability Assessment of Regenerative Actions on the Thermal Envelope of Obsolete Buildings under Climate Change Perspective", *Sustainability*, 12(14), 5495.
- Milios, L. (2021). "Overarching Policy Framework for Product Life Extension in a Circular Economy-A Bottom-up Business Perspective", *Environmental Policy and Governance*, 31, 330–346.
- Milios, L. ve Mitsutaka, M. (2019). "Consumer Perception of Remanufactured Automotive Parts and Policy Implications for Transitioning to a Circular Economy in Sweden", *Sustainability*, 11(22), 6264.
- Mishra, J.L., Chiwenga, K.D. ve Ali, K. (2019). "Collaboration as an Enabler for Circular Economy: A Case Study of a Developing Country", *Management Decision*, 59(8), 1784-1800.
- Molinos-Senante, M. ve Maziotis, A. (2021). "The Cost of Reducing Municipal Unsorted Solid Waste: Evidence from Municipalities in Chile", *Sustainability*, 13(12), 6607.
- Nimmegeers, P., Parchomenko, A., Meulenaere, P.D., D'hooge, D.R., Steenberge, P.H.M.V., Rechberger, H. ve Billen, P. (2021). "Extending Multilevel Statistical Entropy Analysis towards Plastic Recyclability Prediction", *Sustainability*, 13(6), 3553.
- Nußholz, J. (2017). "Circular Business Models: Defining a Concept and Framing an Emerging Research Field", *Sustainability*, 9, 1810.
- Panchal, R., Singh, A. ve Diwan, H. (2021). "Does Circular Economy Performance Lead to Sustainable Development? - A Systematic Literature Review", *Journal of Environmental Management*, 293, 112811.
- Peiró, L.T., Fernández, B.G. ve Durany, X.G. i. (2021). "Investigating a Repair Workshop: The Reuse of Washing Machines in Barcelona", *Sustainable Production and Consumption*, 29, 171-179.
- Petković, B., Zandi, Y., Agdas, A.S., Nikolić, I., Denić, N., Kojić, N., Selmi, A., Issakhov, A., Milošević, S., ve Khan, A. (2021). "Adaptive Neuro Fuzzy Evaluation Of Energy And Non-Energy Material Productivity Impact On Sustainable Development Based On Circular Economy And Gross Domestic Product", *Business Strategy and the Environment*, Wiley Blackwell, 31(1), 129-144.
- Polverini, P. (2021). "Regulating the Circular Economy within the Ecodesign Directive: Progress so Far, Methodological Challenges and Outlook", *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1113-1123.

- Porter, M.E. ve Van Der Linde, C. (1995). "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Ranta, V., Keränen, J. ve Aarikka-Stenroos, L. (2020). "How B2B Suppliers Articulate Customer Value Propositions in the Circular Economy: Four Innovation-Driven Value Creation Logics", *Industrial Marketing Management*, 87, 291-305.
- Ratner, S., Gomonov, K., Lazanyuk, I. ve Revinova, S. (2021). "Barriers and Drivers for Circular Economy 2.0 on the Firm Level: Russian Case", *Sustainability*, 13, 11080.
- Richter, J.L., Van Buskirk, R., Dalhammar, C. ve Bennich, P. (2019). "Optimal Durability in Least Life Cycle Cost Methods: The Case of LED Lamps", *Energy Efficiency*, 12, 107-121.
- Rizos, V., Behrens, A., Gaast, W.V.D., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyeke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papadelis, S., Hirschnitz-Garbers, M. ve Topi, C. (2016). "Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers", *Sustainability*, 8(11), 1212.
- Sánchez-Ortiz, J., Rodríguez-Cornejo, V., Río-Sánchez, R.D. ve García-Valderrama, T. (2020). "Indicators to Measure Efficiency in Circular Economies", *Sustainability*, 12(11), 4483.
- Sassanelli S., Rosa, P., Rocca, R. ve Terzi, S. (2019). "Circular Economy Performance Assessment Methods: A Systematic Literature Review", *Journal of Cleaner Production*, 229, 440-453.
- Schögl, J.-P., Stumpf, L. ve Baumgartner, R.J. (2020). "The Narrative of Sustainability and Circular Economy-A Longitudinal Review of Two Decades of Research", *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105073.
- Sequeira, T. ve Santos, M. (2018). "Education and Energy Intensity: Simple Economic Modelling and Preliminary Empirical Results", *Sustainability*, 10(8), 2625.
- Shabanpour, H., Yousefi, S. ve Farzipoor Saen, R. (2021). "Forecasting Sustainability of Supply Chains in the Circular Economy Context: A Dynamic Network Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Network Approach", *Journal of Enterprise Information Management*, DOI: 10.1108/JEIM-12-2020-0494.
- Šuškevičė, V. ve Kruopienė J. (2021). "Improvement of Packaging Circularity through the Application of Reusable Beverage Cup Reuse Models at Outdoor Festivals and Events", *Sustainability*, 13(1), 247.
- Sürdürülebilir Kalkınma. (2022). "Sürdürülebilir Kalkınma Hakkında Temel Bilgiler" <http://www.surdurulebilir kalkinma.gov.tr/temel-tanimlar>, (Erişim Tarihi:23.04.2022).
- Townsend, J.H. ve Coroama, V.C. (2018). "Digital Acceleration of Sustainability Transition: The Paradox of Push Impacts", *Sustainability*, 10(8), 2816.
- Velenturf, A.P.M., Purnell, P. Tregent, M. Ferguson, J. ve Holmes, A. (2018). "Co-Producing a Vision and Approach for the Transition towards a Circular Economy: Perspectives from Government Partners", *Sustainability*, 10(5), 1401.
- Walker, S., Coleman, N., Hodgson, P., Collins, N. ve Brimacombe. L. (2018). "Evaluating the Environmental Dimension of Material Efficiency Strategies Relating to the Circular Economy", *Sustainability*, 10(3), 666.
- Wang, C., Lim, M.K. ve Lyons, A. (2019). "Twenty Years of the International Journal of Logistics Research and Applications: A Bibliometric Overview", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(3), 304-323.
- Whalen, C.J. ve Whalen, K.A. (2020). "Circular Economy Business Models: A Critical Examination", *Journal of Economic*, 54(3), 628-643.
- Willskytt, S. ve Brambila-Macias, S.A. (2020). "Design Guidelines Developed from Environmental Assessments: A Design Tool for Resource-Efficient Products", *Sustainability*, 12(12), 4953.
- Wilts, H., Gries, N.V. ve Bahn-Walkowiak. B. (2016). "From Waste Management to Resource Efficiency-The Need for Policy Mixes", *Sustainability*, 8(7), 622.
- Withers, P.J.A., Doody D.G. ve Bradley, S.R. (2018). "Achieving Sustainable Phosphorus Use in Food Systems through Circularisation", *Sustainability*, 10(6), 1-17.
- Yi, S. (2020). "Evaluation and Development of Korea's National Plan for Resource Circulation Towards a Circular Economy", *Energy & Environment*, 31(7), 1129-1146.
- Zhou, S. ve Smulders, S. (2021). "Closing the Loop in a Circular Economy: Saving Resources or Suffocating Innovations?", *European Economic Review*, 139, 103857.

EK

Tablo A1. Birleştirilen anahtar kelimeler listesi

<i>Anahtar Kelimeler</i>	<i>Birleştirilmiş Kelime</i>
Actual Recycle Rate	Recycle
Recycling	
Recycling Activity	
Recycle	
Artificial Neural Networks	Artificial Intelligence
Artificial Intelligence	
Business Models	Business Model
Business Model	
Carbon Embodied	Carbon
Carbon Leakage	
Carbon Trading	
CO ₂ Emissions	
Low Carbon Economy	
Low-carbon Economy	
Carbon	
Circular Economy Infrastructure	Circular Economy
Circular Economy	
Circularisation	
Circular Economy	
Circular Business Models	Circular Business Model
Circular Business Model	
Circularity Strategies	Circularity
Circularity Indicators	
Circularity	
Cleantech	Clean Technology
Clean Technology	
Data Envelopment Analysis (DEA)	Data Envelopment Analysis
Dynamic Network Data Envelopment Analysis	
Network Data Envelopment Analysis	
Second Stage DEA	
Data Envelopment Analysis	
Ecodesign Directive	Ecodesign Standards
Ecodesign	
Ecodesign Standards	
Green Innovation	Eco-innovation
Eco-innovation	
Higher Efficiency	Efficiency
Technical Efficiency	
Efficiency	
Italian Case Study	Case Study
Case Study	
LCA	Life Cycle Assessment
Life Cycle Assessment-LCA	
Life Cycle Assessment	
Light-emitting Diode Lamps	LED
LED	
Product-service System	Product Service Systems
Product-service Systems	
Product service Systems	
Refurbishing	Refurbish
Refurbishment	
Refurbish	

Tablo A1. (Devamı)

<i>Anahtar Kelimeler</i>	<i>Birleştirilmiş Kelime</i>
Resource Circulation	Circularisation
Resource Circulation Rate	
Circularity	
Circularisation	
Circularisation	
Repair Workshops	Repair
Repair	
Reuse Systems	Reuse
Reusable Cups	
Reuse	
Global Supply Chain	Supply Chain
Supply Chains	
Supply Chain	
Sustainability by ICT	Sustainability
Resource Sustainability	
Sustainability	
Sustainable Development Goals	
Sustainable Manufacturing	
Sustainable Development	
Ecodesign	Ecodesign Standards
Ecodesign Standards	
Multi-criteria Decision Analysis	Multi-criteria Assessment
Multi-criteria Assessment	
Plastic Waste	Waste Management
Zero Waste	
E-waste	
Waste	
Waste Management	
Product Lifetime	Product Life Cycle
Product Life Cycle	
On-pack Recycling Labels Efficiency	Recycling Labelling
Recycling Labelling	
SMEs	Small and Medium Sized Enterprises
Small and Medium Sized Enterprises	
Sustainable Supply Networks	Sustainable Supply Chains
Sustainable Supply Chains	
Tobit Regression	Regression
Truncated Regression	
Regression	
Material Efficiency	Resource Efficiency
Efficiency	
Material Productivity	
Resource Productivity	
Resource Efficiency	

Sürdürülebilir Kalkınma Temelinde Döngüsel Ekonomi Performansı

Meltem ECE ÇOKMUTLU¹

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer alan imalat sanayi işletmelerinin belirlenen döngüsel ekonomi göstergeleri üzerinden performans karşılaştırmasını yapmaktır.

Yöntem: Çalışmada İçerik Analizi yöntemi ile işletmelerin kurumsal raporlarından toplanan veriler TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Modelde yer alan kriterlerin ağırlıklarındaki değişikliklerin karar alma üzerindeki etkisini görebilmek için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Bulgular: Araştırmada belirlenen 5 ana döngüsel ekonomi kriteri üzerinden gerçekleştirilen analizde 18 işletme içerisinde Vestel Beyaz Eşya (VESBE), Vestel Elektronik (VESTL) ve Kordsa Teknik (KORDSA) ve en iyi döngüsel performansa sahip ilk üç işletme olmuştur. Arçelik (ARCLK) Ereğli Demir Çelik (EREGL) ve Ülker (ULKER) ise en düşük performans sergileyen işletmeler olmuştur. Araştırmada hiçbir işletmenin tam puana ulaşamadığı görülmüştür. Duyarlılık analizi sonuçları da TOPSIS yöntemi ile benzer sonuçlar göstermiştir.

Özgünlük: Çalışmada bu yeni ekonomi modelinin ülkemizdeki farkındalığını görebilmek adına döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde (azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm...) bir gösterge seti belirlenmiş ve imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performansları ölçülmüştür. Literatürde daha çok makro (ülke) ve mezo (sektör) seviyede döngüsel performans ölçümü yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada firma verileri üzerinden mikro göstergeler ile işletme seviyesinde döngüsel performans ölçümü yapılarak literatüre katkı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Döngüsel Ekonomi Göstergeleri, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi, TOPSIS.

JEL Kodları: O13, O44, Q01.

Circular Economy Performance on the Basis of Sustainable Development

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to compare the performance of the manufacturing industry enterprises in the Borsa Istanbul Sustainability Index over the determined circular economy indicators.

Methodology: In the study, the data collected from the corporate reports of the enterprises with the Content Analysis method were analyzed with the TOPSIS method. Sensitivity analysis was performed to see the effect of changes in the weights of the criteria in the model on decision making.

Findings: Vestel Beyaz Eşya (VESBE), Vestel Elektronik (VESTL) and Kordsa Teknik (KORDSA) were among the 18 enterprises in the analysis carried out on the 5 main circular economy criteria determined in the research, and the first three enterprises with the best cyclical performance. Arçelik (ARCLK), Ereğli Iron and Steel (EREGL) and Ülker (ULKER) were the companies with the lowest performance. In the research, it was seen that no business could reach the full score. Sensitivity analysis results also showed similar results with the TOPSIS method.

Originality: In this study, in order to see the awareness of this new economy model in our country, an indicator set was determined within the framework of circular economy principles (reduction, reuse, recycling...) and the circular economy performances of manufacturing enterprises were measured. In the literature, it is seen that cyclical performance measurements are mostly made at the macro (country) and meso (sector) level. In this study, a contribution to the literature has been made by measuring cyclical performance at the enterprise level with micro indicators on company data.

Keywords: Circular Economy, Circular Economy Indicators, BIST Sustainability Index, TOPSIS.

JEL Codes: O13, O44, Q01.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Karabük, Türkiye, meltemece@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5260-3925.

1. GİRİŞ

Dünyadaki tüketim oranının yaklaşık 8 kat arttığı günümüzde bu artış hızına bağlı olarak kaynak kullanımının da 2050 yılına kadar 3 kat artması beklenmektedir. Bu kullanım ve tüketim hızı ile devam edildiği takdirde işletmelerin 30 yıl sonra temel girdi kaynaklarını bile karşılamakta sorunlar yaşayacağı öngörülmektedir. Kaynakları kapalı bir döngü içerisinde tutarak daha uzun süre kullanımını, israfın azaltılmasını, enerji tasarrufunu ve atık yönetimini sağlamayı amaçlayan döngüsel ekonomi modeli (Döngüsel Ekonomi Rehberi, 2020) bu çözümlerle doğrusal ekonomi modeline alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

İngilizce take-make-dispose (al-kullan-at) şeklinde tanımlanan doğrusal ekonomi sanayi devrimi ile başlamış olan bir ekonomi modelidir. Sürekli bir ekonomik büyümeyi amaçlayan bu yaklaşım günümüze değin birçok çevre sorununu da beraberinde getirmiştir. Atık birikimi ve doğal kaynakların tükenmesi bu ekonomi modeli ile karşımıza çıkan en önemli çevresel sorunlardandır (Önder, 2018). Döngüsel ekonomi ise atıkları tasarlamayı, kaynak değerini en üst düzeye çıkarmayı, olumsuz etkiyi en aza indirmeyi ve ekonomik, çevresel ve sosyal sermaye oluşturmaya amaçlayan sistem yenilikleri aracılığıyla bu sorunlara potansiyel bir çözüm olarak giderek artan şekilde ilgi gören bir modeldir (Kristensen ve Mosgaard, 2020, Kirchherr ve diğerleri, 2017).

Çevresel bütünlük, sosyal adalet ve ekonomik refah sürdürülebilir kalkınmanın üç temel boyutudur. Döngüsel ekonomi de özellikle çevre kalitesine odaklanarak sürdürülebilir kalkınmanın bir tamamlayıcısı, bir bileşeni konumuna gelmiştir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile daha çok genel ekonomik durum, ekoloji ve sosyal refah gibi makro kavramlar üzerinde durulurken döngüsel ekonomi ile üretim, tüketim ve atık yönetimi gibi mikro konular üzerinde durulmaktadır (Ateş, 2021). Dünya ile entegre hareket etmek isteyen işletmeler için sürdürülebilir kalkınma temelinde döngüsel ekonomiye adım atmak önemli bir gereklilik olarak görülmektedir.

Döngüsel ekonomi akademisyenler ve uygulayıcılar arasında oldukça ilgi gören bir kavram olmasına rağmen, dünya genelinde döngüsel ekonomi konularının benimsenmesi ve uygulanması hala sınırlıdır (Ay Türkmen ve Kılıç, 2020). Henüz gelişme aşamasında olan döngüsel ekonomi literatürü incelendiğinde; Fura ve diğerleri (2020), Yılmaz (2022), Moraga ve diğerleri (2019) çalışmalarında makro göstergeler üzerinden döngüsel performans ölçümüne ilişkin araştırmalar yapan, Shuaib ve diğerleri (2014), Azevedo ve diğerleri (2017), Moreno ve diğerleri (2021), daha çok mikro göstergeleri inceleyen araştırmalar olarak karşımıza çıkmıştır. Çalışmalarda ürünlerin, işletmelerin, sektörlerin döngüselliklerini ölçen araçların ve kriterlerin yeterince iyi tanımlanmadığı vurgulanmaktadır. Elia ve diğerleri (2016), çalışmalarında, döngüsel ekonomi literatürünün yalnızca %19'unun mikro (işletme, ürün) düzeyi incelediğini tespit etmişlerdir. Ekonomilerin lokomotif rolü üstelenen işletmelerin döngüsel ilerlemelerini ölçebilmek için daha fazla araştırmaya ve göstergelere ihtiyaç duyulduğu aşikardır. Bu noktadan hareketle yukarıda ifade edilen benzer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda (yeniden tasarlama, azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm...) yeni ekonomi modelinin ülkemizdeki öncelikli sektörlerden imalat sanayindeki farkındalığını görebilmek adına mikro ölçekli bir gösterge seti belirlenmiş ve Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performansları ölçülmüştür.

İşletmelerin verimlilik anlayışları "daha azla daha fazla yapmak" ilkesi temelinde şekillenmiştir. Döngüsel ekonomi ilkeleri ile daha az hammadde ve malzeme kullanımı, daha yoğun ve işlevsel ürün üretimi, atık materyallerin döngü içerisinde ikincil hammadde olarak kullanılması gibi doğru atık yönetimi politikalarıyla işletmeler için her aşamada bir verimlilik artışı söz konusu olacaktır. İşletmeler bu çözümler doğrultusunda kıt olan doğal kaynakları (enerji, su gibi) daha verimli kullanarak, israfı azaltarak ve atıkları değerli hale getirerek hem çevre için hem de kendileri için bir kazan kazan ortamı yaratacaklardır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda 2020 yılında endekste yer alan ve araştırmaya dahil edilen 18 işletmenin döngüsel ekonomi performansları TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin kavramsal çerçeveye yer verilmiştir. İkinci bölüm literatür taramasına ayrılmış ve izleyen bölümde performans karşılaştırmasına yer verilmiştir.

2. DÖNGÜSEL EKONOMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Doğrusal ekonominin dezavantajlarından (atık, emisyon, kaynakların azalması) kurtulabilmek için döngüsel ekonomiye evrilmek ve bu geçişte sürdürülebilirlik konularına odaklanan uygun göstergelere ihtiyaç olduğunu söylemek mümkündür (Huysman ve diğerleri, 2017). Döngüsel ekonomi anlayışı, sürdürülebilirliğin gelişmesinin bir sonucudur. Sürdürülebilir kalkınma kavramının kökleri, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik etmeye dayanmaktadır (Banaité ve Tamošiūnienė, 2016).

Tarihsel süreç içerisinde endüstrilerdeki değişim ve dönüşümler nedeniyle üretim ve tüketim süreçlerinde de değişiklikler yaşanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Kıt kaynakların sınırsız insan ihtiyaçlarını karşılamasında yaşanan dengesizlik, üretim-tüketim süreçlerindeki al-kullan-at anlayışı nedeniyle-yani doğrusal ekonomi ile- daha da büyük bir çıkmaza girmektedir. Bu nedenle gelecekte al-yeniden kullan-dönüştür-azalt anlayışının gelişmesinin -yani döngüsel ekonomi anlayışının-benimsenmesinin, toplumların sürdürülebilirliğini sağlamaya olan katkısı oldukça fazla olacaktır (Kristensen ve Mosgaard, 2020).

Sürdürülebilir kalkınma anlayışının doğrusal ekonomi yaklaşımı ile gerçekleştirilmesinin mümkün olmaması mavi ekonomi, yeşil ekonomi, biyoekonomi ve döngüsel ekonomi gibi yeni ekonomik yaklaşımların ortaya çıkışını sağlamıştır. Bu ekonomik yaklaşımlar sayesinde atık yönetimi, enerji ve hammadde verimliliği sağlanacak ve böylece çevreye zarar vermeden kaliteli istihdam ile sürdürülebilir ekonomik büyümenin teşvik edilmesi mümkün olacaktır (Ay Türkmen ve Kılıç, 2020).

Literatürde farklı tanımlamaları yapılmış olan döngüsel ekonomi kavramını basit birkaç tanım ile özetlemek mümkün görünmemektedir. Bu tanımlar döngüsel ekonomiyi vurgularken genellikle en çok azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme ve geri kazandırma kavramları üzerinde yoğunlaşmışlardır (Kirchherr ve diğerleri, 2017).

Doğrusal ekonominin sürdürülebilir bir alternatifi olarak da kabul edilen döngüsel ekonomi Singh ve Ordonez, (2016)'e göre kaynakların sorumlu ve döngüsel kullanımını teşvik eden şemsiye bir kavramdır (Moraga ve diğerleri, 2019). Döngüsel ekonomi için yapılan tanımlardan bazıları şöyledir:

- Hammadde verimliliğinin, çevre dostu üretimin ve atık yönetiminin yer aldığı bir üretim yapısını ifade etmektedir (Ateş, 2021).
- Atıkları tasarlamayı, kaynak verimliliğini artırmayı ve ekonomi, çevre ve toplum arasında daha iyi bir denge sağlamayı amaçlayan sistemdir (Kristensen ve Mosgaard, 2020).
- Sürdürülebilir kalkınma için bir adım olan döngüsel ekonomi doğal kaynakların azaltılması ve yeniden dolaşımı yoluyla ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıldığı sürdürülebilir bir ekonomik sistemdir (Corona ve diğerleri, 2019).
- "Kaynakların ekonomi içinde mümkün olduğunca uzun süre kalmasını sağlayan, fiziksel kaynakların katma ve içsel değerini koruyan ve hammadde tüketimini, atığı ve değer zinciri risklerini en aza indirmek amacıyla kullanım ömrünün sonunda değeri yakalayan bir piyasa ekonomisidir" (Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu, 2022).
- Avrupa Birliği'ne göre döngüsel ekonomi, ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerinin ekonomide mümkün olduğunca uzun tutulması, korunması ve atık üretiminin minimum seviyede olması için malzeme ve hizmetleri verimli bir şekilde kullanmayı amaçlayan bir yaklaşımdır (Döngüsel Ekonomi Rehberi,2020).
- Sürdürülebilir kalkınmanın temelinde faaliyet göstererek azaltım, yeniden kullanım ve geri dönüşüm ilkelerinin kabul edildiği döngüsel ekonomi, ürün yaşam ömrünün arttırılmasına ve ürün yaşam ömrünün her sürecinde söz konusu süreçlerin işlemesine dayanmaktadır (Önder, 2018).

Sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olan sürdürülebilir üretim aracılığıyla döngüsel ekonomiyi sağlamak mümkün görünmektedir. Sürdürülebilir üretim sayesinde çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması, enerjinin ve kaynakların korunması sağlanacaktır. Döngüsel ekonomi sayesinde sürdürülebilir üretim uygulamaları daha uygulanabilir hale gelmektedir. Yeniden kullanmak, yeniden üretmek atıkların geri dönüşümü sürdürülebilir üretimin ve döngüsel ekonominin ortak noktalarıdır (Moktadir ve diğerleri, 2018).

Döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için uygun bir çözüm olarak giderek daha fazla önerilmektedir (Saidani ve diğerleri, 2019). Ekonomide döngüsellığı sağlamak için R stratejileri olarak da bilinen döngüsel ekonomi ilkeleri geliştirilmiştir. R ön eki kullanılarak döngüsel ekonomiye ilişkin araştırmacılar tarafından birçok ilke tanımlanmıştır. Döngüsel ekonomi ilkeleri literatürde ilk olarak 3R Reduce (azalt), Reuse (yeniden kullan) ve Recycle (geri dönüştür) şeklinde kabul görmüştür (Kirchherr ve diğerleri, 2017). Daha sonra 4R, 5R 6R ve 9R şeklinde yeni ilkeler eklenmiştir. Temel ilkelere ek olarak literatürde farklı araştırmacılar tarafından önerilen diğer ilkeler; refuse (reddetme), rethink (yeniden düşünme), repair (tamir etme), remanufacture (yeniden üretme), recover of energy (enerjiyi dönüştürme), renovation (yenileştirme), refurbish (yenileme), repurpose (amacı yenilemek) şeklindedir (Yan ve Feng, 2014; Van Buren ve diğerleri, 2016; Potting ve diğerleri, 2017; Reike ve diğerleri 2018; Akarsu, 2021).

Tablo 1. Döngüsel ekonomi ilkeleri

Kod	İlkeler	Açıklama
R1	Azalt (Reduce)	Daha az doğal kaynak ve malzeme tüketerek verimliliği arttırmak
R2	Yeniden Kullan (Reuse)	Atık hale gelmemiş bir ürünü üretime amacına uygun olarak yeniden kullanmak
R3	Tamir Et (Repair)	Ürünün bakım ve tamirini yaparak orijinal haline dönüştürmek
R4	Reddet (Refuse)	Ürünün kullanımından vazgeçmek ya da işlevi farklı bir şekilde sunarak (ör;dijital) ürünü gereksiz hale getirmek
R5	Yeniden Düşün (Rethink)	Çok fonksiyonlu ürünler üreterek daha yoğun ürün kullanımı sağlamak
R6	Yenile (Refurbish)	Eskimiş ürünleri mevcut kalitede kullanılabilir hale getirmek
R7	Geri Dönüştür (Recycle)	Atık hale gelmiş ürünleri farklı ürünlerde kullanılmak üzere materyallerine ayırmak ve ortaya çıkan hammadde malzemeleri döngü içinde tutarak geri kazanmak
R8	Yeniden Üret (Remanufacture)	Atık üründen elde edilen materyalleri yeni bir ürün için kullanmak
R9	Başka Bir Amaca Uygun Hale Getir (Repurpose)	Atık bir ürünü ya da materyali farklı fonksiyonları olan yeni bir üründe kullanmak

Kaynak: Döngüsel Ekonomi Rehberi (2020)

Tablo 1’de döngüsel ekonomi ilkelerinin açıklamalarına yer verilmiştir. Daha kapsamlı döngüsel ekonomi modeli, eko-tasarım, onarım, yeniden kullanım, yenileme, yeniden üretim, ürün paylaşımı, atık önleme ve atık geri dönüşüm ilkelerinden oluşur (Banaité ve Tamošiūnienė, 2016).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Döngüsel ekonomi kavramına ilişkin gelişmekte olan bir literatürden bahsetmek mümkündür. Özellikle son yıllarda popülerlik kazanmış olan döngüsel ekonomi kavramına ilişkin yapılan çalışmalarda artış görülmektedir.

Döngüsel ekonomiye ilişkin literatür incelendiğinde makro (ulusal ölçekte) ve mikro (işletme ölçeğinde) performans analizleri, kavrama ilişkin literatür araştırmaları, döngüsel performans ölçümüne ilişkin geliştirilen endeksler/göstergeler sunulduğu görülmektedir. Makro ölçek kullanılan çalışmalara örnek olarak; Fura ve diğerleri (2020) çalışmalarında, 28 Avrupa Birliği (AB) ülkesinin döngüsel ekonomi ilerleme düzeyini Eurostat göstergelerini kullanarak test etmiştir. Benelüks ülkelerinde yüksek döngüsel ekonomi seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Yılmaz (2022) AB ülkelerinin döngüsel ekonomi performansını ölçtüğü çalışmasında Veri Zarflama Analizi kullanarak 2016-2018 yıllarına ilişkin Eurostat verileri ile ülke etkinliğine ilişkin karşılaştırma yapmıştır. Moraga ve diğerleri (2019), çalışmalarında mikro ölçekli ve AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı’na ait makro ölçekli göstergeler seçerek döngüsel ekonomiye ilişkin bir sınıflandırma çerçevesi hazırlamıştır. Bir gösterge setinin kullanılması önerilen çalışmada göstergelerin daha çok geri dönüşüm ve malzeme kullanımına odaklandığını belirtmişlerdir. Apaydın (2020) OECD ülkeleri üzerinde panel veri analizi kullanarak yaptığı çalışmasında ekonomik büyüme ile atık yönetimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ateş (2021) çalışmasında AB ülkelerinde döngüsel ekonomi kapsamında gayri safi yurt içi hasıla ile geri dönüşüm arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Panel veri analizinin kullanıldığı çalışmada ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyen oranların plastik atıkların ve eski otomobil atıklarının geri dönüşümü olduğu belirlenmiştir.

Literatürde mikro ölçekte araştırmalar yapan çalışmalara örnek olarak; Azevedo ve diğerleri (2017) imalat işletmeleri için sürdürülebilirlik ve döngüsellik bir arada ölçen beş aşamalı Sürdürülebilir Döngüsel Endeks modelini önermişlerdir. Göstergeler işletmelerin günlük faaliyetlerinde ve sürdürülebilirlik raporlarında kullanılan kriterlere/metodolojilere uygun olarak belirlenmiştir. Küresel Raporlama Girişimi (GRI) göstergeleri ve işletmelerin azaltma, geri dönüşüm, yeniden kullanım oranları ile yapılacak performans ölçümü için endekse dahil edilecek göstergelerden olmuştur. Model işletmelerin döngüsellik ve sürdürülebilirlik performanslarının ölçümü için bir rehber olarak ifade edilmiştir. Modelde ekonomik, sosyal çevresel ve döngüsel ekonomiye ilişkin çerçeveler sunulmaktadır. Yine Shuaib ve diğerleri (2014) çalışmalarında, ürünün yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirliğini değerlendirmek için Ürün Sürdürülebilirlik Endeksi sunmuşlardır. 6R ilkelerinin (azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme, geri kazanma, yeniden tasarlama ve yeniden üretim uygulamaları) temelinde ekonomik, çevresel, sosyal ana boyutlar için 49 gösterge belirlenmiştir. Geliştirilen model benzer iki elektronik bir ürün firması için test edilmiştir. Corona ve diğerleri (2019) çalışmalarında sürdürülebilirlik kavramına bağlı olarak döngüsel ekonominin nasıl ölçüleceğine dair bilgiler sunulmaktadır. Saidani ve diğerleri (2019), eko-tasarım ve sürdürülebilirlik (GRI) göstergelerinden esinlenerek 55 adet döngüsel ekonomi göstergesi belirlediği

çalışmalarında 10 kategori altında (seviye, döngüsellik ilkeleri, performans, perspektif, kullanım amacı, çaprazlık, boyut, birimler, format ve kaynak) göstergeleri sınıflandırmışlardır. 20 mikro (işletme düzeyi) gösterge üzerinden istatistiksel analizler yapılmıştır. Huysman ve diğerleri (2017) çalışmalarında, endüstriyel işlemlerden sonra oluşan plastik atıkların döngüsel ekonomi içerisindeki performansını ölçebilmek için göstergeler geliştirmişlerdir. Moreno ve diğerleri (2021) makro döngüsel ekonomi göstergelerinin mikro ölçekte de uygulanabilirliğini görebilmek adına uzman görüşleri aldığı (yarı yapılandırılmış mülakat ve anket) çalışmalarında, bu göstergelerin uzmanlarca işletmelerde de döngüsel ekonomiyi ölçebilecek olduğunu belirlemişlerdir. Belirlenen göstergeler İspanya Bask Bölgesi'nde yer alan işletmelerde test edilmiştir.

Sassanelli ve diğerleri (2019) ise literatür taraması yaparak mevcut döngüsel ekonomi performans değerlendirme yöntemlerinin tespitine ilişkin ve bir işletmenin döngüsel ekonomi performansını ölçmek için önerilerde bulunmuştur. Yine Figge ve diğerleri (2018), çalışmalarında hem uzun ömürlü kaynak kullanımını hem de döngüsellik için göstergeler belirlemişlerdir. Elia ve diğerleri (2016), daha çok sürdürülebilirliğin çevresel boyutuna odaklandıkları çalışmalarında, mikro düzeyde döngüsel ekonomi stratejileri ile daha eksiksiz bir metodoloji sunmuşlardır.

Kirchherr ve diğerleri (2017) çalışmalarında, döngüsel ekonomiye ilişkin 17 boyutta 114 tanımlı analiz ederek kavramın literatürde en çok azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm ifadelerine karşılık gelecek şekilde kullanıldığını belirtmişlerdir. Döngüsel ekonominin temel amacının ekonomik refah ve çevre kalitesi olmasına rağmen bu kavram ile sürdürülebilir kalkınma arasında çok az bağlantı kuran çalışma olduğu da ifade edilmiştir. Lieder ve Rashid (2016) çalışmalarında, tüm paydaşların dikkate alındığı döngüsel ekonomiyi kolektif bir şekilde uygulayabilmek için yukarıdan aşağıya (kamu kurumları) ve aşağıdan yukarıya (sanayi) çalışan bir yaklaşım önermişlerdir. Gedik (2020) çalışmasında döngüsel ekonomiyi teorik bir çerçeve kapsamında sunmuştur. Çalışmada döngüsel ekonomiye ilişkin farkındalığın, fırsatların ve zorlukların bir değerlendirmesi yapılmıştır. Yine Önder (2018) sürdürülebilir kalkınma temelinde döngüsel ekonomiye ilişkin bir çerçeve sunmuştur. Sauve ve diğerleri (2016) çalışmalarında, disiplinlerarası bir kavram olan döngüsel ekonominin araştırmacılar tarafından fırsatlarının, zorluklarının anlaşılmasına yardımcı olacak literatür araştırmalarına yer vermişlerdir. Fidan (2020) çalışmasında, temiz üretim, ekotasarım-endüstriyel simbiyoz araçlarıyla ülkemizdeki sürdürülebilir sanayi politikalarının mevcut durumunu STK, özel sektör ve kamu üzerinden incelemiş ve belirli performans göstergelerinin hazırlanarak sanayi alanında ölçüm yapılmasını vurgulamıştır. İlhan (2021), çevresel sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında, döngüsel ekonominin çevresel sürdürülebilirliğin boyutları üzerindeki işlevselliğine odaklanılmıştır. Döngüsel ekonomi stratejileri içerisinde yer alan doğal kaynakları koruma, yenilenebilir enerji, sürdürülebilir ürün kullanımı, geri dönüşüm, sıfır atık kavramlarının çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığı belirtilmiştir. Ay Türkmen ve Kılıç (2020) çalışmalarında, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı olan döngüsel ekonomiye ilişkin literatür araştırması sunmuşlardır. Sapmaz Veral (2019) döngüsel ekonomi modelini ve sistemin temelini oluşturan döngüleri incelediği literatür araştırmasında atık yönetimi kapsamında değerlendirmeler sunulmaktadır.

Literatürde döngüsel ekonomiye ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde kavram ve uygulama modellerine ilişkin kapsamlı çalışmalar yer alsa da ürünlerin, işletmelerin, sektörlerin döngüselliklerini ölçen araçların, kriterlerin yeterince iyi tanımlanmadığı görülmektedir (Moreno ve diğerleri, 2021). Elia ve diğerleri (2016) çalışmalarında, döngüsel ekonomi literatürünün seviye dağılımını incelemiş ve çalışmaların %56'sının makro düzeyi (ulusal), %25'inin mezo (sektör) düzeyi ve %19'unun mikro (işletme, ürün) düzeyi incelediğini tespit etmişlerdir. Toplumların, işletmelerin döngüsel ilerlemelerini ölçebilmek için göstergelere ihtiyaç olduğunu söylemek mümkündür (Figge ve diğerleri, 2018). Çalışmada performans ölçümünde çok kriterli karar vermek tekniklerinden Soy Temür (2022) ve Karahan ve Kızılcapan (2022) çalışmalarında önerildiği gibi TOPSIS yöntemi tercih edilmiş, yöntemde ihtiyaç duyulan kriter ağırlıkları da entropi yöntemi ile hesaplanmıştır.

AB Yeşil Mutabakatı, pandemi, iklim değişikliği, enerji vb. nedenlerle oldukça gündemde olan döngüsel ekonomi, ülkemizde de 2019 yılı itibarıyla sürdürülebilirlik adı altında uygulanmaya başlanmıştır. Özellikle de ihracat yapan ülkemiz işletmelerinin sürdürülebilirlik kapsamında döngüsel ekonomi uygulamaları gerçekleştirdiklerini görmek mümkündür (Balbay ve diğerleri, 2021). Ülkemizde de bu yeni ekonomik modele artan ilgi nedeniyle bu çalışmada döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde (azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm...) imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performansları ölçülerek literatüre katkı sunmak amaçlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

İmalat işletmeleri önemli bir hammadde tüketicisidir. Aynı zamanda da büyük ölçekte atık üreten kurumlardır. Yaşanan küresel sorunlar kaynak verimliliği ve atıkların geri dönüşümü başta olmak üzere birçok temel noktada imalat işletmelerinin de yeni iş modelleri geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Döngüsel

ekonomi modeli de işletmelerin faaliyetlerini sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde gerçekleştirmelerine imkan tanıyacak bir araç konumundadır. Bu nedenle de çalışmada Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi imalat işletmelerinin sürdürülebilirlik çerçevesinde hazırladıkları raporlar kullanılarak döngüsel ekonomi performans ölçümü yapılmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı Kapsamı ve Önemi

2015 AB Döngüsel Eylem Planı ile özellikle AB ülkeleri ve Çin gibi büyük ekonomilerde ulusal politikaların değiştiği yeni bir dönem başlamıştır. Ülkemizde de döngüsel ekonomi alanındaki gelişimin boyutunun ve etkisinin analiz edilerek değerlendirilmesi, sorumlu üretim anlayışına sahip işletmelerin gelecekteki performansına da önemli katkı sağlayacaktır. Mikro ölçekte işletmelerin döngüsel ekonomi performanslarının ortaya konulması, mezo ölçekte sektörün ve makro ölçekte ülkelerin de döngüsel performanslarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu doğrultuda çalışmanın temel amacı, BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde 2020 yılında değerlemeye tabi tutulan imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performansını ölçmektir. Döngüsel ekonomi ilkeleri temel alınarak oluşturulan göstergeler ile yapılan performans ölçümü araştırmanın özgün tarafını oluşturmaktadır. Çalışma bu yönü ile literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

4.2. Materyal ve Yöntem

Döngüsel ekonomi modelinin ülkemiz için oldukça yeni bir kavram olması, bu konuya işletmelerin adaptasyonundaki eksiklik, döngüsel performansın ölçülmesi ve karşılaştırılması için gerekli, nitelikli verinin elde edilmesinde sıkıntı söz konusudur. Bu nedenle en son yayınlanmış olan 2020 yılı raporları kullanılarak performans ölçümü yapılmıştır.

Bu tarihlerde endeks değerlemesinde yer alan 21 işletme içinde AFYON, TATGD, PETKM işletmeleri kapsam dışında bırakılmıştır. Yapılan incelemelerde işletmelerin döngüsel ekonomiye ilişkin açıklamalarını hem sürdürülebilirlik raporlarında hem de entegre raporlarda açıkladıkları görülmüştür. Bu nedenle araştırmada 18 işletmenin bu kurumsal raporları üzerinden veri toplanmıştır. Çalışmada performans sıralaması yapılacak olan işletmeler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Çalışma kapsamında yer alan işletmeler (Alternatifler)

<i>İşletme Kodu</i>	<i>İşletme Adı</i>	<i>İşletme Kodu</i>	<i>İşletme Adı</i>
AEFES	Anadolu Efes	KORDS	Kordsa Global
ARCLK	Arçelik	KARDMR	Kardemir
AYGAZ	Aygaz	OTKAR	Otokar
BRISA	Brisa	TOASO	Tofaş Oto Fabrikaları
CCOLA	Coca-Cola	TUPRS	Tüpraş
CIMSA	Çimsa	TTRAK	Türk Traktör
EREGL	Ereğli Demir Çelik	ULKER	Ülker
FROTO	Ford Otosan	VESTL	Vestel Elektronik
KERVT	Kerevitaş Gıda	VESBE	Vestel Beyaz Eşya

Literatürde oldukça yaygın kullanılan içerik analizi yöntemi ile finansal olmayan bilgilerin analiz edilebilir hale dönüştürülmesi mümkün olmaktadır (Aras ve diğerleri, 2020). İşletmelerin döngüsel ekonomi açıklamaları da tıpkı sürdürülebilirlik açıklamaları gibi finansal olmayan veriler kapsamında değerlendirileceğinden çalışmada bu yöntem tercih edilmiştir. Nitel araştırma yöntemlerinden biri olan içerik analizi; bir metin içerisindeki belirli kelimelerin, kavramların veya nesnelerin var olup olmadığını analiz edebilmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu sayede istenilen kelimeler, kavramlar eserler içerisinde araştırılır ve bir çıkarımda bulunulur. İstenirse bu veriler sayısal bir veri haline de dönüştürülebilir. Son dönemde içerik analizi yöntemi işletmelerin sürdürülebilirlik raporlarının incelenmesinde çok fazla tercih edilen bir araç olmuştur (Aras ve diğerleri, 2016). Araştırmanın İçerik Analizi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. İçerik analizi sonuçları

İşletme	Enerji Tüketimi ve Verimliliği	Su Tüketimi ve Verimliliği	Emisyon ve Azaltım	Atık Yönetimi ve Azaltımı	Malzeme, Ürün ve Hizmet Verimliliği
AEFES	5	4	5	4	2
ARCLK	3	0	3	2	7
AYGAZ	6	3	4	4	1
BRISA	2	4	4	5	5
CCOLA	3	3	4	5	3
CIMSA	4	4	4	4	6
EREGL	3	1	2	4	3
FROTO	5	4	3	3	3
KERVT	5	3	3	2	3
KORDSA	5	4	4	4	6
KRDMD	3	3	5	4	4
OTKAR	5	3	5	3	1
TOASO	6	4	5	4	2
TUPRS	3	4	1	4	3
TTRAK	4	3	4	2	5
ULKER	5	2	5	2	4
VESTL	6	4	4	4	5
VESBE	6	4	5	4	3

Çalışmada içerik analizi yöntemi ile elde edilen veriler Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ile analize tabi tutulmuş ve işletmelerin döngüsel ekonomi performans karşılaştırması yapılmıştır. TOPSIS tekniğinin mantığı negatif ve pozitif ideal çözüm setleri belirlemektir. Yöntem ile alternatiflerin sıralanarak ideal çözüme göreceli yakınlık oluşturulur. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterini maksimize, maliyet kriterini minimize eden bir çözümdür. Negatif ideal çözüm ise fayda kriterini minimize maliyet kriterini maksimize eden bir çözümdür. En uygun alternatif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir (Akyüz ve diğerleri, 2011). TOPSIS de ağırlıklandırılmış matris için kullanılması gereken ağırlıklar Entropi yöntemi ile belirlenmiştir. Entropi; kriterlerin öneminin kendi özelliklerine bağlı olduğunu vurgulayan nesnel bir yöntemdir (Saraç ve Alptekin, 2017). Bu yöntemde karar vericinin öznel yargıları dikkate alınmaz, göstergelerin orijinal değerleri kullanılarak objektif bir ağırlıklandırma yapılır (Aras ve diğerleri, 2020). Shannon ve Weaver (1948) bilginin içerisinde yer alan belirsizlik olarak tanımladıkları entropi kavramını literatüre ilk öneren kaynak olmuştur. Sonrasında Wang ve Lee (2009) tarafından ağırlıklandırma için kullanımı önerilmiştir.

4.2.1. Entropi Yöntemi

Çalışmada Entropi ile ağırlıklandırma, basit matematiksel hesaplamalara dayanarak kriterler için nesnel karar alabilme imkânı tanıdığı için tercih edilmiştir. Entropi ile ağırlıklandırma için şu basamaklar sırası ile takip edilmiştir:

Adım 1. Değerlendirme matrisi düzenlenir. Satırlarda alternatifler (işletmeler) sütunlarda kriterler yer alacak şekilde değerlendirme matrisi düzenlenir (Eşitlik 1). Alternatifler m ile kriterler ise n ile temsil edilmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Kriterlerin fayda ve maliyet unsurları dikkate alınarak standardizasyonu yapılır. Farklı birimlerde yer alan kriterlerden oluşan bir matris söz konusu olduğu için fayda ve maliyet unsurları dikkate alınarak standardize işlemi uygulanır. Fayda ve maliyet unsurları için sırasıyla Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j(x_{ij})}{\max_j(x_{ij}) - \min_j(x_{ij})}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j(x_{ij}) - x_{ij}}{\max_j(x_{ij}) - \min_j(x_{ij})}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Matrisin standardize edilmiş hali R matrisi ile gösterilmektedir (Eşitlik 4).

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 3. Tüm göstergelerin entropi değerleri hesaplanır: R matrisi kullanılarak f_{ij} değerleri bulunur (Eşitlik 5). Daha sonra Eşitlik 6 ile kriterin entropi değeri hesaplanır.

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$e_j = \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln(f_{ij})}{\ln(m)}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Formülde \ln doğal logaritmayı temsil etmekte ve $-1/\ln(m)$ katsayısı $0 \leq E_j \leq 1$ olmasını sağlamaktadır. f_{ij} değerlerinin hepsinin aynı olduğu durumda indeks j 'nin Entropi değeri maksimum olup $e_j = 1$ değerini almaktadır.

Adım 4. Son adımda göstergelerin her birinin Entropi ağırlıkları hesaplanır: Üçüncü adımda elde edilen Entropi değerleri kullanılarak kriterlerin Entropi ağırlıkları Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanır.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{i=1}^m e_j}, \sum_{i=1}^n w_j = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Elde edilen Entropi ağırlıkları için yorum yapıldığında şunları söylemek mümkün olacaktır; daha yüksek Entropi ağırlığına sahip bir kriter karar almada daha önemlidir (Saraç ve Alptekin, 2017).

4.2.2. TOPSIS Yöntemi

Çalışmada TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin (işletmelerin) 3 boyutta ele alınan göstergeleri de tek boyuta indirgenmekte ve böylece döngüsel ekonomi performans karşılaştırması da yapılabilmektedir. Bir boyutta yüksek performansın döngüsel ekonomi performansında yüksekliği garanti etmesi söz konusu olmadığından üç boyutun açıklama sayıları kullanılarak entropi ağırlıkları hesaplanmış ve bu ağırlıklar TOPSIS'te kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımlarla uygulanır:

Adım 1. Karar matrisi oluşturulur: Çalışmada sıralanmak istenen karar noktaları işletmeler, karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri de kriterlerden oluşmaktadır. Karar matrisi Eşitlik 8'de gösterilmektedir. Matriste m karar noktası sayısını (işletme), n değerlendirme faktörü sayısını (göstergeler) temsil etmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 2. Karar matrisi standardize edilir: Her bir kriter değeri, o kriterin kareleri toplamının kareköküne bölünür ve böylece karşılaştırılabilir bir örnek elde edilir. Bu işlem Eşitlik 9'daki şekilde formüle edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Adım 3. Standardize edilmiş karar matrisi ağırlıklandırılır: Standardize edilmiş karar matrisi Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklarla çarpılır ve böylece ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir (Eşitlik 11 ve 12). Eşitlik 12'de yer alan V matrisi için göstergelerin ağırlıkları R matrisinde yer alan her bir değer ile çarpılmıştır. Göstergelerin ağırlıkları toplamı 1'e eşittir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (11)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Adım 4. Pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri oluşturulur: V matrisinin her bir sütununda maksimum ve minimum değerler belirlenir. Pozitif ideal çözüm kümesinde ağırlıklandırılmış matrisin sütunlarının maksimum değeri (Eşitlik 13), negatif ideal çözüm kümesinde ağırlıklandırılmış matrisin minimum değerleri (Eşitlik 14) kullanılır.

$$A^+ = \text{maksimum} (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+) \quad (13)$$

$$A^- = \text{minimum} (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-) \quad (14)$$

Adım 5. Uzaklık değerleri hesaplanır: Aşağıdaki formüller yardımıyla maksimum ve minimum ideal noktalara olan uzaklık değerleri hesaplanır. Öklit uzaklığı kullanılarak yapılan bu işlemde her bir alternatifin (işletmeleri) pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları belirlenir (Eşitlik 15 ve 16). Alternatif (işletme) sayısı kadar S_i^+ ve S_i^- hesaplanmış olmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

Adım 6. İdeal çözüme göre nispi yakınlık hesaplanır ve sıralama yapılır: Pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklar kullanılarak her bir alternatif için nispi yakınlık C_i^* hesaplanır. Bu hesaplama Eşitlik 17'de verilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

C_i^* değeri aralığında $0 \leq C_i^* \leq 1$ değere sahip olacaktır. $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını göstermektedir. TOPSIS yönteminin son aşamasında elde edilen değerler büyükten küçüğe doğru dizilerek alternatiflerin (işletmelerin) önem dereceleri belirlenmektedir. Sıralamada öncelik ideal çözüme olan yüksek yakınlık anlamına gelmektedir (Alptekin ve Şıklar, 2009).

4.3. Araştırma Süreci

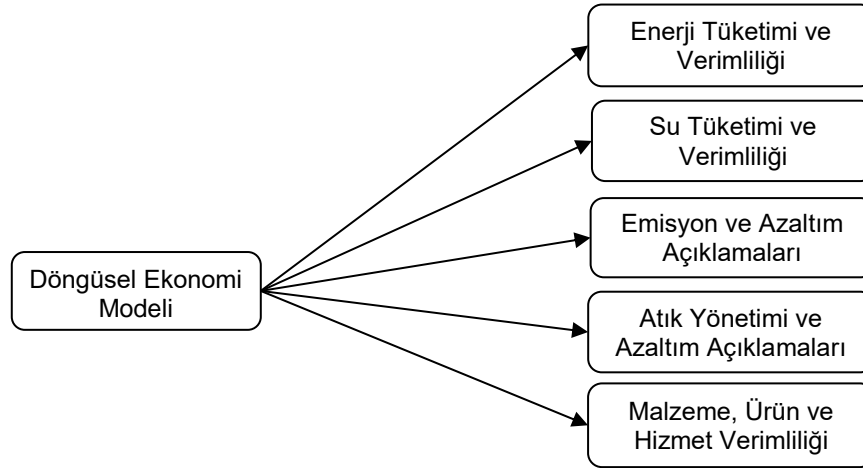
Araştırma kapsamında döngüsel ekonomi değerlemesinde kullanılmak üzere 33 gösterge belirlenmiştir. Göstergeler belirlenirken Küresel Raporlama Girişimi (GRI), Sürdürülebilirlik İlkesi Uyum Çerçevesi ve döngüsel ekonomi literatürü temel alınmıştır. Gösterge modeli Şekil 1'de gösterilmektedir. Çalışma kapsamında seçilen göstergeler, göstergelere ilişkin açıklamalar ve referanslar Tablo 4'te sunulmuştur. Veri toplanırken, raporlarda yer alan tüm cümleler tek tek okunarak ilgili gösterge ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca 2 uzman görüşü de alınarak kodlamanın doğruluğu teyit edilmiştir. Göstergelere ilişkin niteliksel/niceliksel bir açıklama bulunmaması durumunda "0", niteliksel/niceliksel bir açıklama bulunması durumunda "1" ile puanlanmıştır. Böylece tüm göstergelere ve boyutlara ilişkin açıklamalar kapsamında puanlar belirlenmiştir. Çalışmada bir işletmenin alabileceği maksimum puan 33 olacaktır. Araştırma bir yılı kapsadığı için açıklama sayılarının kullanılması karşılaştırabilirlik için uygundur. Yıllar itibari ile yapılan çalışmalarda ise açıklama sayılarına ilişkin puanlar yerine oransal değerler kullanılması yararlı olacaktır.

Tablo 4. Çalışma kapsamında yer alan göstergeler, açıklamaları ve ilişkili ilkeler

Gösterge	Açıklama	Kaynak	İlkeler
Enerji Tüketimi ve Verimliliği (K₁)			
Yenilenebilir Tüketimi	Enerji İşletmelerin yenilenebilir enerji miktarı hakkında nitel/nicel açıklamalar	GRI G4-EN6, EN7, EN31, Di Mario ve Ren (2015)	Azalt
Tüketilen Enerji Türleri	İşletmelerin kullandıkları enerji türleri hakkında nitel/nicel açıklamalar	G4-EN3	Azalt
Enerji Azaltmaya Girişimler	Tüketimini Yönelik Enerji tüketimini azaltmaya yönelik faaliyetler hakkında nitel/nicel açıklamalar	GRI G4-EN6, Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Chun-ron (2011)	Azalt
Yenilenemez Tüketimi (Kullanımı)	Enerji Yenilenemez enerji tüketimi nicel açıklamalar	G4-EN3, Azevedo ve diğerleri (2019)	Azalt
Enerji Verimliliği	Tasarrufu ve Enerji Enerji kullanımında verimliliğe ilişkin nitel/nicel açıklamalar	GRI G4- EN7, Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
Ürüne Göre Yoğunluk Oranı	Enerji İşletmelerin birim ürün için harcadıkları enerji açıklamaları	G4-EN5, Azevedo ve diğerleri (2019)	Azalt
Yenilenebilir Yatırımları	Enerji Yenilenebilir enerji yatırımları hakkında nitel/nicel açıklamalar	Ellen MacArthur Foundation (2015)	Yeniden Düşün, Yenileştir
Su Tüketimi ve Verimliliği (K₂)			
Su Tüketimi (Kaynaklarına Göre Kullanımı)	Su kullanım miktarlarına ilişkin niceliksel açıklamalar	GRI G4- EN8, Azevedo ve diğerleri (2019), Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Ma ve diğerleri (2014), Wen ve Meng, (2015), Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
Geri Kazanılan ve Yeniden Kullanılan Su Miktarı	Yeniden kazanılan su miktarlarına ilişkin niceliksel açıklamalar	G4-EN10, Di Mario ve Ren (2015), Elia ve diğerleri (2014), Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt, Yeniden Kullan
Atık Su Miktarı	Atık su miktarlarına ilişkin niceliksel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt, Yeniden Kullan
Ürüne göre su yoğunluk oranı	Bir ürün başına tüketilen su hakkında niceliksel açıklamalar	Azevedo ve diğerleri (2019)	Azalt
Su ayak izi	İşletmenin su ayak izi hesaplamaları hakkında yapılan nitel/nicel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
Emisyon ve Azaltım Açıklamaları (K₃)			
Sera Gazı (CO ₂) Emisyonu	İşletmenin toplam CO ₂ emisyonuna ilişkin niceliksel açıklamalar	GRI G4-EN 15-16, Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Elia ve diğerleri (2016), Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
CO ₂ için doğrudan ve dolaylı emisyon açıklamaları	İşletmenin doğrudan ve dolaylı CO ₂ emisyonuna ilişkin niceliksel açıklamalar	GRI G4-EN 15-16, Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Elia ve diğerleri (2016), Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
CO ₂ için azaltım açıklamaları	İşletmenin yıllar itibarıyla CO ₂ emisyonundaki azalmaya ilişkin niceliksel açıklamalar		Azalt
Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyonları	CO ₂ dışındaki diğer CH ₄ , SO ₂ vb. diğer emisyonlar hakkında niceliksel açıklamalar	G4-EN17, Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Elia ve diğerleri (2016), Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt
Ürüne Göre Yoğunluk Oranı	Karbon İşletmelerin birim ürünü için salınan CO ₂ hakkında niceliksel açıklamalar	Azevedo ve diğerleri (2019)	Azalt

Tablo 4. (Devamı)

Gösterge	Açıklama	Kaynak	İlkeler	
Atık Yönetimi ve Azaltım Açıklamaları (K₄)				
Geri Kazanılan Tehlikeli/Tehlikesiz Atık Miktarları	Tehlikeli/tehlikesiz geri kazanımı hakkında nitel/nicel açıklamalar	G4-EN25, Azevedo ve diğerleri (2019)	Azalt, Yeniden Kullan, Geri dönüştür	
Bertaraf edilen Tehlikeli/Tehlikesiz Atık Miktarları	Tehlikeli/tehlikesiz bertaraf edilen katı atık hakkında nitel/nicel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)		
Atık geri dönüşüm oranı	Tüm atıkların geri dönüşüm oranı hakkında niceliksel bilgi		Geri Dönüştür	
Atık türleri (cam, kağıt vb).	Atıkların türleri ve miktarları hakkında nitel/nicel açıklamalar		Azalt	
Sıcaklık, ışık, gürültü vb. diğer atık türleri	Bu atıklar hakkında yapılan nitel/nicel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt	
Sıfır Atık	İşletmelerin sıfır atık prosesi kapsamında yaptıkları nitel ve nicel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt	
Malzeme, Ürün ve Hizmet Verimliliği (K₅)				
Malzeme Kullanımı (HammaddeTüketimi)	Kullanılan hammadde/malzeme hakkında nitel/nicel açıklamalar	G4-EN1, Shuaib ve diğerleri (2014)	Azalt	
Hammadde/Malzeme verimliliği	Geri dönüştürülebilir ürün satış yüzdesi/ Dönüştürülmüş veya yeniden üretilmiş içerikten hammadde yüzdesi açıklamaları	Ellen MacArthur Foundation (2015), Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Quing, (2011)	Azalt, Geri Dönüştür	
Yeniden Kullanılan Malzeme Oranı	Ürünler için yeniden kullanılan malzeme hakkında niceliksel açıklamalar	Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Elia ve diğerleri (2016), Shuaib ve diğerleri (2014)	Yeniden Üret	
Ürünlerin Edilmesinde Dönüştürülmüş Kullanımı	Elde Geri Malzeme Üretiminde	Ürünlerde geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı hakkında niteliksel açıklamalar	G4-EN2, Azevedo ve diğerleri (2019), Linder ve diğerleri (2017), Shuaib ve diğerleri (2014)	Geri Dönüştür
Geri Dönüştürülebilir Ürün Üretimi	Geri Dönüştürülen ürün mevcudiyeti hakkında nitel/nicel açıklamalar	G4-EN28, Shuaib ve diğerleri (2014)	Geri Dönüştür	
Geri Dönüştürülen Ambalaj Kullanımı	Geri Dönüştürülen ambalaj hakkında nitel/nicel açıklamalar	G4-EN28, Shuaib ve diğerleri (2014)	Geri Dönüştür	
Yaşam döngüsü sonunda geri kazanılan ürün oranı	İşletmelerin yaşam döngüsü sonunda geri kazanılan ürünleri için yaptıkları nitel/nicel açıklamalar	Shuaib ve diğerleri (2014)	Geri Dönüştür	
Ürünlerin bakımı ve onarımı	İşletmelerin ürünlerin arıza, bakım onarım vb. nitel/nicel açıklamaları	Shuaib ve diğerleri (2014)	Yeniden dönüştür	
Yeniden Üretim	Kullanılan Ürün	Yeniden kullanılan ürün mevcudiyeti hakkında nitel/nicel açıklamalar	Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Elia ve diğerleri (2016), Chun -ron (2011), Shuaib ve diğerleri (2014)	Yeniden Kullan
Lojistik Çevresel Azaltmaya Girişimler	Faaliyetlerin Etkilerini Yönelik	Lojistik faaliyetlerden kaynaklanan çevresel etki açıklamaları	GRI G4-EN30	Azalt



Şekil 1. Döngüsel ekonomi modeli

5. BULGULAR

İçerik analizi ile toplanan verilerin ilk olarak entropi yöntemi ile ana kriterleri üzerinden ağırlıkları hesaplanmış ve bu ağırlıklar TOPSIS yöntemi ile performans sıralaması için kullanılmıştır. Son olarak kriterlerin ağırlıkların karar alma üzerindeki hassasiyetini görebilmek adına çeşitli senaryolar üzerinden duyarlılık analizi yapılmıştır.

5.1. Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tablo 2’de yer alan açıklama sayıları Eşitlik 1 yardımıyla ilk aşamasında alternatiflerin ve kriterlerin yer aldığı değerlendirme matrisine dönüştürülür ve Eşitlik 2 ve 3 kullanılarak Tablo 5’te yer alan normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

Tablo 5. Normalize edilmiş karar matrisi

Alternatif/Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
AEFES	0,25	0,00	0,00	0,33	0,83
ARCLK	0,75	1,00	0,50	1,00	0,00
AYGAZ	0,00	0,25	0,25	0,33	1,00
BRISA	1,00	0,00	0,25	0,00	0,33
CCOLA	0,75	0,25	0,25	0,00	0,67
CIMSA	0,50	0,00	0,25	0,33	0,17
EREGL	0,75	0,75	0,75	0,33	0,67
FROTO	0,25	0,00	0,50	0,67	0,67
KERVT	0,25	0,25	0,50	1,00	0,67
KORDSA	0,25	0,00	0,25	0,33	0,17
KRDMD	0,75	0,25	0,00	0,33	0,50
OTKAR	0,25	0,25	0,00	0,67	1,00
TOASO	0,00	0,00	0,00	0,33	0,83
TUPRS	0,75	0,00	1,00	0,33	0,67
TTRAK	0,50	0,25	0,25	1,00	0,33
ULKER	0,25	0,50	0,00	1,00	0,50
VESTL	0,00	0,00	0,25	0,33	0,33
VESBE	0,00	0,00	0,00	0,33	0,67

Eşitlik 5 ve 6 yardımıyla tüm kriterlerin entropi değerleri hesaplanır. Tablo 6’da belirtildiği gibi Eşitlik 7 kullanılarak da kriterlerin her birinin entropi ağırlıkları hesaplanır.

Tablo 6. Kriter ağırlıkları

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
0,1727	0,3947	0,2488	0,1124	0,0714

Objektif bir değerlendirme sunan Entropi yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarına bakıldığında en fazla ağırlığa sahip olan kriterin Su Tüketimi ve Verimliliği kriteri olduğu görülmektedir.

5.2. TOPSIS Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Entropi yönteminde kullanılan karar matrisi Eşitlik 9 yardımıyla standardize edilir. Araştırmadaki kriterlerin tümü fayda kriteri olduğundan alternatiflerin kriter değerleri buldukları sütundaki en yüksek kriter değerine bölünerek Tablo 7'de normalize edilmiş karar matrisi sunulmuştur.

Tablo 7. Normalize edilmiş karar matrisi

Alternatif/Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
AEFES	0,258	0,281	0,292	0,256	0,117
ARCLK	0,155	0,000	0,175	0,128	0,410
AYGAZ	0,310	0,211	0,233	0,256	0,059
BRISA	0,103	0,281	0,233	0,320	0,293
COLLA	0,155	0,211	0,233	0,320	0,176
CIMSA	0,207	0,281	0,233	0,256	0,351
EREGL	0,155	0,070	0,117	0,256	0,176
FROTO	0,258	0,281	0,175	0,192	0,176
KERVT	0,258	0,211	0,175	0,128	0,176
KORDSA	0,258	0,281	0,233	0,256	0,351
KRDMD	0,155	0,211	0,292	0,256	0,234
OTKAR	0,258	0,211	0,292	0,192	0,059
TOASO	0,310	0,281	0,292	0,256	0,117
TUPRS	0,155	0,281	0,058	0,256	0,176
TTRAK	0,207	0,211	0,233	0,128	0,293
ULKER	0,258	0,140	0,292	0,128	0,234
VESTL	0,310	0,281	0,233	0,256	0,293
VESBE	0,310	0,281	0,292	0,256	0,176

Tablo 6'da yer alan kriter ağırlıkları kullanılarak Eşitlik 12'de belirtildiği gibi ağırlıklandırılmış standardize karar matrisi elde edilir. Eşitlik 13 ve 14 yardımıyla da pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri belirlenir.

Tablo 8. Ağırlıklandırılmış standardize karar matrisi ve pozitif-negatif ideal çözüm kümeleri

Alternatif/Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
AEFES	0,0446	0,1108	0,0725	0,0288	0,0084
ARCLK	0,0268	0,0000	0,0435	0,0144	0,0292
AYGAZ	0,0535	0,0831	0,0580	0,0288	0,0042
BRISA	0,0178	0,1108	0,0580	0,0360	0,0209
CCOLA	0,0268	0,0831	0,0580	0,0360	0,0125
CIMSA	0,0357	0,1108	0,0580	0,0288	0,0251
EREGL	0,0268	0,0277	0,0290	0,0288	0,0125
FROTO	0,0446	0,1108	0,0435	0,0216	0,0125
KERTV	0,0446	0,0831	0,0435	0,0144	0,0125
KORDSA	0,0446	0,1108	0,0580	0,0288	0,0251
KRDMD	0,0268	0,0831	0,0725	0,0288	0,0167
OTKAR	0,0446	0,0831	0,0725	0,0216	0,0042
TOASO	0,0535	0,1108	0,0725	0,0288	0,0084
TUPRS	0,0268	0,1108	0,0145	0,0288	0,0125
TTRAK	0,0357	0,0831	0,0580	0,0144	0,0209
ULKER	0,0446	0,0554	0,0725	0,0144	0,0167
VESTL	0,0535	0,1108	0,0580	0,0288	0,0209
VESBE	0,0535	0,1108	0,0725	0,0288	0,0125
Negatif İdeal	0,0178	0,0000	0,0145	0,0144	0,0042
Pozitif İdeal	0,0535	0,1108	0,0725	0,0360	0,0292

Tablo 9'da alternatiflerin (işletmelerin) ideal çözüme yakınlıklarının bulunabilmesi için Eşitlik 15, 16 ve 17 sırası ile uygulanmıştır.

Tablo 9. Sürdürülebilirlik endeksi imalat sanayi işletmelerin TOPSIS yöntemi ile sıralanması

İşletmeler	$\sum (V_{ij}-V_j^+)^2$	$\sum (V_{ij}-V_j^-)^2$	S_i^+	S_i^-	C_i^*	Sıralama
AEFES	0,0006	0,0166	0,0238	0,1288	0,8439	5
ARCLK	0,0143	0,0016	0,1196	0,0394	0,2477	18
AYGAZ	0,0017	0,0103	0,0407	0,1014	0,7135	11
BRISA	0,0016	0,0149	0,0394	0,1221	0,7561	8
CCOLA	0,0020	0,0094	0,0444	0,0970	0,6860	13
CIMSA	0,0006	0,0151	0,0245	0,1230	0,8342	6
EREGL	0,0098	0,0013	0,0992	0,0365	0,2690	17
FROTO	0,0014	0,0140	0,0375	0,1182	0,7590	7
KERTV	0,0024	0,0085	0,0493	0,0924	0,6519	14
KORDSA	0,0004	0,0155	0,0190	0,1246	0,8680	3
KRDMD	0,0017	0,0107	0,0411	0,1035	0,7156	10
OTKAR	0,0017	0,0110	0,0410	0,1051	0,7193	9
TOASO	0,0005	0,0171	0,0221	0,1309	0,8556	4
TUPRS	0,0044	0,0126	0,0664	0,1124	0,6285	15
TTRAK	0,0018	0,0094	0,0428	0,0970	0,6938	12
ULKER	0,0038	0,0073	0,0614	0,0855	0,5820	16
VESTL	0,0003	0,0159	0,0182	0,1262	0,8738	2
VESBE	0,0003	0,0172	0,0182	0,1311	0,8782	1

Analiz sonucuna göre VESBE işletmesi en yüksek dögüsel performansa sahip olan işletme olmuştur. Bu işletmeyi sırasıyla VESTL ve KORDSA işletmeleri takip etmektedir. En düşük performans sergileyen üç işletme ise sırasıyla ULKER, EREGL ve ARCLK olmuştur.

5.3. Duyarlılık Analizi

Çalışmada Entropi yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıklarının değişmesi durumunda alternatiflerin sıralamasının bu değişikliklere ne kadar duyarlı olduğunu belirlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. 5 farklı kombinasyon oluşturularak her durum için yeniden TOPSIS hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 10'da kriterlere verilen ağırlıklar ve Tablo 11'de bu ağırlıklara göre hesaplanan C_1^* değerleri ve sıralamalar yer almaktadır. Duyarlılık analizinin grafiksel gösterimine Şekil 2'de yer verilmiştir.

Tablo 10. Kriterlere verilen farklı ağırlıklar

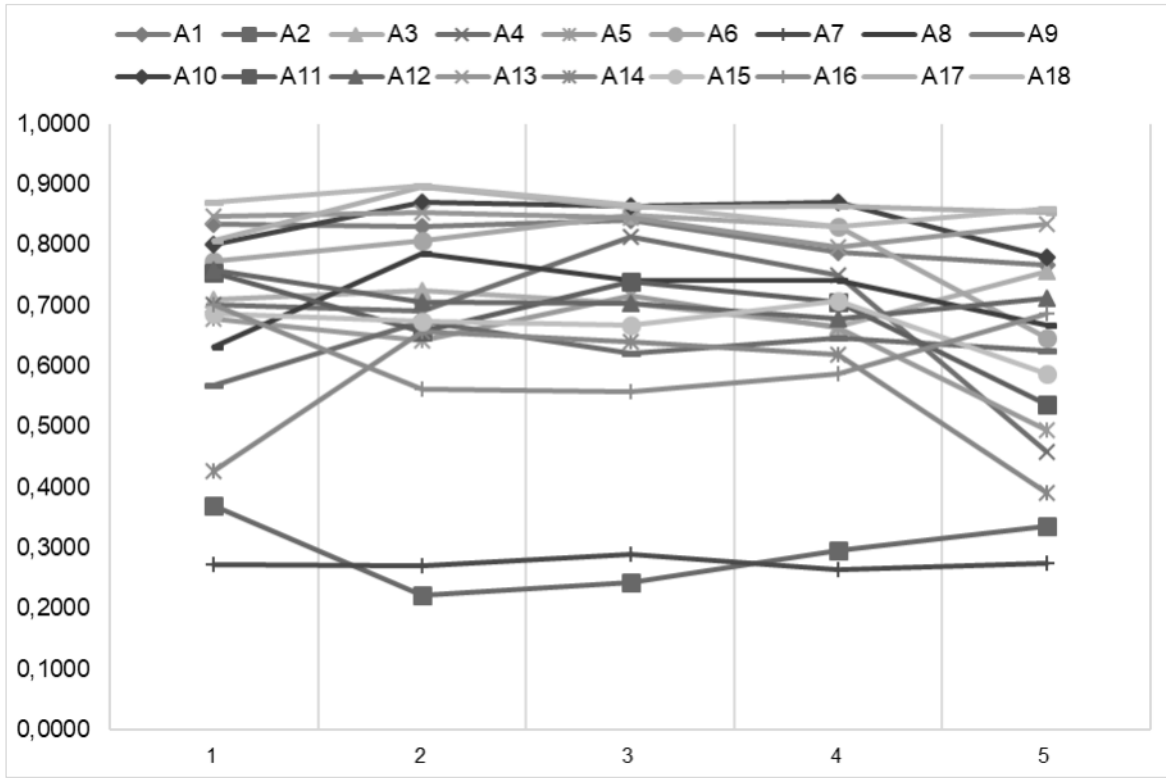
Durum	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
Analiz	0,1727	0,3947	0,2488	0,1124	0,0714
1	0,1727	0,2488	0,3947	0,1124	0,0714
2	0,2488	0,3947	0,1727	0,1124	0,0714
3	0,1124	0,3947	0,2488	0,1727	0,0714
4	0,1727	0,3947	0,2488	0,0714	0,1124
5	0,3947	0,1727	0,2488	0,1124	0,0714

Kombinasyonlar oluşturulurken ilk olarak en büyük kriter ağırlığı kendisinden bir küçük ağırlık ile değiştirilmiştir. Bu şekilde 4 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Sonrasında her bir kriterin ağırlığı bir diğeriyle değiştirilerek toplamda 10 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Benzer sıralamaların görülmesi nedeni ile çalışmada ilk 5 kombinasyonun sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 11. Duyarlılık analizi sonuçları

Alt./Durum	Analiz	Sıra	1	Sıra	2	Sıra	3	Sıra	4	Sıra	5	Sıra
AEFES	0,8439	5	0,8338	3	0,8302	5	0,8405	6	0,7889	6	0,7660	5
ARCLK	0,2477	18	0,3703	17	0,2226	18	0,2435	18	0,2959	17	0,3355	17
AYGAZ	0,7135	11	0,7090	10	0,7241	8	0,7045	11	0,6660	12	0,7570	6
BRISA	0,7561	8	0,7020	11	0,6901	10	0,8134	7	0,7509	7	0,4591	15
CCOLA	0,6860	13	0,6782	13	0,6427	15	0,7169	10	0,6631	13	0,4939	14
CIMSA	0,8342	6	0,7728	6	0,8068	6	0,8486	4	0,8301	4	0,6475	10
EREGL	0,2690	17	0,2717	18	0,2694	17	0,2890	17	0,2638	18	0,2751	18
FROTO	0,7590	7	0,6307	14	0,7862	7	0,7421	8	0,7420	8	0,6679	9
KERVT	0,6519	14	0,5687	15	0,6735	11	0,6211	15	0,6471	14	0,6251	11
KORDSA	0,8680	3	0,8011	5	0,8711	3	0,8637	2	0,8707	1	0,7789	4
KRDMD	0,7156	10	0,7549	7	0,6574	14	0,7402	9	0,7051	10	0,5361	13
OTKAR	0,7193	9	0,7582	8	0,7047	9	0,7025	12	0,6779	11	0,7113	7
TOASO	0,8556	4	0,8465	2	0,8542	4	0,8453	5	0,7973	5	0,8355	3
TUPRS	0,6285	15	0,4257	16	0,6579	13	0,6400	14	0,6186	15	0,3901	16
TTRAK	0,6938	12	0,6867	12	0,6732	12	0,6677	13	0,7087	9	0,5869	12
ULKER	0,5820	16	0,7011	9	0,5617	16	0,5571	16	0,5872	16	0,6873	8
VESTL	0,8738	2	0,8071	4	0,8953	2	0,8611	3	0,8637	2	0,8541	2
VESBE	0,8782	1	0,8703	1	0,8970	1	0,8659	1	0,8308	3	0,8607	1

Tablo 11'de yer alan TOPSIS sonuçları incelendiğinde 1,2,3 ve 5 durumları ile karşılaştırıldığında en iyi performansın analiz sonucunda olduğu gibi VESBE işletmesinde olduğu görülmektedir. Yalnızca 4. Durum ortaya çıktığında VESBE işletmesinin sıralamasının 3'e kaydığı görülmektedir. Bu durum gerçekleşirse VESBE işletmesinin yakınlık katsayısının $C_1 = 0,8303$ puana düştüğü görülmektedir. Analiz sonucunda 2. Sırada yer alan VESTEL işletmesi de 4 farklı durumda yine ikinci sırada yer alan işletme olmuştur. Analizde son sıralarda yer alan ARCLK, EREGL işletmelerinin tüm durumlarda yine sıralamanın sonlarında yer alan işletmeler olduğu da görülmektedir. Sıralamalardaki değişimlerin en çok 4 durumu ortaya çıktığında görüldüğünü söylemek mümkündür. 4 numaralı kombinasyon en düşük kriter ağırlığına sahip Malzeme, Ürün ve Hizmet Verimliliği kriterinin değişikliğinin, bir diğer düşük ağırlık olan Atık Yönetimi kriterinin ağırlığı ile değiştirildiğinde gerçekleşen durumdur. Bu kriterlerin ağırlıkları düşük olmasına rağmen sıralama üzerinde etkili olduklarını söylemek mümkündür. 1,2, 3 ve 5 durumlarında ise nispeten daha benzer sıralamalar söz konusudur.



Şekil 2. Duyarlılık analizi sonuçları

Şekil 2'de görüldüğü gibi TOPSIS sonuçları ve duyuruluk analizi sonuçları büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. VESBE (A18) işletmesi 4 durumda da birinci sırada yer alan işletme olmuştur. ARCLK (A2) ve ERGL (A7)'de son sıralarda yer alan işletmeler olmuştur.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Gezeganimizde doğal kaynakların sınırlı oluşu, iklim ve çevre sorunlarının artması vb. birçok nedenle mevcut doğrusal ekonomi anlayışının daha fazla sürdürülemez olduğu aşikardır. Geleceğin ekonomisi olarak görülen döngüsel ekonomi, sürdürülebilir refaha doğru evrimi destekleyen ve bu şekilde ekonomik, sosyal ve çevresel boyutların kavşağında bütünleştirici bir çaba haline gelen yeni bir iş modelidir. Sürdürülebilir tasarımdan başlayıp, sürdürülebilir ürünler üreterek ekonomik, çevresel ve sosyal fayda sağlamak isteyen sorumlu işletmeler için de oldukça popüler bir çalışma alanı haline gelmiştir.

Hammaddeden atık geri dönüşümüne kadar her aşamada sürdürülebilirliğin önemli olduğu imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performanslarının ölçümü bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmada sürdürülebilirlik endeksinde yer alan imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performans ölçümü için döngüsel ekonomi literatürü temel alınarak gösterge seti belirlenmiştir. İmalat işletmelerinin belirlenen göstergeler üzerinden performans ölçümleri yapılmıştır. TOPSIS yöntemi kullanılarak performans sıralaması yapıldığında ilk üçte yer alan işletmeler VESBE, VESTL ve KORDSA olmuştur. ULKER, EREGL ve ARCLK ise en düşük performans sergileyen işletmeler olmuştur. Araştırmada hiçbir işletmenin tam puana ulaşamadığı görülmüştür. Çalışmada kriterlerin farklı ağırlıklar aldığı durumda alternatiflerin sıralamasında meydana gelebilecek değişiklikleri göstermek için duyuruluk analizi yapılmıştır. Analizde 5 farklı kombinasyon üzerinden TOPSIS yöntemi ile yeniden hesaplama yapılmış ve her durum için yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Duyuruluk analizi sonuçları da TOPSIS sıralamasını destekler niteliktedir. 5 kombinasyon sonucunun 4'ünde VESBE işletmesi ilk analizde olduğu gibi ilk sırada yer alan işletme olmuştur.

BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer alan imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performanslarının ölçülmesi, analiz edilmesi ve karşılaştırılması sektöre yönelik karar alacak tüm paydaşlar için elzemdir. Sorumlu yatırım yapmak isteyen yatırımcılar, müşteriler, yöneticiler, kredi kuruluşları için işletmelerin performans ölçümü daha doğru karar alma imkânı sunmaktadır. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde imalat sektöründe döngüsel ekonomi ilkeleri paralelinde üretim anlayışı belirleyen işletme sıralamalarını görmek mümkündür. Paydaşların döngüsel ekonomi performansına ilişkin sonuçları da dikkate almaları daha doğru karar vermelerine yardımcı olacaktır. Bulgular değerlendirildiğinde imalat işletmelerinin belirlenen göstergeler açısından üstünlükleri ve geliştirilmesi gereken yönleri ortaya çıkarılmıştır. Bu sayede

İşletmeler gelecekteki verimliliklerini ve performanslarını arttırabilecekleri alanları tespit edebileceklerdir. Bulgular ilerleyen dönemlerde yapılacak benzer verimlilik ölçümü çalışmaları için yol gösterici olarak kullanılabilir.

Döngüsel ekonomi ilkeleri temelinde gerçekleştirilen üretim ile daha az doğal kaynak, hammadde ve malzeme kullanımı, daha yoğun ürün kullanımı, ürünlerin tekrar kullanılması, atıkların geri dönüştürülerek materyallerinin yeniden üretime kazandırılması ve benzeri birçok noktada işletmeler için önemli verimlilik artışları söz konusu olacaktır. Ekonomilerin lokomotif görevini üstlenen işletmelerin daha verimli organizasyonlar haline gelmesi sektörlerin ve ülkelerin de verimlilik artışı için de için de önemli bir adım olacaktır.

Ülkemizde döngüsel ekonomi modelinin yeni yeni uygulama alanı bulması nedeni ile konuya ilişkin imalat sanayi işletmelerinin kurumsal raporlarında yapılan açıklamaların sınırlı olması çalışmanın en önemli kısıtlarından birisi olarak görülmektedir. Yalnız 2020 yılı için sağlıklı verilere ulaşılabilmesi nedeniyle analizin tek bir yılı kapsamı da çalışmanın bir kısıtı olarak görülmektedir. Çalışmanın bir diğer kısıtı ise sürdürülebilir karar vermeyi amaçlayan döngüsellik göstergeleri için henüz bir rehber, bir standart seti bulunmamasıdır.

İşletmelerin döngüsel ekonomi stratejilerini geliştirilebilmeleri ve gösterdikleri performansları ölçebilmeleri için işletme-sektör-ülke temelinde göstergeler geliştirilmesi oldukça önemlidir. Farklı sektörler üzerinde farklı zaman dilimlerinde araştırmaların yapılması kavramın gelişimi açısından oldukça önemlidir. İleride yapılacak çalışmalar için farklı karar verme tekniklerinin kullanılması, kurumsal raporların döngüsel açıklamalarının gelişmesi paralelinde daha kapsamlı döngüsel ekonomi modellerinin oluşturulması önerilmektedir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akarsu, H. (2021). "Döngüsel Ekonomiye Geçişte Kritik Başarı Faktörlerinin Değerlendirilmesi: Türkiye Turizm Sektörü Örneği", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Alanya.
- Akyüz, Y., Bozdoğan, T. ve Hantekin, E. (2011). "Topsis Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 13 (1), 73-92.
- Alptekin, N. ve Şıklar, E. (2015). "Türk Hisse Senedi Emeklilik Yatırım Fonlarının Çok Kriterli Performans Değerlendirmesi: TOPSIS Metodu", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (25), 185-196.
- Apaydın, Ş. (2020). "OECD Ülkelerinde Atık Yönetimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Bir Panel Kantil Regresyon Yaklaşımı", *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(1), 300-312.
- Aras, G., Tezcan, N. ve Kutlu Furtuna, Ö. (2016). "Geleneksel Bankacılık ve Katılım Bankacılığında Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansının Topsis Yöntemiyle Karşılaştırılması", *Istanbul Management Journal*, 58-81.
- Aras, G., Tezcan, N., Kutlu Furtuna, Ö. ve Hacıoğlu Kazak, E. (2020). "Çok Boyutlu Kurumsal Sürdürülebilirlik Bankacılık Sektörü Değerlemesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Finans Kurumsal Yönetim ve Sürdürülebilirlik Merkezi (CFG) Yayınları.
- Ateş, E. (2021). "Döngüsel Ekonomi Kapsamında GSYİH ile Geri Dönüşüm İlişkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Örneği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 125-137.
- Ay Türkmen, M. ve Kılıç, F. (2020). "Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışına Yönelik Döngüsel Ekonomi Modeli", *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(4), 2538-2556.
- Azevedo, S., Godina, R. ve Matias, J. (2017). "Proposal of a Sustainable Circular Index for Manufacturing Companies", *Resources* 6(4), 1-24.
- Balbay, Ş., Sarihan, A. ve Avşar, E. (2021). "Dünya'da ve Türkiye'de "Döngüsel Ekonomi / Endüstriyel Sürdürülebilirlik Yaklaşımı", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 557-569.
- Banaité, D. ve Tamošiūnienė, R. (2016). "Sustainable Development: The Circular Economy Indicators' Selection Model", *Journal of Security and Sustainability Issues* 6(2) 315–323.
- Corona, B., Shen, L., Reike, D., Rosales Carreon, J. ve Worrell, E. (2019). "Towards Sustainable Development Through The Circular Economy: A Review and Critical Assessment on Current Circularity Metrics", *Resour. Conserv. Recycl.* 151, 1-15.
- Di Maio, F. ve Rem, P. (2015). "A Robust Indicator for Promoting Circular Economy through Recycling", *Journal of Environmental Protection*, 6, 1095-1104.
- Elia, V., Gnoni, M.G. ve Tornese, F. (2016). "Measuring Circular Economy Strategies Through Index Methods: A Critical Analysis" *Journal of Cleaner Production* 1-11.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). "Circularity Indicators: an Approach to Measuring Circularity", *Ellen MacArthur Found*, 12, 159-161.
- Fidan, E.T. (2020). "Türkiye'de Sürdürülebilir Sanayi Politikalarının Uygulanması ve Kamu, Sivil Toplum Kuruluşları ve Özel Sektörün Sürdürülebilir Sanayi Politikalarına İlişkin Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 73-100.
- Figge, F., Thorpe, A.S., Givry, P., Canning, L. ve Franklin-Johnson, E. (2018). "Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in The Circular Economy", *Ecology Economy*, 150, 297-306.
- Fura, B., Stec, M. ve Mis, T. (2020). "Statistical Evaluation of the Level of Development of Circular Economy in European Union Member Countries", *Energies*, 1-23.
- Gedik, Y. (2020). "Döngüsel Ekonomiye Anlamak: Teorik Bir Çerçeve", *Turkish Business Journal*. 1(2), 13-40.
- Huysman, S., Schaepmeester, D., Ragaert, J., Dewulf, K., De J., ve Meester, S., (2017). "Performance Indicators For A Circular Economy: A Case Study On Post-Industrial Plastic Waste", *Resour. Conserv. Recycl.* 120, 46-54.
- İlhan, A. (2021). "Çevresel Sürdürülebilirlik Kapsamında Döngüsel Ekonomi Üzerine Bir İnceleme", Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Kongresi: Krizler, Belirsizlikler ve Arayışlar. Bingöl Üniversitesi, 142-151.
- Karahan, M. ve Kızkapan, L. (2022). "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Bankaların Finansal Performanslarının Karşılaştırmalı Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 3,441-462.
- Kirchherr, J., Reike, D. ve Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing The Circular Economy: An Analysis Of 114 Definitions", *Resour. Conserv. Recycl.* 127, 221-232.
- Kristensen, H.S. ve Mosgaard, M.A. (2020). "A Review Of Micro Level Indicators For A Circular Economy e Moving Away From The Three Dimensions Of Sustainability?", *Journal of Cleaner Production* 243, 1-20.

- Lieder M. ve Rashid, A. (2016). "Towards Circular Economy İmplementation: A Comprehensive Review in Context Of Manufacturing İndustry", *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- Moktadir, A., Rahman, T., Rahman, H., Ali, S.M. ve Paul, S.K. (2018). "Drivers to Sustainable Manufacturing Practices and Circular Economy: A Perspective of Leather Industries in Bangladesh", *Journal of Cleaner Production* 174, 1366-1380.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G.A., Alaerts, L., Van Acker, K., deMeester, S. ve Dewulf, J. (2019). "Circular Economy Indicators: What Do They Measure?", *Resour. Conserv. Recycl*, 146, 452-461.
- Moreno, J.R., Ormazabal, M., Alvarez, M.C. ve Jaca, C. (2021). "Advancing Circular Economy Performance Indicators and Their Application in Spanish Companies", *Journal of Cleaner Production*, 1-10.
- Önder, H. (2018). "Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 196-204.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E. ve Hanemaaijer, A. (2017). "Circular Economy: Measuring Innovation in The Product Chain", PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Reike, D., Vermeulen, W.J.V. ve Witjes, S. (2018). "The Circular Economy: New Or Refurbished As CE 3.0? — Exploring Controversies İn The Conceptualization Of The Circular Economy Through A Focus On History and Resource Value Retention Options", *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F. ve Kendall, A. (2019). "A Taxonomy Of Circular Economy İndicators", *Journal of Cleaner Production* 207, 542-559.
- Sapmaz Veral, E. (2019). "An Evaluation on the Circular Economy Model and the Loops Design in the Context of Waste Management". *European Journal of Science ve Technology*, (15), 18-27.
- Saraç, B. ve Alptekin, N. (2017). "Türkiye'de İllerin Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerine Göre Değerlendirilmesi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(1), 19-49.
- Sassanelli, C., Rosa, P., Rocca, R. ve Terzi, S. (2019). "Circular Economy Performance Assessment Methods: A Systematic Literature Review", *Journal of Cleaner Production*, 229, 440-453.
- Sauve, S., Bernard, S., ve Sloan, P. (2016). "Environmental Sciences, Sustainable Development and Circular Economy: Alternative Concepts For Trans-Disciplinary Research", *Environmental Development*, 48-56.
- Shannon, C. ve Weaver, W. (1948). "The Mathematical Theory of Communication", Univ. Illinois Press. Urbana. IL.
- Shuaib, M., Seevers, D., Zhang, X., Badurdeen, F., Rouch, K.E. ve Jawahir, I.S. (2014). "Product Sustainability Index (ProdSI) A Metrics-based Framework to Evaluate the Total Life Cycle Sustainability of Manufactured Products", *Journal of Industrial Ecology*, 18(4), 491-507.
- Singh, J. ve Ordonez, I. (2016). "Resource Recovery From Post-Consumer Waste: Important Lessons For The Upcoming Circular Economy", *Journal of Cleaner Production*, 134, 342-353.
- Soy Temür, A. (2022). "Borsa İstanbul Turizm Endeksi (Xtrzm) Firmalarının Entropi Temelli Aras, Copras ve Topsis Yöntemleri ile Finansal Performans Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 3, 183-212.
- Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu, (2022). <https://donguseleekonomiplatformu.com/> (Erişim Tarihi 29.04.2022).
- Döngüsel Ekonomi Rehberi (2020). https://business4goals.org/PDF/Dongusel_Ekonomi_Rehberi.pdf (Erişim Tarihi:29.04.2022).
- Van Buren, N., Demmers, M., Van der Heijden, R. ve Witlox, F. (2016). "Towards A Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments", *Sustainability (Switzerland)*, 8(7), 1–17.
- Wang, T.C. ve Lee, H.D. (2009), "Developing A Fuzzy TOPSIS Approach Based on Subjective Weights and Objective Weights", *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.
- Yan, J. ve Feng, C. (2014). "Sustainable Design-Oriented Product Modularity Combined With 6R Concept: A Case Study Of Rotor Laboratory Bench", *Clean Technologies ve Environmental Policy*, 16(1), 95–109.
- Yılmaz, V. (2022). "Avrupa Birliği Ülkelerinin Ekonomi Performansı", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 94-114.

Sürdürülebilir Kalkınma ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Etkileşim*

Mehmet Ali YÜCEL¹, M. Kenan TERZİOĞLU²

ÖZET

Amaç: Sınır ilişkisi bulunan ülkelerin ortak çevresel politika göstermesi veya gösterdikleri çevresel politik yaklaşımlarla birbirlerini etkilemesi nedeniyle mekânsal ilişkilerin gözetilerek eko-inovasyonun belirlenmesi sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ülkelerin eko-inovasyon kapasitelerinin belirlenmesinin yanı sıra makroekonomik değişkenlerle birlikte dönemsel (kısa-uzun) mekânsal etkileşiminin de ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Makale kapsamında, 2010-2018 dönemleri itibarıyla sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye ve Avrupa ülkelerinde eko-inovasyon kapasitelerinin ortaya çıkarılması amacıyla *dinamik mekansal panel veri yaklaşımı* kullanılmaktadır.

Bulgular: Çalışma kapsamında uygulanan analiz sonucunda, ülkelerin eko-inovasyon ve göstergeleri arasında uzun ve kısa dönem dolaylı-doğrudan olarak anlamlı bir mekânsal ilişki elde edilmektedir. Bu kapsamda, çalışma grubunda bulunan ülkelerin mekânsal ilişkilerini gözeterek çevre dostu teknolojilerin kullanılabilirlik seviyelerini artırması, çevresel inovasyon uygulamalarını artırması ve eko-inovasyon politikalarının kalkınma politikalarıyla birlikte ele alınması gerekmektedir.

Özgünlük: Çalışma, ülke düzeyinde dinamik mekânsal ilişkilerinin gözetilerek eko-inovasyon kapasitesinin belirlenmesi konusunda ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Çevresel Sürdürülebilirlik, Eko-İnovasyon, Dinamik Mekânsal Panel Veri.

JEL Kodları: C31, C33, Q01, Q50.

Eco-Innovation and Sustainable Development: Dynamic Spatial Interaction

ABSTRACT

Purpose: It is important for sustainability to determine eco-innovation by considering spatial relations, since countries with border relations show a common environmental policy or influence each other with their environmental policy approaches. In this study aims, in addition to determining the eco-innovation capacities of countries, revealing the periodic (short-long) spatial interaction with macroeconomic variables.

Methodology: Within the scope of the article, *dynamic spatial panel data approach* is used in order to reveal the eco-innovation capacities in Türkiye and European countries within the framework of sustainable development based on the periods of 2010-2018.

Findings: As a result of the analysis applied within the scope of the study, a meaningful spatial relationship is obtained that long- and short-term indirect-direct relationship between countries' eco-innovation and indicators. In this context, the countries in the working group should increase the usability levels of environmentally friendly technologies by considering their spatial relations, increase their environmental innovation practices, and eco-innovation policies should be considered together with their development policies.

Originality: The study is the first to determine capacity of eco-innovation by taking into account its dynamic spatial relations at the country level.

Keywords: Sustainable Development, Environmental Sustainability, Eco-Innovation, Dynamic Spatial Panel Data.

JEL Codes: C31, C33, Q01, Q50.

* Bu çalışma, Mehmet Ali YÜCEL tarafından Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü'nde Doç. Dr. M. Kenan TERZİOĞLU danışmanlığında yürütülen "Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Eko-Verimlilik ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekansal Panel Veri Analizi" başlıklı Doktora Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Doktora Öğrencisi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye, maliyucell@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5474-3307 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

² Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye, kenanterzioglu@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6053-830X.

1. GİRİŞ

Küreselleşme ile birlikte yapay çevre alanları artarken, doğal çevre alanları azalmasının yanı sıra endüstriyelleşmenin küreselleşmesiyle birlikte çevresel sorunlar da aratarak devam etmektedir. Kapitalizmin yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra tüm dünyaya hızla yayılması sonucu ekonomik/ticari ilişkiler ülke sınırlarını aşarak, sanayi üretiminin yaygınlaşması, teknolojilerin yeni kirleticiler ortaya çıkarması, ulaşım imkanlarının gelişmesi, kentleşmenin artması, kaynak kullanımının hızlanması, nüfus artışı, yoksulluk vb. gibi çevresel sorunlara neden olan gelişmeler, belirli bölgelerde sınırlı kalan çevresel bozulmayı küresel boyutlara taşımaktadır. Çevresel sorunların oluşumu-boyutu, kirleticilerin boyutu ve sürekliliğine, doğanın kirleticileri özümleme kapasitesine ve kirleticilere karşı gösterilen farkındalığa bağlı olarak artabilmektedir. Küreselleşme ile birlikte teknolojik ve endüstriyel gelişmeler sonucunda kolay ulaşılabilir pazar yapılarının ortaya çıkması rekabet sürecinde artış yaratırken; doğal kaynaklar ve çevresel değerlerde azalma yaratmaktadır. İnsani-sınai faaliyetlerinin çevre üzerindeki negatif etkisinin geleceğe dönük kaygılara sebep olması nedeniyle çevresel kaygıları dikkate alan, ekolojik denge ile ekonomik büyümeyi bir bütün olarak gören, kıt kaynakları etkin bir şekilde kullanımını sağlayan ve bugünkü ihtiyaçlar karşılarken gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçların da karşılanabilmesini ifade eden *sürdürülebilir kalkınma* kavramı ortaya ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, üretim süreçlerinin yanı sıra tüketim modelleri ve tüketicilerin farkındalığını artırmaya yönelik politika uygulamalarını da kapsamakta ve insan-ekonomi-çevre olmak üzere birbirini destekleyen üç boyuttan oluşmaktadır (Hojnik ve diğerleri, 2022). Sanayileşme ile birlikte sektörel üretkenlik artışı sağlanmaya çalışılırken, üretim girdisinde kullanılan hammaddelerin yüksek düzeyde kullanılması sonucunda kıt kaynak tüketimi hızla artmaktadır. Hızla artan nüfus, ekonomilerin rekabet üstünlüğü yarışı ve karlı büyüme kapsamında maliyetlerinin düşürülmesi çevresel sorunların artmasına neden olarak çevresel tahribatta artış yaşanmasına olanak sağlamaktadır. Maliyetlerini minimize ederken varlıklarını ve karını maksimize eden ekonomiler, kısa vadede fayda kazanımı sağlamak için zaman perspektifine dayalı olarak uzun vadede etkisini gösteren çevresel süreçlerle çelişki yaşamaktadır. Bu kapsamda, ekonomilerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini hedefleyen ve enerji dahil olmak üzere doğal kaynakların daha verimli şekilde kullanılmasını amaçlayan *eko-inovasyon* kavramı ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma olgusu çerçevesinde hem teknoloji hem de tüketim modellerinde eko-inovasyon kilit ve stratejik bir rol oynamaktadır (Jo ve diğerleri, 2015).

Ülkelerin eko-inovasyon kapasiteleri ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin varlığı bölgelere/ülkelere, kirleticiler türlerine ve komşuluk ilişkilerine göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, kullanılan farklı modelleme tekniklerine ve çevresel göstergelere göre de sonuçlarda çeşitlilik gözlemlenmesinin yanı sıra eko-inovasyon politikalarının tahminleme-ölçümlendirme süreçlerinde, yerel ve ulusal düzeyde bölgelerin-kentlerin-ülkelerin, iktisadi-siyasi-sosyal alanlarda ortak politikalar altında hareket edebilmesi nedeniyle mekânsal ve/veya sınır ilişkilerinin dahil edilmediği ekonometrik yöntemlerin bulgularında yanlış sonuç ve önermeler ortaya çıkabilmektedir. Bu çerçevede, zaman içindeki her bir mekânsal birimdeki gözlemler arasında serisel bağımlılığı barındırması, mekân ve/veya zaman yapılarını ifade eden serilerin gecikmeli değerlerinin alınmasıyla birlikte daha fazla bağımsız değişkenin içselliğini içermesi ve açıklayıcı değişkenlerin kısa dönemdeki etkilerini analize dahil edilmesi nedeniyle dinamik yapıdaki mekânsal modellerin eko-inovasyon düzeylerinin belirlenmesinde kullanılması daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Mekânsal ilişki temel alınarak oluşturulan çalışma, kısa dönemdeki mekânsal şokları da dahil ederek dönemsel etkilerinin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Eko-inovasyon çalışmalarıyla ilgili literatür incelendiğinde, kısa ve uzun dönem doğrudan-dolaylı mekânsal ilişkilerin gözetilerek yapıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen çalışma, konuyla ilgili olarak özgün olma özelliğini taşımaktadır. Makale kapsamında, sürdürülebilir kalkınma olgusu çerçevesinde Türkiye ve seçili Avrupa ekonomilerinin eko-inovasyon düzeyleri belirlenerek ilgili makroekonomik değişkenler ile arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik mekânsal ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Makale kapsamında, birinci bölümde sürdürülebilir kalkınma göstergeleriyle eko-inovasyonun ilişkisine ve konu ile ilgili literatüre değinildikten sonra ikinci bölümde ele alınan ekonometrik modelin teorik yapısı hakkında bilgi verilmekte ve son bölümde sürdürülebilir kalkınma kapsamında eko-inovasyon uygulanabilirliği üzerindeki dinamik mekânsal etkiler belirlenerek politika önerilerine değinilmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sanayileşme ile birlikte artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları, modern kentleşme, nüfus artışı vb. gibi etkenler küresel ısınma, iklim değişiklikleri, hava-su-toprak kirliliği, atık ve çevresel tahribat gibi sorunlara ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya neden olmaktadır. Bu çerçevede, yoksulluk-eşitsizlik sorunlarıyla birlikte çevresel tahribatı da dikkate alan *sürdürülebilir kalkınma* kavramı refah/yaşam düzeyinde azalma olmaksızın büyümedeki kısıt olarak ifade edilmektedir (Pezzey ve diğerleri, 1989). Ülke ekonomilerindeki sürdürülebilir kalkınma politikası, kurumsal alt yapı, sermaye ve

politika uyum eksikliği, çevre sorunları hakkında bilgi/tecrübe eksikliği, politika geliştirmede ve zaman-mekan-yöntem belirlemede yaşanan zorluklar, endüstriyel üretimin yüksek seviyelere çıkması, kamuoyunun katılımının sınırlı olması, politik uygulamalara karşı güvensizlik, kaynak ve uyum yetersizliği vb. gibi sorunlardan ötürü, az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde, fiziki-beşeri altyapı yetersizliğiyle birlikte, sürekli iktisadi büyüme sağlama isteği nedenlerinden ötürü sektöre uğramaktadır. Sürdürülebilir kalkınma kapsamında, çevresel bozulmayı dikkate alarak, ekolojik denge ile ekonomik büyümeyi birbirinden ayırmadan doğal kaynakların etkin kullanımını sağlayarak bugünkü ihtiyaçlar karşılanırken, gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçların da karşılanabilmesine imkân sağlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, yoksulluğun sonlandırılması, açlığın sonlandırılarak gıda güvenliğinin sağlanması, sağlıklı-refah içinde bir yaşam ortamının oluşturulması, nitelikli eğitimin-öğretimin artırılması, toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması, temiz su ve sanitasyonun sağlanması, temiz enerji erişilebilirliğinin sağlanması, tam-üretken istihdam ile verimliliği yüksek faaliyetleri destekleyerek sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın sağlanması, sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi, tüm alanlarda inovatif faaliyetlerin teşvik edilmesi, ülkeler arasındaki eşitsizliklerin azaltılması, güvenli-sürdürülebilir şehirlerin oluşturulması, üretim-tüketim modellerinin sürdürülebilir hale getirilmesi, iklim değişikliği ve etkileri için alınacak önlemlerin hızlandırılması, su kaynaklarının (tatlı su, nehir, deniz, okyanus vb. gibi) korunması, eko-sistemlerin sürdürülebilirliğini sağlayarak biyolojik çeşitliliğin korunması, adaletle erişimin sağlanması, kamu-özel kurumların denetleme mekanizmalarının geliştirilmesi, barışçıl-kapsayıcı toplumların tesis edilmesi ve sürdürülebilir kalkınma için küresel bir ortaklık sağlanması gibi hedeflerden/temellerden oluşmaktadır.

Çevresel/ekolojik değerler olmadan canlıların yaşamsal döngüsünü sürdürmemesi nedeniyle sürdürülebilir kalkınma politikalarının en önemli boyutu, *çevresel sürdürülebilirlik* olarak belirtilmektedir. Kapsamlı ekonomi, gelecekteki üretim faktörlerinin ekonomik potansiyeli, çevre koşullarının durumuna bağlı olması nedeniyle, sağlıklı ve sürdürülebilir bir çevrenin varlığıyla birlikte mümkün olmaktadır (OECD, 2008:3). Doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, üretim-tüketim sürecinde çevreye bırakılan atıkların azaltılması ve tüketilen doğal kaynakların geri dönüşümünün sağlanabilmesi şeklinde ifade edilen çevresel sürdürülebilirlik, biyolojik çeşitliliğin korunması, atmosferik yapıda dengenin sağlanması ve diğer ekosistem işlevlerinin korunmasını kapsamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının yapı taşı olan çevresel sürdürülebilirlik süreci, Endüstri 4.0 ile birlikte, ürünün kaynak halinden atık sürecine kadar olan ürünün tasarımı-gelişimi kontrol edilebilmekte, üretim-tüketim süreçleri belirlenebilmekte, organizasyonel yönetim sistemleri oluşturulabilmekte ve akıllı çıktı-ürün sistemlerine entegre edilerek başarıya ulaşabilmektedir. Bu nedenle, gereksiz kaynak stoku ve tüketiciler tarafından pek fazla talep edilmeyen ürünlerin üretimi engellenebilmektedir.

Sanayi başta olmak üzere diğer faaliyet kollarındaki gelişmeler neticesinde rekabet gücü elde etmek amacıyla çevreye verilen zarar artarak devam etmekte ve meydana gelen tahribat çevrenin kendi kendini yenileme imkanını sektöre uğratmaktadır. Bu kapsamda, çevresel etkileri minimal seviye indiren, sürdürülebilir çözümlere odaklanan ve küresel çevresel problemlerin çözümünde etkili bir yaklaşım olarak kabul edilen *eko-inovasyon* kavramı ön plana çıkmaktadır. İlgili alternatiflere göre çevresel gelişmelere öncülük eden yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş ürün-hizmet, süreç, pazarlama yöntemleri, organizasyonel yapılar ve kurumsal düzenlemelerin oluşturulması-uygulanması olarak tanımlanan eko-inovasyon; sürdürülebilir gelişme hedefine ulaşma amacı güden her türlü kayda değer yenilikçiliği kapsamaktadır. Diğer bir ifadeyle, çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi hedeflenmekte ve enerji dahil olmak üzere doğal kaynakların daha verimli ve sorumlu bir şekilde kullanılması amaçlanmaktadır. Çevresel etkileşim boyutunu göz önüne alarak yaşam döngüsünü içinde barındıran eko-inovasyon kavramı, yenilikçi amacı ve pazar odaklı yaklaşımı içinde barındıran inovasyon tanımından farklılaşmaktadır. İnsani ve sınai faaliyetlerin süreç içerisinde giderek artması doğanın kendini yenileyebilmesine engel teşkil etmektedir. Çevresel tahribatın azaltılması ve işletme/ülke düzeyinde sürdürülebilir faydanın sağlanması için çözüm olarak sunulan eko-inovasyon uygulamaları, işletme/ülke düzeyinde yeni/geliştirilen ürün, süreç, pazarlama stratejilerinin uygulanmasıyla birlikte çevresel etkilerin azaltılmasını ifade etmektedir (Fussler ve James, 1996). Çevresel bozulmaların önlenmesi/azaltılması için yeni veya geliştirilmiş süreçlerden, tekniklerden, uygulamalardan ve sistemlerden oluşan eko-inovasyon, maliyetlerin azalmasına ve kalitenin sağlanmasına neden olarak, çevresel faydayı, tüketici-üretici için değer yaratacak şekilde sentezlemektedir. Ulusal ve yerel düzeyde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olan ve çevresel yükün azalmasına katkıda bulunan yeni fikirleri, davranışları, ürünleri, süreçleri kapsayan eko-inovasyon kavramı, endüstriyel faaliyetlerin çevresel beklentilere uyumlu hale getirilmesiyle birlikte başarıya ulaşabilmektedir. Çevresel düzenlemelerin getirdiği çevresel yatırımlar, ekonomiler tarafından maliyetli görülmekteyken, eko-inovasyon uygulamaları ve inovatif çözümlerle birlikte kaynak-enerji verimliliği sağlanarak çevresel yatırımların neden olduğu maliyetler azaltılabilmektedir (Porter ve Linde 1995). Bu nedenle, eko-inovatif uygulamalar ekonomik tasarrufların yanı sıra kaynakların tasarruf edilmesini sağlayarak çevresel faydaları beraberinde getirebilmektedir (OECD, 2012). Eko-inovasyon uygulamalarının çevresel performans ve rekabet edilebilirlik üzerinde olumlu bir etkisi bulunmaktayken;

çevresel baskıların azaltılmasını doğrudan-dolaylı olarak etkilemektedir (Dong ve diğerleri, 2013). Ekonomik performans, sürdürülebilir rekabet kapasitesi vb. gibi faktörlerin kombinasyonel göstergesi olarak belirtilen eko-inovasyon, mevcut çevre standartları, su kalite düzeyi, hava kirletici emisyonları, katı atık üretimi, gürültü düzeyi vb. gibi niceliksel olarak standardize edilmiş göstergelerle birlikte işletme düzeyinde ve sistematik-dinamik bakış açısıyla birlikte sınai faaliyetlerin kirlilik düzeyinin belirlenmesi, doğal kaynakların korunması ekolojik restorasyonun sağlanması vb. gibi verimlilik ve etkinlik göstergeleri ile birlikte ulusal düzeylerde ölçülebilmektedir (Boons ve Wagner, 2009). Ulusal düzeyde çevresel performans, işletme düzeylerindeki çevresel performans göstergelerini de içermekteyken, ekonomik performans ve rekabet avantajlarını beraberinde getirebilmektedir. Ulusal düzeyde çevresel performansı artırmaya yönelik yapılan yapısal reformlar, ulus ve işletme birlikteliğinin sağlanmasına ve ulusal kalkınma hedeflerinin sağlanmasına destek olabilmektedir. Eko-inovasyon mevzuatlarının düzenlenmesi ve uygulanması, pazar odağının artırılması ve teknolojinin geliştirilmesiyle birlikte çevresel performans artmaktadır.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Demirkıran ve diğerleri (2022), 2005-2020 dönemleri baz alınarak Türkiye'deki dijital dönüşüm sürecinde dijitalleşme ve dijitalleşmenin verimlilik üzerindeki etkisinin teorik-pratik olarak incelenmesini amaçladığı ve yapay sinir ağ modellemesini kullandığı çalışmada, dijitalleşme süreci çerçevesinde hem sosyoekonomik ortamın oluşturulması hem de önem düzeylerinden yola çıkılarak verimlilik artışının teşvik edilmesi sonucunda kapsayıcı sürdürülebilir kalkınma potansiyeline katkı sağlanabileceğini belirtmektedir. Ünlü (2021), çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı ve 41 ülkenin 1999-2014 dönemleri arasındaki verilere yönelik Panel ARDL yöntemini kullandığı çalışmada, çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu, çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu ve çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ifade etmektedir. Ahmad ve diğerleri (2020), eko-inovasyon uygulamalarının karbondioksit emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rolü olduğunu ifade etmektedir. İnglesi-Lotz ve Doğan (2018), Afrika ülkelerine yönelik dinamik en küçük kareler yönetimini kullandığı çalışmada, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kaliteyi iyileştirirken yenilenemeyen enerji tüketiminin çevre kalitesini bozduğunu belirtmektedir. Bhat (2018), BRICS ülkelerine yönelik uzun dönem elastikiyet, birim kök testleri, eşbütünleşme testi ve Genelleştirilmiş Momentler yöntemlerini kullandığı çalışmada, kişi başına düşen gelir ve yenilenemeyen enerji kullanımı karbondioksit emisyonunu artırdığını, yenilenebilir enerjinin ise azalttığını belirtmektedir. Mensah ve diğerleri (2018), OECD ülkelerine yönelik gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) sınır testi yöntemini kullandığı çalışmada, eko-inovasyon uygulamalarının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması durumunda çevresel faydanın arttığını, yenilenebilir enerji tüketiminin artması durumunda ise çevresel faydanın azaldığını ifade etmektedir. Hoque vd. (2017), küresel iklim değişikliğindeki artışın eko-inovasyon uygulamalarıyla birlikte azalacağını düşünmektedir. Lee ve Min (2015), eko-inovasyonun, kamusal, yeşil teknolojiler ve araştırma-geliştirme yatırımları tarafından desteklenen uzun vadeli çevresel (yeşil) yeteneklerin geliştirilmesinin ilerleyen dönemlerde ulusal alanda rekabet sağlanmasının ana kaynağı olacağını ifade etmektedir. Horbach (2014), eko-inovasyon belirleyicilerinin analiz edildiği ampirik literatürdeki yeterli veri eksikliği nedeniyle bölgesel ve konum faktörlerinin dahil edilmesinin ihmal edildiğini vurgulamaktadır. Akpolat ve Altıntaş (2013), OECD ülkelerine yönelik yaptığı çalışmada, ülkelerin iktisadi kalkınmışlığını sağlamaya yönelik politikalar geliştirmesi durumunda, yenilenebilir enerjinin uygulanabilirliğinin de artacağını ifade etmektedir. Bu durum, ülkelerin sınır/komşuluk ilişkilerini göznetmeden kendi iç politik süreçlerinde iktisadi kalkınmaya önem vermesi gerekliliğini göstermektedir.

Sanayi devriminden önce pek önemsenmeyen çevresel sorunsallıklar, sanayileşmeyle birlikte üretim/tüketim sonucu ortaya çıkan atık ürünlerden kaynaklı ekosistem üzerinde oluşan bozulum sorunsalının sürekli ve dengeli kalkınma çerçevesinde incelenmesi ve ortak sınır ilişkisine sahip ülkelerin-bölgelerin-kentlerin benzer politikalar gösterebilmesi nedeniyle mekânsal ilişkilerin göznetilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda, çevre ve iklim temeline dayanan sürdürülebilirlik olgusunun makroekonomik değişkenlerle etkileşiminin ortaya çıkarılmasında gerçekleştirilen modelleme-tahminleme süreçlerinde kullanılan yöntem çeşitliliği farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Modelleme ve tahminleme aşamalarında kullanılan en uygun ve etkin ekonometrik yöntemin tanıtılması fikrine dayalı olarak gerçekleştirilen çalışma, daha önce ele alınan klasik panel yöntemler veya yatay kesit/panel mekânsal yöntemler yerine dinamik sürecin dahil olduğu dinamik mekânsal panel veri yöntemini tanıtmakta ve bu yöntemin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara ait politika süreçlerinin tasarlanması ve etkinliklerinin sorgulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Model yapısına ilişkin hipotezlere dinamik etkiler ve mekânsal etkiler dahil edilerek çevresel sürdürülebilirlik ve makroekonomik değişkenler arasındaki yapının değerlendirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Ek olarak, yapılan literatür taraması sonucunda hem mekânsal ilişkilerinin göznetilerek eko-inovasyonun değerlendirilmesiyle ilgili hem de dinamik mekânsal panel veri yaklaşımı ile ilgili neredeyse yok denecek kadar az çalışmaya rastlanıldığından, çalışma

kapsamında modele ilişkin ayrıntılı teorik bilgi verilerek hem eko-inovasyon hem de diğer alanlarda yapılması muhtemel çalışmalara yön gösterilmesi amaçlanmaktadır.

4. DİNAMİK MEKANSAL PANEL VERİ MODELLEMESİ

Ekonometri literatürünün alt dalı olarak gelişen mekânsal ekonometri, bölgesel-kentsel düzeyde yaşanan değişimlerin ekonometrik modellere uygulanmasıyla birlikte ortaya çıkmaktadır. Matematiksel verilerin mekânsal/coğrafi boyutuna anlam kazandırabilen mekânsal ekonometrik yöntemler, bölgesel-konumsal verilerin modellenmesine, uygun spesifikasyonun belirlenmesine, hipotezlerin test edilmesine ve tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır (Anselin, 1988:10). Bu kapsamda, son dönemlerde, sınır ilişkilerinin önem kazanması, komşuluk ilişkilerine özgü ortak sosyo-ekonomik politikaların belirlenmesi nedeniyle kuramsal ekonometrik modellemelerine karşın mekân-zaman sürecini analize dahil eden mekânsal ekonometri yöntemi önem kazanmaktadır.

Mekânsal etkileşim ve mekânsal heterojenlikten kaynaklanabilen mekânsal etki hem coğrafi hem de sosyo-ekonomik uzaklıklar nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Le Gallo, 2002). Mekânsal etkileşim, uzaysal/konumsal alanda olan bir noktanın başka bir konumda olan nokta ile arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır. Baz alınan konuma bağlı olarak ortaya çıkan ve baz alınan konum ile komşu konum arasındaki ilişkiyi tanımlayan mekânsal etki, yatay kesit bağımlılığı kapsamında komşu konumdaki korelasyonu ifade eden mekânsal bağımlılığa (otokorelasyon) ve yatay kesit heterojenliği kapsamında ilgilenilen değişkenin bir konumdan diğerine sabit olmayan varyansını ifade eden mekânsal heterojenliğe sahip olabilmektedir. (Anselin ve diğerleri, 2008) Bu kapsamda, mekânsal birimlerin homojenlikten uzaklaşmasına neden olan mekânsal heterojenlik, ilgilenilen alan üzerindeki noktalarda farklı ilişkinin gözlenmesi olarak tanımlanabilmekteyken, doğrusal regresyon modelinde, $i = 1, 2, \dots, n$ gözlemleri için $(1 \times K)$ boyutlu açıklayıcı değişken matrisi x_i , bağımlı değişken vektörü y_i , parametre vektörü β_i ve hata terimi ε_i olmak üzere mekânsal heterojenlik $y_i = f_i(x_i\beta_i, \varepsilon_i)$ şeklinde ifade edilebilmektedir. Rassal değişkenin komşu konumlarda gözlenen değerleri arasındaki korelasyonun sıfırdan farklı olması mekânsal otokorelasyon olarak tanımlanabilmekteyken, i ve j konumları arasındaki korelasyona $Cov(y_i, y_j) = E(y_i y_j) - E(y_i)E(y_j) \neq 0, \forall i \neq j$ ifadesiyle ulaşılabilmektedir (Darmofal, 2006). Ek olarak, i ve j konumları arasındaki korelasyon sıfırdan farklı olması durumunda mekânsal açıdan ilişki (değer benzerliği ile konum benzerliğinin uyumlu) olduğu söylenebilmektedir. Rassal değişken için düşük/yüksek olan değerlerin kümelenme eğiliminde olduğu durumda pozitif mekânsal otokorelasyon, baz alınan konumun komşu konumlar tarafından çok farklı değerler ile çevrelenmiş olduğu durumda negatif mekânsal otokorelasyon ve değer dağılımlarının belirli bir kalıba uymadığı ve mekânsal otokorelasyondan söz edilemediği durumda rassallık durumu olmak üzere üç farklı mekânsal otokorelasyon bulunmaktadır (Terzioğlu ve diğerleri, 2021).

Mekânsal ekonometride konumdan kaynaklı ilişki yapısı coğrafi ağırlıklandırma veya sosyo-ekonomik ağırlıklandırma teknikleriyle matris formu kullanılarak gösterilebilmektedir. Bu nedenle mekânsal etkileşimi belirleyebilmek için, kurulan ekonometrik modele mekânsal bağıntının dahil edilmesi gerekmektedir. Bu durum, gözlemler arasında mekânsal etkileşim modellenmesi nedeniyle her bir gözlemin bir dizi komşu gözlemlerle bağlantılı olduğu ve dışsal mekânsal kalıba uygun olan mekânsal ağırlık matrisiyle sağlanabilmektedir. Sonlu-negatif olmayan, stokastik bir süreç içeren ve $N \times N$ boyutlu simetrik-kare olan pozitif mekânsal ağırlık matrisinde (\tilde{W}) satır elemanı i konumu ile sütun elemanı j konumu arasındaki etkileşimin gücü, \tilde{w}_{ij} elemanı ile gösterilmektedir. Gözlemler arasındaki ilişkinin gücü mekânsal ağırlık yapısı ile ifade edilmekteyken, i ve j konumları komşu ise $\tilde{w}_{ij} = 1$, komşu değiller ise $\tilde{w}_{ij} = 0$ olarak elde edilmektedir. Satırları standardize edilmiş komşuluk matrisi mekânsal ağırlık matrisi $w_{ij} = \tilde{w}_{ij} / \sum_j \tilde{w}_{ij}$ şeklinde elde edilebilmekteyken, mekânsal ağırlık matrisinin standardize edilmesi otoregresif parametrelerin ve mekânsal bağlantı katsayısının ölçülmesinde ve yorumlanmasında avantaj sağlayabilmektedir (Getis ve Aldstadt, 2004). İlgilenilen birimlerin özelliğine göre ortak sınır paydaşlığı veya belli bir mesafedeki gözlemlerin mekânsal düzenlemesine dayanan coğrafi ağırlıklandırma, sınırdaşlığa ve uzaklığa bağlı olarak belirlenmektedir (Yücel, 2021). Sınırdaşlığa bağlı ağırlıklandırmalarda mekânsal birimler arası ilişki, sınırların ayırt edilebilir harita üzerinden konuma dayalı olarak belirlenmesiyle oluşturulmaktadır. Ortak sınıra sahip alanlar ve birbirini çevreleyen alanlar için bitişik alanların ortak kenar paylaşması üzerine kurulan kale komşuluğu, bitişik alanların ortak bir köşe paylaşması üzerine kurulan fil komşuluğu ve bitişik alanların ortak bir kenar ve köşe paylaşması üzerine kurulan vezir komşuluğu olmak üzere üç komşuluk tanımı bulunmaktadır. Ek olarak, mekânsal ilişkilerinin uzak olması durumunda açıklayıcılığını yitirmesi nedeniyle mekânsal ağırlık matrisinin ortak köşe ve kenarın paylaşılması anlamına gelen vezir komşuluğu düzenine göre oluşturulması daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Terzioğlu ve diğerleri, 2020).

Kesitsel yapıdaki çalışmaların aksine daha geniş modelleme olanağı sunan mekânsal panel yapılar, son dönemlerde gelişerek ve dinamik regresyon modellerle birlikte entegre edilerek mekânsal ekonometri çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda, zaman içinde her bir mekânsal birim üzerindeki gözlemler arasındaki serisel bağımlılığın bulunması, zamanın her noktasındaki gözlemler arasındaki mekânsal bağımlılığın bulunması, gözlemlenemeyen mekânsal ve/veya zaman dönemine özgü etkilerinin

bulunması, mekan ve/veya zaman yapılarının gecikmesi alınmasıyla birlikte daha fazla bağımsız değişkenlerin içselliği içermesi nedeniyle mekan-zaman boyutlu dinamik yapıdaki modellemeler, mekânsal yayılma etkilerin incelemesinde daha tutarlı sonuçlar verebilmektedir. Mekânsal panel veri modellerindeki bağımlı-bağımsız değişkenlerin gecikmelerinin alınmasıyla birlikte oluşturulan dinamik mekânsal panel veri modelleri, statik modellerin aksine doğrudan ve dolaylı etkilere ait sonuçları göstererek daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Demirkıran ve diğerleri, 2020). Bu kapsamda, bağımlı değişkenin (Y_{t-1}) ve mekânsal etkileşimi ifade eden değişkenin (WY_{t-1}) gecikmeleri alınarak oluşturulan dinamik mekânsal panel veriye (DSPD) ait notasyon Eşitlik 1-3'te yer almaktadır.

$$Y_t = \tau Y_{t-1} + \delta WY_t + \eta WY_{t-1} + X_t \beta_1 + WX_t \beta_2 + X_{t-1} \beta_3 + WX_{t-1} \beta_4 + Z_t \theta + v_t \quad (1)$$

$$v_t = \gamma v_{t-1} + \rho Wv_t + \mu + \lambda_t + l_N + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\mu = \kappa W\mu + \xi \quad (3)$$

Eşitlik 1'de, Y_t , t dönemindeki ($t = 1, \dots, T$) her mekânsal birim ($i = 1, \dots, N$) için bağımlı değişkende oluşan $N \times 1$ boyutlu matrisini belirtirken, X_t , dışsal açıklayıcı değişkenlerin bir $N \times K$ boyutlu matrisini ve Z_t , içsel açıklayıcı değişkenlerin $N \times L$ bir boyutlu matrisini ifade etmektedir. W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumunu ifade eden, negatif olmayan ve baz alınan konumların kendisi ile komşu olamamaları nedeniyle köşegen elemanları sıfır (0) olan $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini göstermektedir. δ , mekân-zaman boylamını gösteren değişkenin (WY_t), ve η , mekân-zaman boylamında gecikmesi alınan bağımlı değişkenin (WY_{t-1}) yanıt parametreleri olarak ifade edilirken, $L \times 1$ boyutlu θ , modeldeki içsel değişkenlerin yanıt parametresini ve $K \times 1$ boyutlu $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 dışsal açıklayıcı değişkenlerin yanıt parametrelerini göstermektedir. Eşitlik 2'de yer alan ve $N \times 1$ boyutlu olan v_t , serisel olarak ve mekânsal düzlemde korelasyonlu/ilişkili olduğu kabul edilen modelin hata teriminin spesifikasyonunu yansıtırken, γ , serisel korelasyon katsayısını ve ρ mekânsal otokorelasyon katsayısını ifade etmekte ve $N \times 1$ boyutlu μ , ($\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)^T$) mekânsal-birimsel etkileri içermektedir. Diğer taraftan, λ_t , zaman periyoduna ($t = 1, \dots, T$) özgü etkilerini göstermekteyken, l_N , $N \times 1$ boyutlu bir vektörü ifade etmektedir. Son olarak, ε_t , ($\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{Nt})^T$) ve ξ elemanları sırasıyla sıfır (0) ortalamaya ve sonlu varyansa sahip (σ^2 ve σ_ξ^2) olan bağımsız-özdeş dağılmış rastgele değişkenlerin bozulma terimlerini belirtmektedir. Dinamik etkilere sahip mekân-zaman modelindeki değişkenlerin kısmi türevlerinin alınması durumunda *kısa dönem etkilerine* ait notasyon, Eşitlik 4'te yer almaktadır.

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right]_t = (I - \rho W)^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W] \quad (4)$$

Modelde alınan kısmi türevler, belirli bir konumdaki belirli bir açıklayıcı değişkendeki değişimin, kısa dönemde diğer tüm birimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini göstermektedir. Benzer şekilde *uzun dönem* etkileri Eşitlik 5'te yer almaktadır.

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right] = [(1 - \tau)I - (\rho + \eta)W]^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W] \quad (5)$$

Kısa dönem ve uzun dönemleri belirleyebilmek amacıyla yapılan işlemlerin sağ tarafında zaman bağlamının (t) olmaması dolaylı-doğrudan etkilerin zaman bağlamından etkilenmediği şeklinde açıklanabilmektedir (Yücel, 2021).

5. BULGULAR

Makale kapsamında, ülkelere özgü teknolojik gösterge olarak, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı (YEM); ülkelere özgü çevresel gösterge olarak, orman örtüsü kaybı (OAK), elektrik tüketim yoğunluğu (ETY) ve kaynak verimliliği (KV); ülkelere özgü demografik gösterge olarak, nüfus yoğunluğu (NY); ülkelere özgü çevresel politika göstergeleri olarak çevresel vergi gelirleri (ÇVG) ve Ar-Ge Harcaması (ARGEH) ve ekonomik büyüme ölçütleri olarak kabul edilen kişi başı gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) ve doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) değişkenleri kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında, ele alınan ülkelerin iktisadi, siyasi ve sosyal yaşamda ortak politikalar altında hareket etmesi ve birçok ülkenin mekan etkisinin görülmesini sağlayan sınır komşuluğuna sahip olması nedeniyle, Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, Türkiye ve Yunanistan ekonomilerine yönelik, dinamik sürece sahip olan mekânsal ilişkilerin uzun dönem doğrudan-dolaylı ve kısa dönem doğrudan-dolaylı etkilerinin 2010-2018 dönemleri itibarıyla ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan değişkenlere ait veri seti, Dünya Bankası, Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat), Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (OECD) ve çalışma grubundaki ülkelerin kurumsal istatistik ofislerine ait açık veri kaynaklarından elde edilerek düzenlenmektedir. Tablo 1'de eko-inovasyon düzeylerinin dinamik mekânsal etkileşiminin belirlenmesi için

kurulan modeldeki değişkenler yer alırken, Tablo 2’de bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmektedir.

Tablo 1. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı kısaltmalar

Değişken	Açıklama
YEM	Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Enerji Miktarı (Yüzde cinsinden)
ETY	Elektrik Tüketim Yoğunluğu (Kilowatt cinsinden)
OAK	Orman Örtüsü Kaybı (Hektar metrekare cinsinden)
KV	Kaynak Verimliliği (Bin Ton cinsinden)
NY	Nüfus Yoğunluğu (Bin kişi sayısı)
ÇVG	Çevre Vergisi Geliri (GSYİH içerisindeki payı)
ARGEH	Ar-Ge Harcama Miktarı (Devlet bütçesi içerisindeki payı)
GSYİH	Kişi Başı Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (Euro cinsinden)
DYY	Doğrudan Yabancı Yatırımlar (Dolar cinsinden)

Tablo 2. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
YEM	2,84552	0,6675821	1,052219	4,287056
ETY	8,718349	0,528946	7,686654	10,12226
OAK	9,658565	1,47737	5,78996	12,72546
KV	11,95054	1,153965	9,286259	14,12881
NY	4,530215	0,8274347	2,772589	6,222576
ÇVG	0,9487117	0,2295782	0,4446858	1,420696
ARGEH	0,1472956	0,3982151	-1,049822	0,7466879
GSYİH	9,962593	0,682125	8,527144	11,33224
DYY	26,27103	0,1551814	25,88119	27,07137

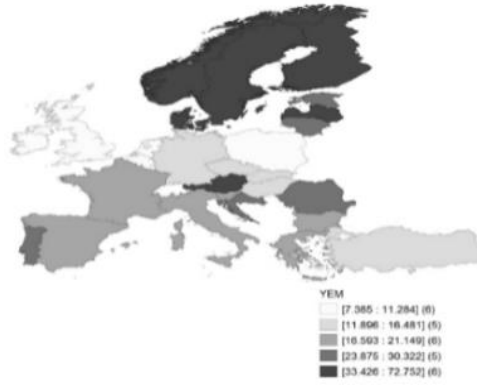
Makale kapsamında kullanılan değişkenlerin, düzeyde üstel bir büyüme ve azalış gösteren serilerde ortaya çıkan aşırı değişimin dengelenebilmesi, doğrusal bir formda ifade edilebilmesi ve değişkenlerin rassal dağılım gösterebilmesi amacıyla logaritmik formları alınarak analiz sürecine dahil edilmektedir. Ek olarak, doğrudan yabancı yatırım (DYY) değerlerine ilişkin verilerde negatif-pozitif değerler bir arada olması nedeniyle logaritmik formu alınmadan önce dönüşüm (transformasyon) işlemi yapılarak analiz sürecine eklenmektedir. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin bulunduğu Tablo 2. incelendiğinde, değişkenlerin ortalama değerleri 0,14 ile 26,27 arasında, standart sapmaları 0,15 ile 1,47 arasında, minimum değerleri -1,04 ile 25,88 arasında ve maksimum değerleri 0,75 ile 27,07 değeri arasında dağılış gösterdiği söylenebilmektedir. Çalışma kapsamında kurulan modelde, mekânsal komşuluk matrisinin standardize edilerek analiz sürecine dahil edilmesiyle birlikte durağanlık elde edilebilmektedir. Bu nedenle, kullanılan değişkenlerin birim içermediği ve durağan olduğu varsayılmaktadır. Çalışma grubunda bulunan ülke ekonomilerinin eko-inovasyon düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan modelde ρ mekansal etkileşimi ve $i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$ ifade etmek üzere;

$$YEM_{it} = \beta_0 + \beta_1(YEM)_{i,t-1} + \beta_2 \sum_{j=1}^N \rho W_{ij}(YEM)_{j,t-1} + \beta_3 WARGEH_{it} + \beta_4 WÇVG_{it} + \beta_5 WKV_{it} + \beta_6 WNY_{it} + \beta_7 WOAK_{it} + \beta_8 WGSYİH_{it} + \beta_9 WDYY_{it} + \beta_{10} WETY_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

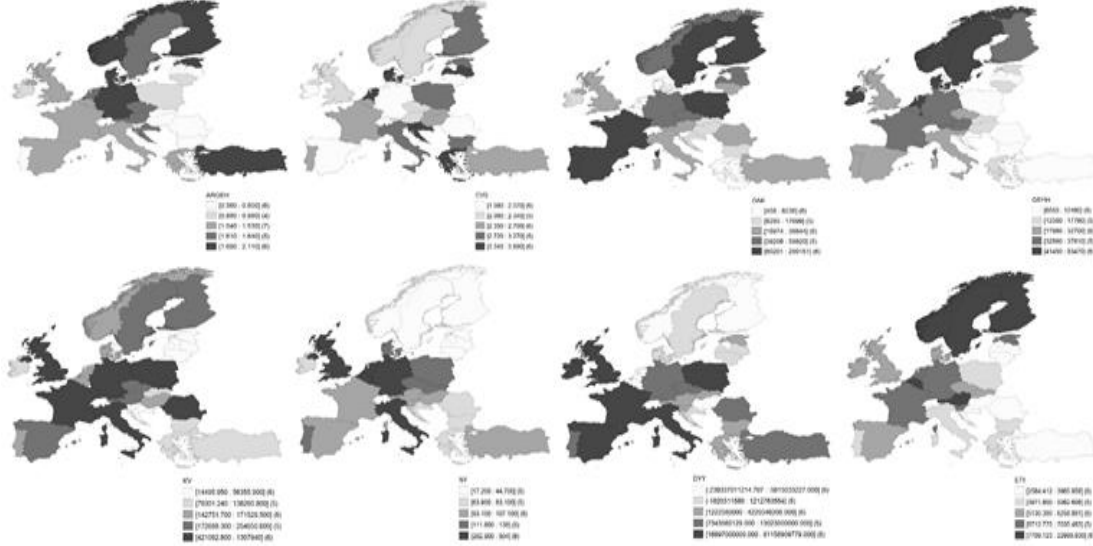
Eşitlik 6’daki W_{ij} , her biri $i \neq j$ olmak üzere ülkelerin sınır komşuluk ilişkisi olması durumunda 1 olmaması durumunda 0 olarak ayarlanan standardize edilen ve mekânsal ilişkiyi gösteren mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Mekânsal ilişki sürecinin modele dahil edilmesini sağlayan W_{ij} , bağımlı değişken ile olan etkileşiminin $t - 1$ gecikmesini modele dahil edilerek dinamik mekânsal sürecin anlamlılığı test edilebilmektedir. Eşitlik 6’da de yer alan, β_2 katsayısı, herhangi bir ülke ile komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerin arasındaki eşzamanlı mekânsal korelasyonu karakterize eden mekânsal gecikme parametresi olarak adlandırılmaktadır, $\beta_2 = 0$ olması durumunda modellerin, dinamik bir mekânsal süreç içermediği ve geleneksel dinamik panel veri yöntemleri ile çözülmesi gerekliliğini göstermektedir. $(YEM)_{i,t-1}$, i konumundaki bir ülkenin $t - 1$ anındaki yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarını göstermekteyken, her ülkenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarlarının kalıcı özelliğini yansıtabilmektedir. Eşitlik 6’da, $ARGEH_{it}$, i konumunda t zamanındaki araştırma-geliştirme harcama düzeyini, $ÇVG_{it}$, i konumunda t zamanındaki çevre vergisi geliri düzeyini, KV_{it} , i konumunda t zamanındaki kaynak verimlilik düzeyini, NY_{it} , i konumunda t zamanındaki nüfus yoğunluğunu, OAK_{it} , i konumunda t

zamanındaki orman alanlardaki kayıp düzeyini, $GSYİH_{it}$, i konumunda t zamanındaki kişi başına düşen reel gayri safi yurtiçi hasıla değerini, DYY_{it} , i konumunda t zamanındaki doğrudan yabancı yatırım düzeyini, ETY_{it} , i konumunda t zamanındaki elektrik tüketim yoğunluğunu ve ε_{it} i konumunda t zamanındaki hata terimlerini göstermektedir. Ek olarak, modeldeki açıklayıcı değişkenlerin önünde yer alan W ifadesi değişkenlerin mekânsal ilişkisini belirlemek amacıyla modellere dahil edilmektedir.

Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin yenilenebilir kaynakların verimlilik düzeyini ifade eden YEM değerlerine ilişkin 2018 yılı baz alınarak, dağılım genişliği 5 eşit parçaya ayrılan mekânsal dağılım haritası Şekil 1'de gösterilmektedir. Mekânsal dağılım haritasında, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarının düşük olduğu ülkeler açık renkle gösterilirken yüksek düzeyde yenilenebilir kaynaklardan enerji elde eden ülkeler koyu renkle gösterilmektedir. Bu kapsamda, Türkiye ve Avrupa ekonomilerinin 2018 yılına özgü yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı homojen bir dağılım göstermemekle birlikte, enerji verimliliği yüksek olan ülkeler, Kuzey ve orta Avrupa ülkelerinde (Norveç, Fransa, Avusturya vb. gibi) kümelenme eğilimi göstermektedir. Çalışma grubunda bulunan ülkelere özgü 2018 yıllarına ait ARGEH, ÇVG, KV, NY, OAK, GSHYİH, DYY ve ETY değişkenlerinin mekânsal dağılım haritaları Şekil 2'de yer almakta ve ilgili değişkenlerin dağılımının homojen olmadığı görülmektedir.



Şekil 1. Yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirliğine ilişkin mekânsal dağılım haritası (2018)



Şekil 2. Yenilenebilir enerji dönüşüm düzeyi göstergelerinin mekânsal dağılım haritaları (2018)

Tablo 3'te ele alınan modele ilişkin mekânsal etkileşimin istatistiksel anlamlılığı, dinamik yapı içerip içermediği ve uygun dinamik mekânsal panel veri modeline karar verilerek, kısa ve uzun dönemdeki doğrudan ve dolaylı etkileri yer almaktadır.

Tablo 3. Yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirlik düzeyinin kısa ve uzun dönem mekânsal etkileri

	YEM_{t-1}	$ARGEH$	$\mathcal{C}VG$	KV	NY	OAK	$GSYİH$	DYY	ETY
	1,7817*	-0,2757*	0,0778	-0,0506**	0,3473	0,0509*	0,0037	-0,0913*	0,9182*
	(0,0492)	(0,0313)	(0,0722)	(0,0223)	(0,2736)	(0,0119)	(0,0985)	(0,0352)	(0,1136)
	W, YEM	W, YEM _{t-1}	W, ARGEH	W, ÇVG	W, KV	W, NY	W, OAK	W, GSYİH	W, ETY
	0,3436*	0,3864*	0,0868***	-0,4057*	0,0640***	-1,9351*	-0,0361*	-0,7750*	-0,5275*
	(0,8932)	(0,0875)	(0,0459)	(0,0911)	(0,0360)	(0,4304)	(0,01385)	(0,1159)	(0,1603)
<i>Kısa Dönem Mekânsal Etki</i>									
Doğrudan Etki		-0,1745*	0,0854	-0,0515**	0,3914	0,0521*	0,0152	-0,0832**	0,9383*
		(0,0303)	(0,0713)	(0,0217)	(0,2710)	(0,0130)	(0,0927)	(0,0346)	(0,1171)
Dolaylı Etki		0,0939**	-0,3943**	0,0624***	-1,8916*	-0,0389*	-0,7476*	-0,2368*	-0,5625*
		(0,0428)	(0,0949)	(0,0339)	(0,4398)	(0,0141)	(0,1210)	(0,0537)	(0,1757)
Toplam Etki		-0,0805	-0,3088*	-0,0108	-1,5001*	0,0131**	-0,7323*	-0,3200*	0,3758**
		(0,5813)	(0,0966)	(0,0409)	(0,04749)	(0,0126)	(0,1222)	(0,0633)	(0,1586)
<i>Uzun Dönem Mekânsal Etki</i>									
Doğrudan Etki		0,2291*	0,05752	0,0506	0,2923	-0,0623*	0,3383***	0,3343***	-1,1832*
		(0,0598)	(0,1153)	(0,0387)	(0,4612)	(0,0175)	(0,1792)	(0,1783)	(0,1675)
Dolaylı Etki		0,0402	0,9199*	-0,0822	0,3928*	0,0200**	0,9822*	0,7766*	0,0109
		(0,1723)	(0,2980)	(0,1026)	(1,3371)	(0,0327)	(0,5486)	(0,2740)	(0,4423)
Toplam Etki		0,2694	0,9769*	-0,3156	0,6852*	-0,4226*	1,3205*	1,0228*	-1,1722**
		(0,2245)	(0,3807)	(0,1345)	(1,6864)	(0,4266)	(0,6921)	(0,3460)	(0,5474)
<i>Wald Testi</i> _{LAG (λ)}	57,95*								
<i>Wald Testi</i> _{ERROR (ρ)}	71,55*								
R ²	0,7849								

Modele ait bağımlı değişkenin yaklaşık %79'u bağımsız/açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Panel bir yapıya sahip veri setinin mekânsal bağımlılığın anlamlılığı Wald testi ile incelenebilmektedir. Bu kapsamda, kurulan modele ilişkin test sonuçları, gecikme ve hata değerlerinin %5 önem düzeyinde reddedildiğini göstermekte ve uygun mekânsal panel model SDM (Spatial Durbin Model) model olarak belirlenmektedir. Kurulan modele ilişkin mekânsal bağımlılığın katsayısının ($W.YEM$) istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif olması, bağımlı değişkenler ile açıklayıcı değişkenler arasında pozitif mekânsal etkileşimin olduğunu göstergesi olarak kabul edilebilmekte ve herhangi bir ülkedeki yenilenebilir kaynakların verimli kullanım eğilimi ne yönde ise o ülkenin komşularında da aynı yönde olacağı şeklinde yorumlanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, her bir ülke için yenilenebilir kaynakların verimli kullanımı, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki ilgili bağımsız değişkenlerden etkilendiği söylenebilmektedir. Bir önceki döneme ait yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyini ifade eden YEM_{t-1} ifadesinin istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması, bir önceki dönemde yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyindeki değişimlerin bir sonraki dönemde yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyini değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bir önceki döneme ait yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyinin mekânsal etkileşimini ifade eden $W.YEM_{t-1}$ değerinin istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde bir önceki dönemde yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyindeki değişimlerin, bir sonraki dönemde mevcut ülkedeki yenilenebilir kaynakların verimli kullanım düzeyini değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bu nedenle, kurulan modele ilişkin mekânsal bir dinamik sürecinin olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 3'te yer alan ana sonuçlar incelendiğinde, araştırma-geliştirme harcamaları, kaynak verimliliği ve doğrudan yabancı yatırımlar istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkide bulunduğunu göstermekteyken, orman örtüsü kaybı ve elektrik tüketim yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkide bulunduğu görülmektedir. Çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu ve kişi başı gayri safi yurtiçi hasıladaki değişimin istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirliğine herhangi bir etkide bulunmamaktadır. Tablo 3'te yer alan modele mekânsal etkinin dahil edilmesi durumunda ise sonuçlar, araştırma-geliştirme harcamaları ve kaynak verimliliğinin komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirliğini istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilediğini, çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, orman örtüsü kaybı, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar ve elektrik tüketim yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediğini göstermektedir.

Dinamik olmayan mekânsal modeller açıklayıcı değişkenlerin yalnızca uzun dönem etkilerini tahmin ederken, dinamik mekânsal modeller ise kısa dönem etkilerin de tahmin sürecine dahil edilmesini sağlamaktadır. Makale kapsamında, Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin yenilenebilir kaynakların verimlilik düzeyini incelemek üzere kurulan modelin dinamik bir yapı sergilediği bilinmektedir. Bu nedenle, kurulan modele ilişkin uzun ve kısa döneme ait dolaylı ve doğrudan etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Dolaylı etkiler, açıklayıcı değişkendeki değişimin, mekânsal etkileşimde bulunan komşu ülke(ler)deki bağımlı değişken üzerindeki değişimi gösterirken doğrudan etkiler, aynı ülkedeki açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki değişimi ifade etmektedir. Toplam etkiler ise mevcut bir ülkedeki açıklayıcı değişkenler ile komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki açıklayıcı değişkenlerdeki değişimin mevcut ülkedeki bağımlı değişkene olan etkisini yani dolaylı ve doğrudan (mekânsal) etkilerin toplamını ifade etmektedir. Ek olarak, doğrudan etkiler mekânsal ağırlık matrisinin köşegen elemanlarının ortalamasını, dolaylı etkiler ise matrise ait köşegen olmayan öğelerin satır/sütun toplamlarının ortalamasını belirtilmektedir. Kurulan modelin uzun, kısa ve toplam dolaylı-doğrudan etkilerine ait sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir.

Model kapsamında, kısa dönemde herhangi bir ülkedeki yenilenebilir kaynakların verimliliği, o ülkedeki araştırma-geliştirme harcamaları, kaynak verimliliği ve doğrudan yabancı yatırımlardan istatistiksel olarak anlamlı ve negatif, nüfus yoğunluğu, ormanlaşma alanında kayıp yaşanması, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve elektrik tüketim yoğunluğu düzeyinin artmasından istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde doğrudan etkilenmektedir. Kısa dönemde herhangi bir ülkedeki yenilenebilir kaynakların verimlilik kapasitesi, aynı zamanda komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki araştırma-geliştirme harcamaları ve kaynak verimliliğindeki değişimden istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, ormanlaşma alanından kayıp yaşanması, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar ve enerji tüketim yoğunluğundaki değişimlerden istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilenmektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen kısa dönem toplam etkilerde ise ülkelerin yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirlik kapasitesi, elektrik tüketim yoğunluğu ve ormanlaşma alanındaki kayıp değerlerindeki değişimden istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilenmekteyken, araştırma-geliştirme harcamaları, kaynak verimliliğindeki değişimlerin istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle etkilenmemektedir.

Model kapsamında, ülkelerin yenilenebilir kaynakları verimli kullanma düzeyi uzun dönemde, araştırma geliştirme harcamaları, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve doğrudan yabancı yatırımlar düzeylerindeki değişimden istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, ormanlaşma alanındaki kayıplardan ve elektrik tüketim yoğunluğundaki değişimlerden istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde doğrudan etkide bulunmaktayken, çevre vergisi gelirleri, kaynak verimliliği ve nüfus yoğunluğundaki değişimlerin istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle doğrudan bir etkide bulunmamaktadır. Uzun dönemde herhangi bir ülkedeki yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirlik düzeyi komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, kişi başı gayri safi yurt içi hasıla, ormanlaşma alandaki kayıp ve doğrudan yabancı yatırımlar değerlerindeki değişimlerden istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilenmekteyken, araştırma-geliştirme harcamaları, kaynak verimliliği ve elektrik tüketim yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle dolaylı (mekânsal) olarak etkilenmemektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen uzun dönemdeki toplam etkilerde ise ülkelerin yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirliği, çevre vergisi gelirleri, nüfus yoğunluğu, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve doğrudan yabancı yatırımlardaki değişimlerden istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, kaynak verimliliği, ormanlaşma alanındaki kayıplar ve elektrik tüketim yoğunluğundaki değişimlerden istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilenmekteyken, araştırma-geliştirme harcamalarının istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle herhangi bir şekilde etkilenmemektedir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

İnovasyon uygulamalarının başarıya ulaşabilmesi denetlenebilir mekanizmalara ve gözlemlenebilir süreçlere bağlı olurken, ulusal-yerel düzeyde inovatif faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde, nitelikli personel eksikliğinin bulunması, yüksek maliyetlerin oluşması, yatırım eksikliği bulunması, teknolojik yetersizliğin bulunması, inovatif uygulamalara olan taleplerin belirsiz olması, altyapıda eksiklerin bulunması vb. gibi zorluklarla sıklıkla karşılaşabilmektedir. Ulusal-yerel düzeyde kalkınma göstergelerinden birisi olarak ortaya çıkan eko-inovasyon uygulamalarının, hayata geçirilmesinde, yüksek düzeyde maliyetler nedeniyle finansman eksikliğinin bulunması, inovasyon faaliyetlerinin ekonomik riskler barındırması nedeniyle çekimser kalınması, pazarda yeteri kadar eko-inovasyon talebinin oluşmaması, kalifiyeli personelin yetersiz sayıda olması, ekolojik-çevresel konularda teknik bilgi eksikliğinin bulunması vb. gibi engeller bulunmaktadır. Ek olarak, işletmelerin ve ülkelerin eko-inovasyon faaliyeti gerçekleştirmesini sermaye birikimi, çevresel hizmet altyapısı, hukuki düzenlemelerin ve devlet teşviklerinin yetersiz olması sektöre uğratabilmekteyken, çevre mevzuatı düzenlenmelerinin ve ekonomilerin “temiz üretim” ve “temiz enerji teknolojilerinin” öncelikli alanlar olarak kabul etmesi işletmeleri eko-inovatif adımlarının atılması konusunda cesaretlendirebilmektedir.

Çevresel düzenlemeler, maliyet artırıcı faktör olarak görülmesine rağmen ekonomilere pazar rekabetinde avantaj sağlayabilmektedir. Bu durum, daha az inovatif faaliyette bulunan ekonomilerin, eko-inovasyonu üretim maliyetlerini düşürmek ve minimum çevre standartlarına uyum sağlamak için bir etmen olarak kabul etmesi ve daha yüksek inovatif faaliyette bulunan ekonomilerin yeni pazarlara girebilmek için eko-inovasyonu benimsemesi olarak kanıtlanabilmektedir. Bu kapsamda, eko-inovasyonu uygulamaları yeni süreç ve ürünlerde tasarrufla birlikte ekolojik/ekonomik verimliliği getirerek, ülke ekonomilerine bir çözüm yolu sunabilmektedir. Eko-inovasyonun amaçları arasında kirliliğin önlenmesi/kontrol edilmesi, atık yönetimi-arıtma teknolojisi, çevresel olarak geliştirilmiş ürünler, çevre yönetim sistemi, temiz teknoloji, üretim zincirlerinin çevresel optimizasyonu, sistem inovasyonu vb. gibi faktörler yer alması nedeniyle, eko-inovatif uygulamalar, finansal-çevresel anlamda birçok avantajı beraberinde getirmekle beraber bu tür uygulamaları hayata geçirememekten kaynaklanan riskleri de elemine edebilmektedir. Bu nedenle, politika yapımcıların eko-inovasyonu teşvik etmek için etkili-verimli enstrümanları kullanmaları ve geliştirmeleri gerekmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin eko-inovasyon düzeyini belirlemek amacıyla kurulan model kapsamında, ülkelerin, araştırma-geliştirme harcamaları, ormanlaşma ve elektrik tüketim politikaları yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılmasında doğrudan etkide bulunması, ülkelerin komşuluk ilişkilerini göznetmeden kendi iç politikalarında öncelik vermesi gereken alanlar olarak yorumlanabilmektedir. Uzun dönemde ülkelerin, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki çevre vergi gelirleri, nüfus yoğunluğu, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve doğrudan yabancı yatırım düzeylerinden etkilenmesi, ülkelerin, komşuluk ilişkilerini gözneterek sürdürülebilir kalkınma hedeflerini hayata geçirilmesinin yenilenebilir kaynakların verimli kullanılabilirliğinin artırılmasına ve dolaylı olarak yeşil teknoloji düzeyinin artırılmasına neden olacağını göstermektedir. Ek olarak, kişi başı gayri safi yurtiçi hasılanın kısa dönem mekânsal etkilerinin negatif çıkarak, uzun dönemde mekânsal etkilerinin tersine dönmesi, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde gelirden artış yaşandığı sürece çevresel kirliliğin azalması ve dolaylı olarak çevresel verimliliğin artmasına neden olabileceğini göstermektedir. Doğrudan yabancı yatırımlarla farklı ülkelere, özellikle gelişmekte olan ülkelere, üretim tesisleri kurulması hem sermaye hem de üretimi küreselleştirebilmekteyken, yatırım yapılan ülkelere, beşerî-fiziki alt yapıyı geliştirebilmesiyle birlikte oluşturduğu dışsallıkla verimlilik düzeyinde artış yaşanmasına neden olarak ülkelerin kalkınmasında etkin rol

oyunmaktadır. Bu nedenle, doğrudan yabancı yatırımlarla birlikte ülkelerin teknoloji düzeyleri ve verimlilikleri artabilmektedir. Bu kapsamda, elde edilen teknoloji transferi sayesinde elde edilen ileri teknoloji öğrenimleri ve yüksek verimlilik düzeyleri çevresel bozulmada azalış meydana getirmektedir. Bu durum, model kapsamındaki, doğrudan yabancı yatırımlar ile yenilenebilir enerji kapasitesi arasında negatif korelasyonun uzun dönemde tersine dönerek, doğrudan yabancı yatırımların uzun dönemde çevresel inovasyon ve yeşil teknoloji düzeyini doğrudan/dolaylı olarak artabilmesi ve bu sayede çevresel bozulmanın azalabilmesiyle desteklenebilmektedir. Sonuçlar, ülkelerin çevresel alanda araştırma-geliştirme faaliyetlerini, harcama ve sermaye düzeylerini, enerji ve teknoloji yoğunluğunu kontrol etmesi durumunda, eko-inovasyon uygulamalarının çevresel performans üzerindeki etkisinde anlamlı bir farklılık oluşturabileceğini göstermektedir. Bu durum, araştırma-geliştirme harcamalarının kısa dönemdeki doğrudan etkisinin uzun dönemde tersine dönmesi ve kısa dönemde komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesiyle birlikte desteklenebilmektedir. Gelişmiş ekonomiler, enerji politikası ile birlikte uygun kalkınma politikasını entegre ederek büyüme eğilimi göstermektedir. Bu kapsamda sonuçlar, çevresel verimliliği artırabilmek için, komşuluk ilişkilerini gözleterek enerji/elektrik altyapılarına yönelik uzun vadeli planlar yapılması, kendi ülkelerinde çevre dostu (yeşil) teknolojilerin benimsenmesi ve ilgili çevresel politikaların düzenlenmesi gerekliliğini göstermektedir. Ek olarak sonuçlar, çevresel bozulmanın önemli yapı taşlarını oluşturan enerji, ürün, ham madde vb. gibi kaynakların elde edilmesi sürecinde akıllı ve değer yaratma teknolojileri daha etkin-verimli bir şekilde gerçekleştirilerek çevresel tahribat azaltılabilmesi nedeniyle Endüstri 4.0 politikalarının benimsenmesi gerekliliğini belirtmektedir. Bu çerçevede sonuçlar, konuyla ilgili literatürle Bhat (2018); Mensah ve diğerleri (2018); Lee ve Min (2015); Hoque ve diğerleri (2017); Akpolat ve Altıntaş (2013) ile benzerlik göstermesinin yanı sıra eko-inovasyon politikalarının uygulanmasının hem uzun dönem faydalarını hem de Horbach (2014), çalışmasında ifade ettiği gibi, mekansal ilişkilerin göz önünde bulundurularak ortak kararların alınmasının önemini göstermektedir.

Makale kapsamında Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin eko-inovasyon düzeylerinin dinamik mekânsal ilişkisini incelemek amacıyla kurulan modelde, yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edilmesi, çevreye duyarlı ileri teknoloji ile maksimum ve kaliteli üretim yapılmasını sağlayacak temiz sektör ve teknolojilere geçiş sağlanması, enerji tüketiminden tasarruf sağlamak için araştırma-geliştirme yatırımlarının artması, beşeri sermaye gelişimiyle çevre konusundaki farkındalığın artırılması, geri dönüşüm sisteminin desteklenip geliştirilmesi, kaynakların korunarak etkin kullanımının sağlanması, emisyon hacimlerinde ve kaynak kullanımında işbirliklerinin oluşturulması, çevresel bozulma yaratan alanlardan desteklerin kaldırılması, altyapı, inovasyon, enerji verimliliği vb. gibi alanlarda politikalar geliştirilmesi, temiz üretim teknolojilerini kullanarak maksimum düzeyde enerji üretimi sağlanması, enerji verimliliği seviyesini en yüksek seviyelere çıkarmak için teşviklerin oluşturulması, toprak-arazi kullanımında optimum verimlilik sağlanması, su kaynakları ve orman arazilerinin korunması, ulaşım faaliyetlerin geliştirilmesi gerekliliğini göstermektedir. Ek olarak sonuçlar, çalışma grubunda bulunan ülkelerin komşuluk ilişkilerini gözleterek çevresel bozulmaların önlenmesi/azaltılması için yeni veya geliştirilmiş süreçleri, teknikleri, uygulamaları ve sistemleri içerecek maliyetlerin azalmasına ve kalitenin sağlanmasına neden olan eko-inovasyon uygulamalarının benimsemesiyle birlikte çevresel alanda sürdürülebilirlik sağlayabileceğini göstermektedir. Bu çerçevede sonuçlar, herhangi bir ülkenin eko-inovasyon politikalarını benimsemesi durumunda, komşu ülkelerin de kendi ülkelerinde benzer politikaları benimseyerek uygulayabileceğini ifade etmektedir. Aksi takdirde, belirli bir konumun, çevresel sürdürülebilirlik yerine ekonomik kalkınma hedeflerini gerçekleştirme durumunda, komşu ülkelerin ekonomik kalkınma açısından rekabet edebilmek için benzer şekilde çevresel düzenlemeleri gevşetmesi muhtemel olabilmektedir. Bu nedenle çalışma grubunda bulunan ülkelerin, çevresel düzenleme politikalarını gözden geçirerek ve bölgesel müşterek oluşturarak çevresel sürdürülebilirlik normlarına uygun bir şekilde düzenlemesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan ülkelerin birçoğunda (Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan); ekonomik, çevresel ve sosyal performans hakkında bütüncül bir bakış açısı sağlanabilmesi için eko-inovasyon endeksi hesaplanmaktadır. Eko-inovasyon endeksinin, eko-inovasyon performansını değerlendirmek ve göstermek için bir araç olarak kullanılmasının yanı sıra eko-inovasyon girdileri, eko-inovasyon faaliyetleri, eko-inovasyon çıktıları, kaynak verimliliği sonuçları ve sosyo-ekonomik sonuçlar olmak üzere beş tematik alanda gruplandırılarak farklı çıkarımlarda bulunulmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Eko-inovasyon performansı ile birlikte ekonomilerin güçlü ve zayıf yönleri belirlenebilmektedir. Eko-inovasyon faaliyetlerinin uygulanabilirliği ve kazanımları Avrupa Birliği ve çeşitli yabancı kuruluşlar tarafından incelenmekteyken, Türkiye’de bu konu kapsamında yeterli ve gerekli incelemeler yapılamamaktadır. Türkiye’nin eko-inovasyon faaliyetleri bakımından nerede yer aldığı belirlenmesinde, eksik yanlarının ortaya çıkartılarak geliştirilmesi için neler yapılması gerekliliğinde ve küreselleşen-çevreci yaklaşımların ön plana çıktığı piyasalar kapsamında rekabet gücünün ortaya konulmasında sorunsallıklar yaşanmaktadır. Bu

çerçevede, Türkiye’de ilgili çevresel mevzuat eksiklikleri belirlenerek, eko-inovasyon faaliyetlerinin düzeyinin bölgesel düzeyde ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu sayede, Türkiye için ekonomik, çevresel ve sosyal performans hakkında bütüncül bir bakış açısı sağlanması muhtemel olabilmektedir.

Eko-inovasyon ve göstergelerinin kısa-uzun dönemdeki doğrudan-dolaylı mekânsal etkilerinin ortaya çıkarılmasında, gelecek çalışmalarda, hibrit model yapılarının geliştirilmesiyle birlikte uygulanabilir kamu politikalarının ortaya konulmasının ve farklı model yapılarının mekansallaştırılmasıyla eko-inovasyon alanında daha gerçekçi adımların atılması ve katma değer yaratılmasının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Mehmet Ali Yücel: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak M.Kenan Terzioğlu: Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme Mehmet Ali Yücel Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft M.Kenan Terzioğlu: Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Khattak, S.I., Khan, A. ve Rahman, Z.U. (2020). "Innovation, Foreign Direct Investment (FDI), and the Energy–Pollution–Growth Nexus in OECD Region: A Simultaneous Equation Modeling Approach", *Environmental and Ecological Statistics*, 27(2), 203-232.
- Akpolat, A.G. ve Altıntaş, N. (2013). Enerji Tüketimi ile Reel Gsyih Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- Anselin, L. (1988). "Spatial Econometrics: Methods and Models", Kluwer Academic, Boston MA
- Anselin, L., Le Gallo, J. ve Jayet, H. (2008). "Spatial Panel Econometrics. In The Econometrics of Panel Data", Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bhat, J.A. (2018). "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Impact on Economic Growth and CO-2 Emissions in Five Emerging Market Economies", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35515-35530.
- Boons, F. ve Wagner, M. (2009). "Assessing The Relationship Between Economic and Ecological Performance: Distinguishing System Levels and The Role of Innovation", *Ecological Economics*, 68(7), 1908-1914.
- Darmofal, D. (2006). "Spatial Econometrics and Political Science", *Society for Political Methodology Working Paper Archive*: Erişim adresi: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.536.405&rep=rep1&type=pdf>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).
- Demirkıran, S. Yücel, M.A ve Terzioğlu, K.M. (2020). "Dijitalleşmenin Düzenleyici Kalite Üzerindeki Etkisi", *SADAB 7th International Conference on Social Researches and Behavioral Sciences*, Ekim 2020, Antalya, Türkiye
- Demirkıran, S., Beyoğlu, A., Terzioğlu, M.K. ve Yaşar, A. (2022). Sürdürülebilir Kalkınma Odaklı Dijitalleşme Belirleyicilerinin Verimlilik Üzerindeki Etkilerinin Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. *Verimlilik Dergisi (Dijital Dönüşüm ve Verimlilik Özel Sayısı)*, 30-47.
- Dong, Y., Wang, X., Jin, J., Qiao, Y. Ve Shi, L. (2013). "Research on Effects of Eco-Innovation Types and Regulations on Firms' Ecological Performance: Empirical Evidence from China", *Journal of Engineering and Technology Management*, 34, 78-98.
- Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), (2008). *Çevresel Performans İncelemeleri: Türkiye*, OECD Yayınları, Paris.
- Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), (2012) *The Future of Eco Innovation: The Role of Business Models in Green Transformation*. OECD/European Commission/Nordic Innovation Joint Workshop.
- Fussler, C. ve James, P. (1996). "Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability", Financial Times/Prentice Hall.
- Getis, A. ve Aldstadt, J. (2004). "Constructing The Spatial Weights Matrix Using A Local Statistic", *Geographical Analysis*, 36(2), 90-104.
- Hojnik, J., Prokop, V. ve Stejskal, J. (2022). R&D as bridge to sustainable development? Case of Czech Republic and Slovenia. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(1), 146-160.
- Hoque, M.A.A., Phinn, S., Roelfsema, C. ve Childs, I. (2017). "Tropical Cyclone Disaster Management Using Remote Sensing and Spatial Analysis: A Review", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22, 345-354.
- Horbach, J. (2014). "Do Eco-Innovations Need Specific Regional Characteristics? An Econometric Analysis for Germany", *Review of Regional Research*, 34(1), 23-38.
- Inglesi-Lotz, R. ve Dogan, E. (2018). "The Role of Renewable Versus Non-Renewable Energy to The Level of CO2 Emissions A Panel Analysis of Sub-Saharan Africa's Big 10 Electricity Generators", *Renewable Energy*, 123, 36-43.
- Jo, J.H., Roh, T.W., Kim, S., Youn, Y.C., Park, M.S., Han, K.J. ve Jang, E.K. (2015). "Eco-Innovation for Sustainability: Evidence from 49 Countries in Asia and Europe", *Sustainability*, 7(12), 16820-16835.
- Le Gallo, J. (2002). "Econométrie Spatiale: L'autocorrélation Spatiale Dans Les Modèles De Régression Linéaire", *Economie Prevision*, 4, 139-157.
- Lee, K.H. ve Min, B. (2015). "Green R&D for Eco-Innovation and Its Impact on Carbon Emissions and Firm Performance", *Journal of Cleaner Production*, 108, 534-542.
- Mensah, C.N., Long, X., Boamah, K.B., Bediako, I.A., Dauda, L. ve Salman, M. (2018). "The Effect of Innovation on CO-2 Emissions of OCED Countries from 1990 to 2014", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(29), 29678-29698.
- Pezzey, J. (1989). "Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development", World Bank, Washington.
- Porter, M.E. ve Van der Linde, C. (1995). "Toward A New Conception of The Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.

- Terzioğlu, M.K., Yücel, M.A., Demirkıran, S. ve Acaroğlu, D. (2020). "Kentsel İnovasyonun Kentleşme Üzerine Mekânsal Etkisi", *İDEALKENT*, 11(30), DOI: 10.31198/idealkent.683583.
- Terzioğlu, M. K., Yücel, M. A. ve Gençler, A. (2021). Sosyal İnovasyon ve Artımsal İnovasyon Çerçevesinde İç-Göç Olgusunun Dinamik Mekânsal Etkileşimi. *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi*, 11(1), 69-94.
- Ünlü, F. (2021). Çevresel İnovasyonların Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi: Panel ARDL Yaklaşımı, *Verimlilik Dergisi*, 4, 21-34.
- Yücel, M.A. (2021). "Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Eko-Verimlilik ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Panel Veri Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Türkiye'nin Döngüsellik Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Bir Araştırma

Ferhan SAYIN¹, Utku UTKULU²

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, müzakereci aday ülke olan Türkiye'nin, Avrupa Komisyonu tarafından döngüsel ekonomiye ilişkin izlem çerçevesinde yer alan göstergeler açısından döngüsellik performansının hesaplanmasını amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda Avrupa Birliği (AB) ülkeleri bulguları ile karşılaştırma yapılarak Türkiye'nin döngüsellik potansiyeli ortaya konulmaktadır.

Yöntem: İlk aşamada; AB ülkeleri karşısında Türkiye'nin döngüsellik gelişimi betimsel olarak karşılaştırılarak incelenmektedir. İkinci aşamada, AB döngüsel ekonomi göstergelerinden Türkiye için açıklanan beş temel gösterge çerçevesinde oluşturulan bir sentetik endeks (Ulusal Ekonomiler Döngüsellik Endeksi-INEC) vasıtasıyla ülkenin döngüsellik performansı araştırılmaktadır.

Bulgular: Betimsel ve endeks bulgularının birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Endeks (INEC) bulguları, Türkiye'nin döngüsellik performansında AB ortalamasının gerisinde kaldığına işaret etse de incelenen dönemde (2016-2018) ülkedeki döngüsellik artışına lehine bir eğilim görülmektedir. Türkiye'nin; Birlik içinde 2018 yılı itibarıyla en düşük döngüsellik düzeyine sahip olan Malta, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi ve Estonya'dan daha yüksek döngüsellik endeksine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Özgünlük: Yazında, AB döngüsel ekonomi göstergeleri temelinde oluşturulan bir endeks vasıtasıyla Türkiye'nin döngüsellik performansının araştırıldığı ve AB ülkeleri ile karşılaştırmasının yapıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışmanın ilgili alandaki özgün ve yaygın etkisinin önemli olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Ulusal Ekonomiler Döngüsellik Endeksi, Döngüsellik Performansı.

JEL Kodları: O57, Q01, Q53, Q59, C43.

Circularity Performance of Türkiye: A Comparative Investigation with the European Union Countries

ABSTRACT

Purpose: This study aims to calculate the circularity performance of Türkiye, a negotiating candidate country, in terms of the indicators included in the monitoring framework of the Circular Economy by the European Commission. In line with this purpose, Türkiye's circularity potential is revealed by comparing the evidence of the European Union (EU) countries.

Methodology: In the first stage, the circular development of Türkiye is examined in a comparison with descriptive style over the EU countries. In the second stage, the circular performance of the country is investigated and compared by means of a synthetic index (Index of National Economies Circularity-INEC) constructed within the framework of five basic indicators announced for Türkiye.

Findings: Both descriptive and index findings seem to be compatible. Although the empirical findings of the Index (INEC) suggest that Türkiye ranks behind the member countries in terms of the circularity performance in average, there appears to be an increase in favour of the country's circularity during the period (2016-2018) examined.

Originality: In the literature, no study is found in which Türkiye's circular potential and performance are investigated and compared with the EU countries through an index constructed based on the EU Circular Economy indicators. For this reason, it is considered that the original and widespread effects of the work are going to be significant.

Keywords: Circular Economy, Index of National Economies Circularity, Circularity Performance.

JEL Codes: O57, Q01, Q53, Q59, C43.

¹ Doç. Dr., İzmir Demokrasi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, İzmir, Türkiye, ferhan.sayin@idu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1209-7113 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, İzmir, Türkiye, utku.utkulu@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8419-0598.

DOI: 10.51551/verimlilik.1110168

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 29.04.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 07.09.2022

Atif: Sayın, F. ve Utkulu, U. (2023). "Türkiye'nin Döngüsellik Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 187-202.

1. GİRİŞ

Doğrusal ekonomik sistemin hâkim olduğu gezegenimizde, sınırlı kaynak potansiyeline rağmen sürekli artan talep nedeniyle kaynakların tükenişi hızlanmaktadır. Mevcut doğrusal ekonomik sistemin devamı halinde, gezegenimizin 3 ila 6 derecelik bir sıcaklık artışına maruz kalacağı; Paris Antlaşması'nı imzalayan ülkelerin tamamının emisyon azaltma taahhütlerini yerine getirmesi durumunda dahi küresel sıcaklıklardaki artışın 3,2 dereceye ulaşacağı tahmin edilmektedir (Circle Economy, 2021). İklim değişikliğine dayanıklılığın artırılması ve etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla "net sıfır" hedefine ulaşma yolunda ülkelerin, Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı'nı benimsemeleri gün geçtikçe daha fazla önem göstermektedir. Gelişen ve yaşanabilir bir Dünya için küresel döngüyü %8,6'dan %17'ye çıkararak ikiye katlamak gerektiği yönündeki bulgular, mevcut kaynakların daha verimli kullanımını zorunlu hale getirmektedir (Circle Economy, 2021). Bunun sonucu olarak, mevcut kaynakların daha verimli kullanılması yollarının araştırıldığı çalışmalar da yazında son yıllarda gittikçe artış göstermektedir.

Avrupa Birliği (AB), 2010 yılından itibaren 2020 yılına kadar üye ülkelerce benimsenmesine karar verilen sürdürülebilir, kapsayıcı ve akılcı büyümeden oluşan Avrupa 2020 Stratejisini belirlemiş olup, söz konusu strateji Döngüsel Ekonomi Eylem Planları'nın temelini oluşturmuştur. Son dönemde ise AB, bir adım daha atarak 11 Aralık 2019'da Komisyon'ca yayımlanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) ile yeni bir orta vadeli büyüme stratejisi uygulamaya başlamıştır. AB'nin bu yeni stratejisi ile başta enerji, sanayi, tarım ve ulaşım alanlarında uygulanacak programlar ile Avrupa'nın 2050 yılına dek karbon-nötr (sıfır salınım) ve iklim dostu olan bir kıtaya dönüştürülmesi amaçlanmakta olup, birinci aşamada 2019-2024 dönemi için plan yapılmıştır. Bu açıdan bakıldığında, Avrupa Yeşil Anlaşması'nı iklim ve çevre ile ilgili gezegensel yaşamsal tehditlere verilen somut bir yanıt olarak görmek mümkündür. Avrupa Yeşil Mutabakatı-Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile birlikte AB'de döngüsel ekonomiye geçiş için 2050 yılını hedeflemiştir. Buna göre, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın 2050 yılına gelindiğinde net karbon salınımını sıfırlayan, ekonomik büyüme ile kaynak kullanımının ayrıklaştırıldığı, kaynakların etkin/verimli biçimde kullanıldığı, rekabetçi, adil, yüksek refaha sahip ve biyolojik çeşitlilikteki kayıpların önlendiği bir Avrupa toplumuna dönüşümünün gerçekleştirilebilmesi için bir ön koşul niteliğinde olduğu belirtilmektedir (European Union, 2020).

Döngüsel ekonomiye ilişkin izleme çerçevesi, Avrupa Komisyonu tarafından üretim ve tüketim, atık yönetimi, ikincil hammadde/malzeme ile rekabetçilik ve yenilik kapsamında belirlenen göstergelerden oluşmaktadır. Bu göstergeler vasıtasıyla ülkelerin döngüsellik performansının araştırıldığı çalışmalar ilgili yazında artış göstermektedir (Elia ve diğerleri, 2017; Figge ve diğerleri, 2018; Núñez-Cacho ve diğerleri, 2018; Moraga ve diğerleri, 2019; Plastinina ve diğerleri, 2019; Garcia-Bernabeu ve diğerleri, 2020; Kasztelan, 2020). Ancak yazında, AB döngüsel ekonomi göstergeleri temelinde oluşturulan bir endeks vasıtasıyla Türkiye'nin döngüsellik performansının araştırıldığı ve AB ülkeleri ile karşılaştırmasının yapılarak potansiyelinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışmanın ilgili yazında var olan bu boşluğu doldurmasının, özgün ve yaygın etkisine de olumlu yansıtacağı düşünülmektedir.

Beş bölümden oluşan bu makalede amaç, önem, kapsam ve yöntemin vurgulandığı giriş bölümünün izleyen ikinci bölümde Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı'nın kavramsal çerçevesi açıklanmakta olup, üçüncü bölümde Avrupa Komisyonu Döngüsel Ekonomi Göstergeleri çerçevesinde Türkiye'nin döngüsellik performansı ortaya konmaktadır. Dördüncü bölümde ise Kasztelan (2020) tarafından geliştirilen Ulusal Ekonomiler Döngüsellik Endeksi (Index of National Economies Circularity-INEC) gerek müzakereci aday ülke olarak Türkiye ve gerekse AB ülkeleri için hesaplanmakta ve bulgulara dayanarak Türkiye'nin döngüsellik performansına ilişkin karşılaştırmalı bir analiz yapılmaktadır. Sonuç bölümünde ise, elde edilen endeks bulguları ve karşılaştırmalı inceleme çerçevesinde AB'ne üyelik yolundaki Türkiye'nin döngüsellik performansına yönelik tespitlerin yanı sıra döngüsellik performansının yükseltilebilmesi için bazı politika önerilerine yer verilmektedir.

2. DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Refah olgusunun tüketim eylemi ile özdeşleştiği günümüz Dünya'sında, insanlara ayrılan kaynakların tükenişi de giderek hızlanmaktadır. Nitekim, bunun sonucu olarak Dünya Limit Aşım Günü 28 Temmuz 2022'de gerçekleşmiştir (Global Footprint Network, 2022). Bu durum, kuşkusuz mevcut kaynakların daha verimli kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Özellikle son yıllarda, buna yönelik araştırmalar ilgili yazında giderek artış göstermektedir.

Sanayi Devrimi'nden itibaren ekonomilerin, gereksinimleri karşılayan mal ve hizmetlerin ham madde kullanılarak elde edilmesi, ihtiyacı olan birimler tarafından satın alınıp kullanılması ve kullanım ömürleri sonunda atılması örüntüsü hakimiyetinde olduğu açıkça görülmektedir. Gezegenin var olan sınırlı kaynak potansiyeli ve giderek karşılayabileceğinden fazlasının talep edilmesi yüzünden "Al-Yap-Tüket-At" (Take-Make-Consume-Dispose) şeklinde işleyen Doğrusal Ekonomi (Linear Economy) Modeli'nin artık

günümüzde geçerli olamayacağı anlaşılmaktadır. Buna alternatif olarak, sürdürülebilir üretim ve tüketim ile geri dönüşüm süreçleri temelinde analiz yapan Döngüsel Ekonomi Modeli'nin öne çıktığını ve ivme kazandığını görmekteyiz. Nitekim, 2015 yılında Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin, 2030 yılına kadar ülkelerin Döngüsel Ekonomi Modeli'ni benimsemesine yönelik olarak oluşturulduğu söylenebilir (Sayın 2020: 1-2; Sayın ve Çelik, 2020: 525).

Mevcut üretim ve tüketim düzeylerinin devamı halinde, gezegen kaynaklarının gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilmesinin mümkün olamayacağı tespiti giderek daha fazla kabul görmektedir. Bu çerçevede kapalı malzeme döngüsü temelinde kurgulanmış "döngüsel ekonomi", alternatif bir büyüme modeli/stratejisi olarak tartışılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilirlik sorunsalının çözümünde, ilgili yazında döngüsel ekonomi paradigma değişiminin anahtar rol oynayacağı konusunda görüş birliği mevcuttur. Ancak, yine de "farklı paydaşlar için farklı anlam, rol ve sorumlulukları olduğundan ve tüm bu çeşitli katkıların kendi özel bağlamlarında dikkate alınması gerektiğinden" döngüsel ekonomiye ilişkin ortak bir tanım bulunmamaktadır döngüsel ekonomiye ilişkin ortak bir tanım bulunmamaktadır döngüsel ekonomiye ilişkin ortak bir tanım bulunmamaktadır (EIO, 2016: 9).

Döngüsel ekonomi olgusunu yansıtan davranış biçimlerinin kökenleri insanlık tarihinin derinlerine dek uzanmaktadır. Bulgular, neolitik dönemden başlayarak, gerçekleştirilen avlardan elde edilen yan ürünler kullanılarak giyecek, takılar ve silah kullanılmasının yanı sıra malların ve hizmetlerin takas edilerek fayda yaratıldığına işaret etmektedir. Aynı döngüsel ekonomi olgusu, 20. yüzyılın sonlarından itibaren başlayarak ve günümüzde gezegenin sınırsız olmayan kıt kaynaklarının çevre ve iklim üzerinde oluşturduğu geri alınamaz tahribat pahasına tükenmesi sorununa kalıcı bir çözüm olarak ileri sürülmüştür (Sayın ve Çelik, 2020: 526).

Çevre hareketini biçimlendiren yıllar olarak kabul edilen 1960'larda, kıtlık ve toksisite sorunlarına odaklanan çalışmalar (Carson, 1962; Hardin, 1968; Buckminster Fuller, 1969) önceleri T. R. Malthus, J. S. Mill ve H. C. von Carlowitz tarafından savunulan doğal kaynakların sorumlu yönetimi düşüncesine dayanmaktadır. Kaynak kullanımına bağlı olan toplumsal ve çevresel refah arasındaki bağlantı ile çevresel sorunların yüzeysel ve yerel olmadığına dair gelişen farkındalık (Commoner, 1971 aktaran Blomsma ve Brennan, 2017) birleşmiştir. Söz konusu dönemdeki durumu 'açık kovboy ekonomisi' olarak tanımlayan Boulding (1966: 7), insanın döngüsel bir ekolojik sistemde yer alması gerektiğini ifade ederek, kapalı uzay gemisi örneğindeki gibi ekonomik sistemlerde de döngüyü kapatmanın gerekliliğine vurgu yapmıştır (Blomsma ve Brennan, 2017). Stahel ve Reday-Mulvey (1981) tarafından Avrupa Komisyonu'na gönderilen bir raporda, 1970'lerdeki artan enerji fiyatları ve yüksek işsizlik oranlarına istinaden insan gücünün enerjinin yerini alması fikriyle biçimlenen Döngüsel Ekonomi kavramı ilk kez Pearce ve Turner (1990) tarafından kavramsal düzlemde tartışılmıştır.

Döngüsel ekonomi kapsamındaki faaliyetler temel alınarak geliştirilen R çerçevelerine dayalı temel ilkeler konusunda oldukça geniş bir yazın bulunmaktadır. Bu çerçeveler içinde başlangıç noktası olarak, Çin Halk Cumhuriyeti'nin 2008 Döngüsel Ekonomiye Teşvik Yasası'nın (People's Republic of China-PRC, 2008) merkezinde yer alan 3R çerçevesinin temel alınması yaygın bir kullanımdır (King ve diğerleri, 2006; Brennan ve diğerleri, 2015; Lieder ve Rashid, 2016; Ghisellini ve diğerleri, 2016; Gaustad ve diğerleri, 2018). 3R çerçevesi; Azaltma (Reduce), Yeniden Kullanım (Reuse) ve Geri Dönüşüm (Recycle) ilkelerini ifade etmektedir. AB Atık Çerçeve Direktifi (EC, 2008) merkezinde ise 3R çerçevesine ilaveten Geri Kazanım (Recover) boyutu da ele alınarak döngüsel ekonominin temel ilkeleri 4R çerçevesi olarak geliştirilmiştir. İlgili yazında R çerçevesi, 6R (Sihvonen ve Ritola, 2015; Jawahir ve Bradley, 2016; Sady, 2016) ve nihai olarak 9R (Van Buren ve diğerleri, 2016; Kirchher ve diğerleri, 2017; Potting ve diğerleri, 2017; Okorie ve diğerleri, 2018) boyutuna ulaşmıştır. 9R çerçevesinde döngüsellik stratejileri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. 9R çerçevesinde döngüsellik stratejileri

Stratejiler	İlkeler	Açıklamalar
Daha Akıllı Ürün Kullanımı ve Üretimi	R0-Reddetme (Refuse)	İşlevini bırakarak veya aynı işlevi tamamen farklı bir ürünle ikame ederek ürünü gereksiz hale getirmek
	R1-Yeniden Düşünme (Rethink)	Ürünün daha yoğun kullanımını sağlamak (örneğin, ürünleri paylaşarak veya çok işlevli ürünleri piyasaya sürerek)
	R2-Azaltma (Reduce)	Doğal kaynak ve malzeme tüketimini azaltarak ürün imalatında veya kullanımında verimliliği artırmak
Ürünün ve Parçalarının Ömrünü Uzatma	R3-Tekrar Kullanma (Reuse)	Halen iyi durumda olan ve orijinal işlevini yerine getiren atılmış ürünün başka bir tüketici tarafından yeniden kullanılması
	R4-Onarım (Repair)	Arızalı ürünün orijinal işlevi ile kullanılabilmesi için bakım ve onarımı
	R5-Yenileme (Refurbish)	Eski bir ürünü yenileyerek güncellemek
Malzemelerin Faydalı Kullanımları	R6-Yeniden Üretme (Remanufacture)	Atılan ürünün parçalarını aynı işleve sahip yeni bir üründe kullanmak
	R7-Yeniden Amaçlandırma (Repurpose)	Başka bir amaca uygun hale getirmek için atılan ürünü veya parçalarını farklı bir işleve sahip yeni bir üründe kullanmak
	R8-Geri Dönüşüm (Recycle)	Aynı (yüksek dereceli) veya daha düşük (düşük dereceli) kaliteyi elde etmek için malzemeleri işlemek
	R9-Geri Kazanım (Recover)	Malzeme atıklarından enerjilerini geri kazanmak

Kaynak: Kirchherr ve diğerleri (2017), Potting ve diğerleri (2017: 5), Utkulu ve Türköz (2020: 119).

9R çerçevesi üç temel strateji kapsamında sınıflandırılmaktadır. Bunlar *daha akıllı ürün kullanımı ve yönetimi* (Reddetme, Yeniden Düşünme ve Azaltma); *ürünün ve parçalarının ömrünü uzatma* (Tekrar Kullanma, Onarım, Yenileme, Yeniden Üretme ve Yeniden Amaçlandırma) ve *malzemelerin faydalı kullanımları* (Geri Dönüşüm ve Geri Kazanım) stratejileridir. Tablo 1’de aşağıdan yukarıya doğru çıkıldıkça doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye doğru bir yönelim görülmektedir. Bunun nedeni, malzemelerin farklı kullanım stratejilerinden, ürünün ve parçalarının ömrünü uzatma stratejilerine ve oradan daha akıllı ürün kullanımı ve üretimi stratejilerine geçişin döngüsellik artırmasıdır (Kirchherr ve diğerleri, 2017). Bu bağlamda, kaynakların kıt olduğu yeryüzünde ürünlerin; daha çok ihtiyacı daha az kaynak kullanımı ile sağlayan üretim süreçlerini yeniden tasarlamak, paylaşarak faydasını arttırmak ve ürünlerin işlevlerini tamamlaması sonrasında ortaya çıkan atıkların geri dönüşümü yoluyla döngüsel ekonomik sistemi oluşturmak gerekecektir. Zira, Circle Economy (2020a: 8)’e göre, Dünya ekonomisinin sadece %8,6’sı döngüsel olup devasa bir “döngüsel açık” söz konusudur. Kuşkusuz, küresel döngüsellik açığını kapatma konusunda ülkeler en önde gelen aktörlerdir. Giderek daha çok ülke, Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı’nı kendi ülke ekonomilerini gerek daha rekabetçi hale getirebilmek gerekse giderek artan nüfus için yaşam şartlarını iyileştirmenin yanı sıra emisyon hedeflerine erişmeye destek olabilmek ve ormansızlaşmayı engelleyebilmek için benimsemektedir. Söz konusu hedeflere ulaşmaya çalışan ülkelerin nihai hedefleri benzeşse de gerek sosyal bakımdan adil gerekse ekolojik açıdan güvenli kalkınma iklimine ne şekilde ulaşacakları önemli ölçüde farklılıklar içermektedir. Örneğin, Avusturya’nın mevcut %9,7 olan döngüsellik oranının ülkenin iç dinamiklerinde yapılacak değişikliklerle %37,4’e çıkartılabilmesi mümkün görünürken, döngüsellik yarışında lider olan Hollanda’nın ise tarım, inşaat, imalat ve enerji sektörlerindeki müdahaleleriyle söz konusu oranı %24,5’ten %70’lere çıkarabileceği öngörülmektedir. Norveç’te ise her yıl tüketilen malzemelerin %97,6’sı geri dönüştürülmediğinden döngüsellik oranı %2,4 ile küresel ortalamanın altındadır (Circle Economy, 2020b). Geri dönüşüm ve döngüsellik oranı arasındaki bu doğru yönlü bağıntı, ülkelerin atık yönetimi konusuna öncelikli olarak önem vermeleri gerektiğinin de bir göstergesi olmaktadır. Avrupa Komisyonu da üye ülkelerin döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde atık yönetimini stratejik bir alan olarak ele almaktadır (EC, 2019).

Döngüsel bir ekonomiye geçiş için çaba sarf etmek, toplumda temel bir geçiş ve dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Böyle bir süreç, çeşitli alt sistemlerde sadece bölgesel veya ulusal ölçekte değil, aynı zamanda küresel ölçekte de eşzamanlı değişiklikler gerektirmektedir. AB, 2010 yılından itibaren 2020 yılına kadar üye ülkelerce benimsenmesine karar verilen sürdürülebilir, kapsayıcı ve akılcı büyümeden oluşan Avrupa 2020 stratejisini belirlemiş ve uygulamıştır. Bu strateji hiç kuşkusuz Döngüsel Ekonomi Eylem

Planlarının temelini oluşturmuştur. Avrupa Komisyonu'nun "Döngünün Kapatılması" olarak da isimlendirilen Döngüsel Ekonomi Paketi, üretim ve tüketimden, kaynak ile atık yönetimine kadar bütün döngüyü içeren bir dizi önlem ve izleme aracının önerildiği bir Avrupa Eylem Planı'dır (EC, 2015). Bu nedenle ürünlerin yaşam döngülerindeki tüm süreçlerde, kaynak verimliliği için atık minimizasyonuna ulaşmayı hedefleyen atık yönetim stratejilerinin belirlenmesi (Atık Hiyerarşisi) de atık yönetimi çerçevesinde ele alınmaktadır (Sayın, 2020: 5).

Braungart ve McDonough (2002) tarafından yazına kazandırılan "Beşikten Beşiğe" (Cradle to Cradle-C2C) anlayışı, atık ve kaynak yönetimde negatif çevre dışsallıklarını engellemeyi yanı sıra ürün ve hizmet üretiminde rekabetçiliği artıran etkili bir yaklaşımdır. Bu çerçevede, kapalı döngü ekonomisinin oluşturulup, sistemleştirilmesi sayesinde atık; potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilebilmektedir. Bu süreçte, üretim, dağıtım ve kullanım süreçlerinin yeniden düşünülmesine ve tasarlanmasına öncelik verilmektedir. Böylece, tek bir atık hiyerarşisinin izlenmesi nedeniyle çoğu geri dönüşümün zamanla malzemelerin kalitesini düşürebilmesi riski dikkate alınmaktadır. Öyle ki, ürünlerin yaşam döngüsünün bu şekilde bütünsel biçimde tasarlanması ve değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınma perspektifinde temel bir araç olarak ortaya çıkmaktadır (Toxopeus ve diğerleri, 2015; Neugebauer ve diğerleri, 2015).

Kuşkusuz, ülkelerin iktisat politikası karar birimlerinin döngüsel paradigma değişim ve dönüşümü için gereken ulusal stratejileri saptarken insan gönenci doğrultusunda adımlar atmaları gerekmektedir. Elleri potansiyel kaynaklar ve atıklar hakkında doğru ve detaylı bilgiyle davranmalı ve *ekonomik*³ istikrara ulaşmak için ürün yaşam dönemlerinin daha uzun tasarımını temel almaları gerekmektedir. Ancak böyle davranıldığında gerek atığı gerekse israfı özendirmekten kaçınmak mümkün olabilecektir. Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nda vurgulandığı üzere, atığın olabildiğince azaltılması ve geri dönüştürülmesi öncelikli olarak ele alınmalıdır. Atığın azaltılmasının mümkün olmadığı durumlarda ise enerji geri kazanımı yoluna gidilmelidir (EC, 2020). Böylece atıkların ekonominin katma değer yaratabilecek farklı sektörlerinde kullanımı yoluyla akıllı, kapsayıcı ve sürdürülebilir bir kalkınma süreci sağlanabilecektir.

Makro düzlemde, ekonomik büyümenin tüketimden ayrıklaştırılması; mezo düzlemde⁴ doğal çevre ve bölgesel kalkınmanın özendirilmesi; mikro düzlemde ise daha temiz üretim için kaynakların verimli kullanılmasının hedeflendiği (Scarpellini ve diğerleri, 2020) çok boyutlu bir paradigma olan döngüsel ekonomi, disiplinlerarası araştırma ve iş birliklerini yapılabılır kılmakta ve gerektirmektedir. Bu bağlamda son zamanlarda döngüsel ekonomi alanındaki araştırmaların arttığı görülmektedir. Çok paydaşlı bir yaklaşım olduğundan, her bir aktörün alanına bağlı olarak da farklılaşan tanım, anlam ve katkılar söz konusu olmaktadır. İlgili yazında Ellen MacArthur Foundation (2015) tarafından yapılan döngüsel ekonomi tanımı ise en fazla kabul görenidir. Sürdürülebilir kalkınmanın kolaylaştırılmasında bir araç ekonomik sistem olarak ifade edilen bu tanımda döngüsel ekonomi, malzeme ve enerji çevrimlerini kapatmak suretiyle kaynakların tükenmesini önleyerek çevre ve toplum arasındaki ilişkinin paradigma değişikliğini yansıtmaktadır. Böylece döngüsel ekonomi, üretim ve tüketim süreçlerinin çevre üzerindeki negatif dışsallıklarını olabildiğince azaltmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda döngüsel ekonomi, üretim süreçlerinde kıt kaynakların etkin ve verimli kullanılması, ortaya çıkan atıkların geri dönüşümü yoluyla elde edilen ham madde maliyetlerindeki minimizasyon, yeniden üretimle ürünlerin yaşam dönemlerinin uzaması ve paylaşılarak faydasının artırılması gibi temel ilkelere dayanmaktadır (Sayın ve Çelik, 2020: 548).

Döngüsel ekonomi, ekonomileri yeniden yapılandırma, onları daha sürdürülebilir ve rekabetçi hale getirme fırsatı sunmaktadır. Bu yaklaşımı benimseyen ekonomilerdeki firmalar, endüstriler ve vatandaşlar için önemli faydalar sağlanabilmektedir. Bunlar:

- Daha yenilikçi ve verimli üretim ve tüketim yolları,
- İşletmeleri kaynak kıtlığına ve değişken fiyatlara karşı koruma,
- Yerel işler ve sosyal entegrasyon için fırsatlar,
- Geri dönüşümü hızlandıran ve depolama alanını azaltan atık yönetiminin optimizasyonu,
- Daha kısa üretim süreci daha az enerji gerektirdiğinden, enerji tasarrufu,
- İklim ve biyoçeşitlilik, hava, toprak ve su kirliliği açısından çevreye fayda olarak sıralanabilir (Eurostat, 2022a).

³ Mann Borgese (1988) tarafından, çevre ve kalkınmanın bölünmezliği ile *ekonomi* ve *ekoloji*nin bütünleşmesini sembolize etmek için önerilen bir kelimedir.

⁴ Bölgesel kalkınmayı ve doğal çevreyi teşvik etmek amacıyla döngüsel ekonomik faaliyetlerin eko-endüstriyel park düzeyinde gerçekleştirilmesidir (Scarpellini ve diğerleri, 2020).

3. AVRUPA KOMİSYONU GÖSTERGELERİ ÇERÇEVESİNDE TÜRKİYE’NİN DÖNGÜSELLİK PERFORMANSI VE AB-27 KARŞILAŞTIRMASI

Avrupa Komisyonu tarafından oluşturulan döngüsel ekonomiye ilişkin izleme çerçevesi, bazıları alt göstergelere ayrılmış on temel göstergeden oluşmaktadır. Söz konusu göstergeler, döngüsel bir ekonominin ana unsurlarını yakalamak için Komisyon tarafından seçilmiştir. Bu on gösterge Eurostat (2022b)'ye göre dört tematik alana bölünmüştür:

Üretim ve Tüketim: Döngüsel ekonomiye doğru ilerleyebilmek için bunu üretim ve tüketim aşamalarına yansıtılabilmek oldukça önemlidir. Hanehalkı ve ekonomik sektörler uzun vadede ürettikleri atık miktarını azaltabilirlerse, üretim için seçilen hammaddelerin kendi kendine yeterliliğine katkıda bulunabilirler. Bu alan dört alt göstergeden oluşmaktadır: AB’de üretim için hammaddelerin kendi kendine yeterliliği, yeşil kamu alımları (finansman boyutu için bir gösterge olarak), atık üretimi (tüketim boyutu için bir gösterge olarak) ve yemek atıkları.

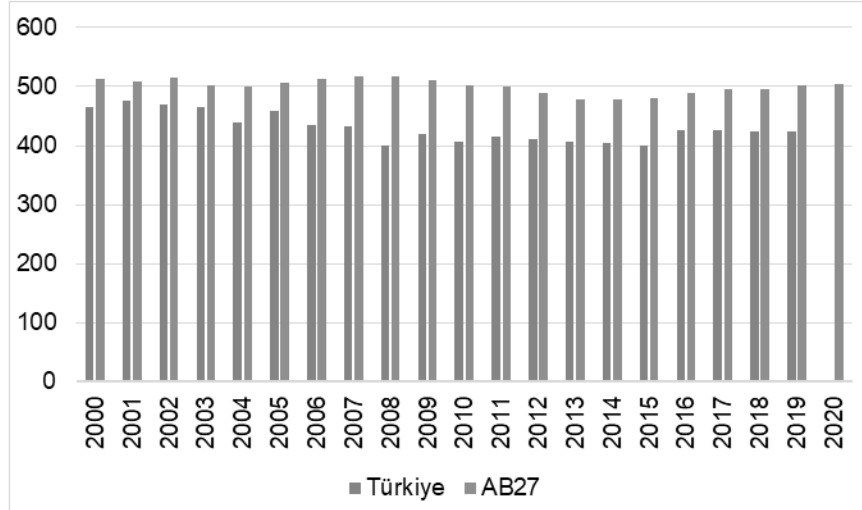
Atık Yönetimi: Artan geri dönüşüm, döngüsel ekonomiye geçişin bir parçasıdır. Bu alan, değer yaratmaya devam etmek için geri dönüştürülen ve fiilen ekonomik döngüye geri döndürülen atıkların payına odaklanmakta olup, iki alt göstergeden oluşmaktadır: Geri dönüşüm oranları (geri dönüştürülen atıkların payı) ve spesifik atık akışları (ambalaj atıkları, biyoatık, e-atık, vb.).

İkincil Hammaddeler: Döngüyü kapatmak için malzeme ve ürünlerin, örneğin yeni malzemeler veya ürünler şeklinde ekonomiye yeniden dahil edilmesi gerekir. Geri dönüştürülmüş malzemeler, yeni çıkarılan doğal kaynakların yerini alır, üretim ve tüketimin çevresel ayak izini azaltır ve gelecekteki hammadde tedarikinin güvenliğini artırır. Bu alanda iki alt gösterge bulunmaktadır: Geri dönüştürülmüş malzemelerin hammadde talebine katkısı ve AB üye devletleri ve dünyanın geri kalanı arasında geri dönüştürülebilir hammadde ticareti.

Rekabetçilik ve Yenilik: Döngüsel ekonomi, istihdam yaratılmasına ve sürdürülebilir büyümeye katkıda bulunur. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi, daha kolay yeniden kullanım için ürün tasarımlarını iyileştirir ve yenilikçi endüstriyel süreçleri teşvik eder. Bu alanda iki alt gösterge yer almaktadır: Özel yatırımlar, işler ve brüt katma değer ve inovasyonun bir temsilcisi olarak geri dönüşüm ve ikincil hammaddelerle ilgili patentler.

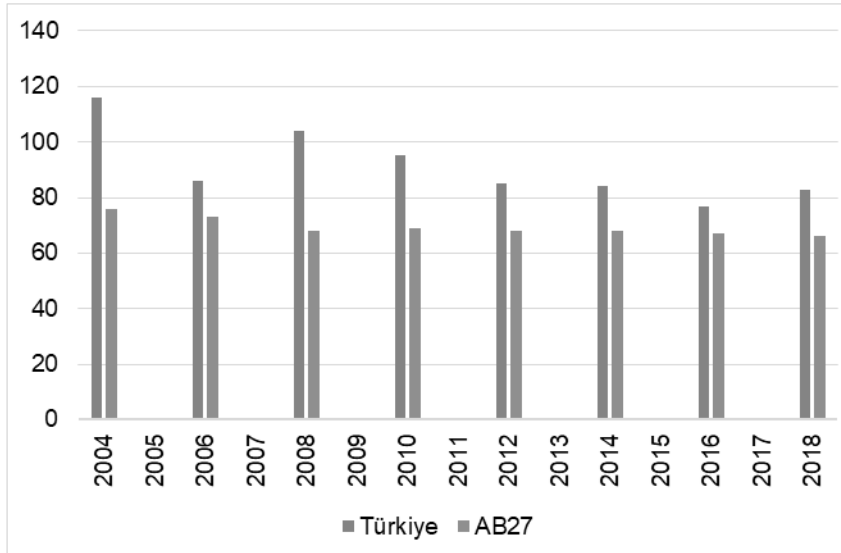
Söz konusu döngüsel ekonomi göstergelerinden, yeşil kamu alımları ve gıda (yemek) atıkları verileri AB ülkeleri için henüz geliştirilme aşamasındadır. Ancak tüm diğer göstergelere ait veriler, üye ülkeler için mevcut olsa da aday ülkeler için sınırlıdır. Üyelik yolundaki her bir ülkenin, AB’nin benimsediği Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı’nın izlem ölçütlerini ulusal ölçekte geliştirmesi; AB’ye dahil olma sürecinde olumlu bir gelişme olarak nitelendirilmektedir. Bu bağlamda müzakereci aday ülke olarak Türkiye için yayımlanan göstergelerin AB’nin geneline göre yıllar itibarıyla seyrinin incelenmesi, ülkenin döngüsel ekonomi potansiyelini ve performansını yansıtabilecektir.

Avrupa Komisyonu döngüsel ekonomiye ilişkin izleme çerçevesinde yer alan on göstergeden yaklaşık yarısı müzakereci aday ülke durumundaki Türkiye için de üretilmektedir. Üretim ve tüketim kapsamında atık üretim, atık yönetimi kapsamında geri dönüşüm oranları ile rekabetçilik ve yenilik kapsamında da tek bir yıl da olsa veriye ulaşılmaktadır. Bu başlıkta, Türkiye’nin mevcut göstergeler çerçevesinde, AB karşısındaki durumu karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Brexit sonrası AB27 için ayrıca açıklanan veriler dikkate alınarak Türkiye ve AB genelinin, üretim ve tüketim ana göstergesi kapsamında yer alan kişi başına belediye atık üretiminde yıllar itibarıyla seyri Şekil 1’de sunulmaktadır.



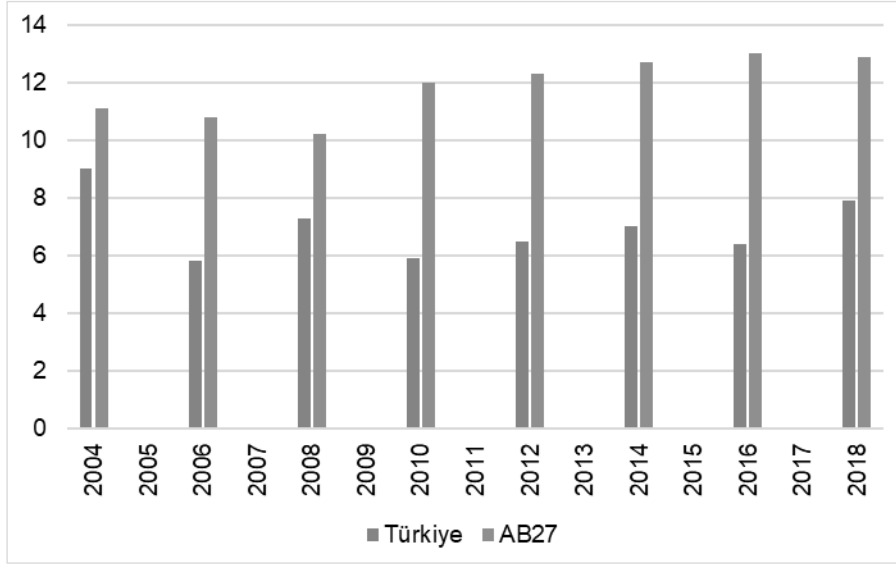
Şekil 1. Kişi başına belediye atık üretimi (kişi başına kilogram) (Eurostat, 2022c)

Belediye atıkları; üretilen atığın sadece yaklaşık %10'unu oluşturmasına karşın heterojen bileşimi nedeniyle çevreye duyarlı yönetimi zorluklar içermektedir. Bu nedenle, belediye atıklarının oranı, genel atık yönetim sisteminin kalitesi hakkında önemli bir gösterge olarak nitelendirilir. Üstelik kişi başına belediye atık üretimi yalnızca döngüsel ekonomi sürecinin değil aynı zamanda Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda ilerlemeyi takip etmek için yapılandırılan gösterge setinin de bir unsurudur (Eurostat, 2021). Yaklaşık 84 milyon nüfusa sahip olan Türkiye'nin; 27 ülkeden oluşan ve yaklaşık 447 milyon nüfuslu AB'ye göre kişi başına belediye atık üretiminde geride olması elbette kolaylıkla öngörülebilir (Eurostat, 2022d). Şekil 1'de Türkiye'nin kişi başı belediye atık üretiminin AB27'nin yaklaşık yarısına tekabül ettiği; yıllar itibarıyla değişiminde de genellikle büyük farklılıklar olmadığı anlaşılmaktadır. Buna karşın, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar dışında üretilen atık miktarlarında AB'den yüksek oranlara sahip olduğu Şekil 2'de izlenmektedir.



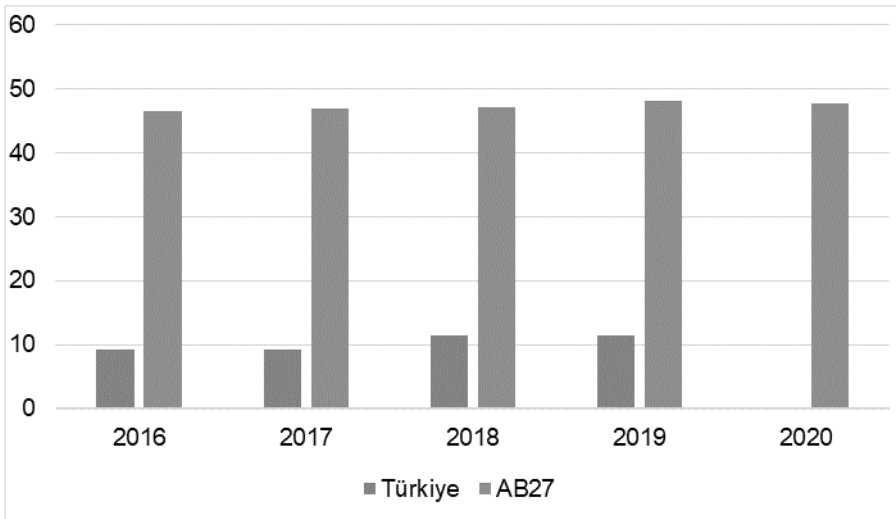
Şekil 2. GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi (bin euro başına kilogram) (Eurostat, 2022e)

Ekonomik daralma dönemlerinde, tüketim eğilimindeki azalışa paralel olarak atık üretim miktarının azalma eğilimine yöneldiği de Şekil 2 incelendiğinde görülmektedir. Türkiye'nin GSYH düzeyi AB'den düşük olduğu için, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar dışında üretilen atık miktarları AB genelinden fazladır. Büyük mineral atıklar hariç olmak üzere evsel malzeme tüketimi sonucu üretilen atık miktarlarında ise tam tersi bir dağılım olduğu Şekil 3 incelendiğinde anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi (%) (Eurostat, 2022f)

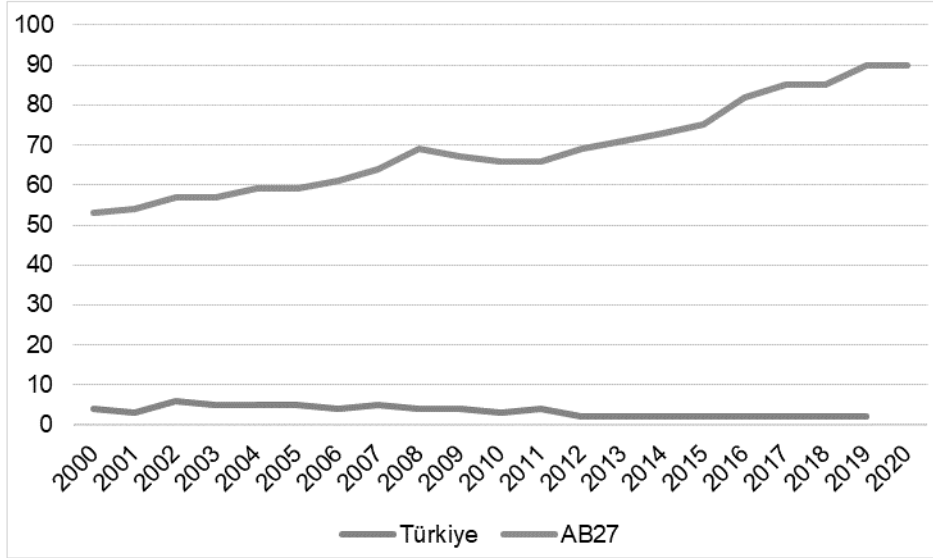
Bu alt gösterge, büyük mineral atıklar dışında, bir ülkede üretilen tüm atıkların bir ülkenin yerel malzeme tüketimine (domestic materials consumption) bölünmesi olarak tanımlanmaktadır (Eurostat, 2022f). Nüfus yoğunluğu Türkiye'den fazla olduğu için AB, büyük mineral atıklar hariç olmak üzere evsel malzeme tüketimi sonucu üretilen atık miktarlarında da daha yüksek düzeylere sahiptir. Buna karşın, ekonomik daralma süreçlerinde yaşanan tüketim eğilimi azalışı nedeniyle atık üretim miktarının düşme eğilimine girdiği Şekil 3'te görülmektedir. Döngüsel ekonomi göstergelerinden atık yönetimi kapsamında yer alan belediye atıklarının geri dönüşüm oranının yıllar itibarıyla değişimi Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Belediye atıklarının geri dönüşüm oranı (%) (Eurostat, 2022g)

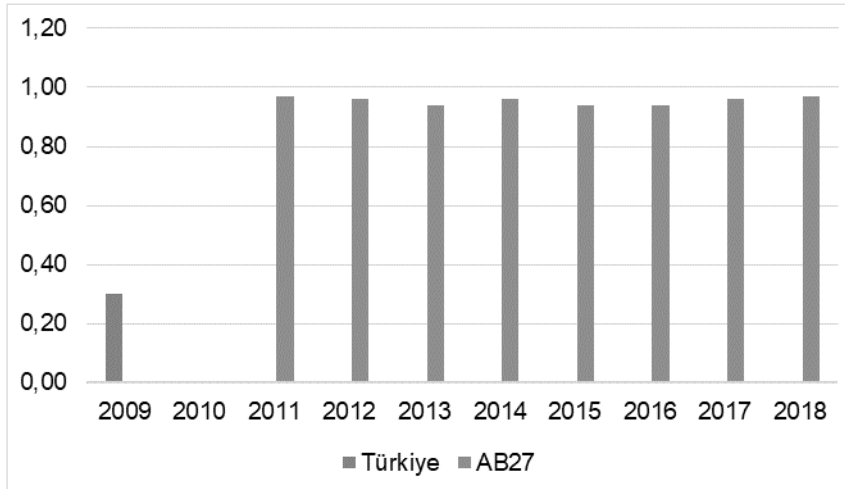
Bu gösterge geri dönüşüm, malzeme geri dönüşümü, *kompostlaştırma ve anaerobik sindirim*⁵ içermektedir (Eurostat, 2022g). Kişi başına belediye atık üretimindeki yıllar itibarıyla istikrarlı seyir, belediye atıklarının geri dönüşüm oranlarında kendini göstermiş olsa da Türkiye'nin 2018 yılından itibaren geri dönüşümü arttırmaya yönelik izlediği politikaların oranlara yansıdığını Şekil 4'te görmek mümkündür. Ancak aynı eğilime, Şekil 5'te yer alan kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranlarında maalesef rastlanılmamaktadır.

⁵ "...biyolojik olarak bozunabilir atıkların aerobik veya anaerobik arıtımı, bu arıtmanın kompost veya çürüme ürünü oluşturduğu ve bunun da gerekli herhangi bir yeniden işlemenin ardından geri dönüştürülmüş bir ürün, malzeme veya arazi arıtması için tarımsal veya ekolojik iyileştirme." (EC, 2017).



Şekil 5. Kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranı (kişi başına kilogram) (Eurostat, 2022h)

AB27 genelinde 2000 yılından itibaren artma eğiliminde olan kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranının, maalesef Türkiye’de genellikle durağan bir eğilim sergilediğini Şekil 5 yansıtmaktadır. Bu kısımda, biyoatıkların tek uygun kullanımının kompostlama veya anaerobik çürütme olduğu varsayılarak, kompostlanmış veya metanlaştırılmış belediye atıkları (Eurostat, 2022h) dikkate alınmaktadır. Geri dönüşüm, onarım ve yeniden kullanım ile kiralama sektörlerinde “maddi mallara yapılan brüt yatırım”, “çalışan kişi sayısı” ve “faktör maliyetleriyle katma değeri” içeren (Eurostat, 2022i) döngüsel ekonomi, rekabetçilik ve yenilik göstergesindeki durum ise Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 6. Döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırımlar, işler ve brüt katma değer (faktör maliyetinde katma değer-GSYH yüzdesi) (Eurostat, 2022i)

Söz konusu göstergelere ait veri setine; AB27 için 2011-2018 döneminde ulaşılabiliyorken, Türkiye için yalnızca 2009 yılı için ulaşılmaktadır. Rekabetçilik ve yenilik kapsamındaki bu tek bir yıllık veri, değişimi gösteremeyeceği için döngüsellik performansı ve karşılaştırmasında dikkate alınmasının uygun olmadığı düşünülmektedir.

Avrupa Komisyonu döngüsel ekonomi göstergelerinden üretim için kendi kendine hammadde yeterliliği, yeşil kamu alımları, gıda atıkları, ikincil hammadde kapsamında geri dönüştürülmüş malzemelerin hammadde talebine katkısı, AB üye devletleri ve dünyanın geri kalanı arasında geri dönüştürülebilir hammadde ticareti, özel yatırımlar, işler ve brüt katma değer, inovasyonun bir temsilcisi olarak geri dönüşüm ve ikincil hammaddelerle ilgili patentlere ilişkin verilerin Türkiye için henüz üretilmemiş olması; AB ile döngüsellik potansiyeli ve performansı bakımından bu alanlarda karşılaştırma yapılamayacağını göstermektedir. Özetle, ulaşılabilen betimsel göstergeler incelendiğinde, Türkiye’nin döngüsel ekonomi performansının AB ülkeleri ortalamasının gerisinde kaldığı görülmektedir.

4. TÜRKİYE DÖNGÜSEL EKONOMİ ENDEKSİ VE AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİ İLE BİR KARŞILAŞTIRMA

Çalışmanın bu kısmında, AB dögüsel ekonomi göstergelerinden müzakereci aday ülke konumundaki Türkiye için açıklanmış değişkenler dikkate alınarak dögüsellik endeksi hesaplanmakta ve bir karşılaştırma yapılmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle ulusal ekonomiler için geliştirilen dögüsellik endeksi yönteminin detayları paylaşılmaktadır. Ayrıca, ampirik analizde kullanılan veri seti ve kısıtlar hakkında bilgi verildikten sonra Türkiye dögüsellik endeksi hesaplanmaktadır. Türkiye'nin dögüsellik performansının AB ülkeleri ile karşılaştırılabilmesi için AB27 ülkelerine yönelik dögüsellik endeksi üretilmekte ve elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

4.1. Veri Seti ve Yöntem

Türkiye'nin toplam (genel) dögüsellik endeksini oluşturmak ve AB ülkeleri ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla çok boyutlu bir karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmaktadır. İlk olarak Hellwig (1968) tarafından, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, sahip oldukları kaynakları ve vasıflı insan potansiyeli açısından sınıflandırılması amacıyla sentetik bir gelişme ölçüsü üretilmiştir. Burada kullanılan analizde çok özellikli bir olgunun ölçülmesinde sentetik değişken olarak ifade edilen toplu bir gösterge oluşturulmaktadır. Bu çerçevede çalışmada, Kasztelan (2020) tarafından 2016 yılı için AB'ye üye yirmi dört ülkenin, on dört farklı dögüsel ekonomi göstergesi kapsamında, sentetik bir ölçü olarak hesapladığı Ulusal Ekonomiler Dögüsellik Endeksi (Index of National Economies Circularity-INEC) temel alınmaktadır.

Kasztelan (2020), Eurostat veri tabanındaki on dört farklı dögüsel ekonomi göstergelerini kullanarak 2016 yılı için yirmi dört AB ülkesi için hesaplama yapmış olsa da Türkiye için bu göstergelerden mevcut olan en fazla beşi kullanılabilir durumdadır. Bunlar, üretim-tüketim ve atık yönetimi kapsamındaki beş göstergeyi içermektedir: i) kişi başına belediye atık üretimi, ii) GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi, iii) evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi, iv) belediye atıklarının ve v) kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranları. Bu nedenle, bu makalede Türkiye için sözü edilen INEC Dögüsellik Endeksi'ni üretebilmek ve AB ülkeleri ile bir karşılaştırma yapabilmek için yine aynı beş gösterge dikkate alınarak AB27 ülkeleri için de Dögüsellik Endeksi hesaplanmaktadır.

Türkiye için en geniş kapsamlı gösterge veri setine ise 2016 ve 2018 yılları için ulaşılabildiğinden, analizde ancak bu yıllar için endeks geliştirilmesi mümkün olabilmektedir. Ancak, Kasztelan (2020)'de endeks hesaplamasının yalnızca 2016 yılını kapsadığı dikkate alınır, analize zaman unsurunun ilave edilmesi bir katkı olarak düşünülmektedir. Türkiye için yayınlanan veri seti incelendiğinde, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ile evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi verilerinin iki yılda bir; belediye atıklarının geri dönüşüm oranlarının ise 2016 yılından itibaren yayımlandığı görülmektedir. Kişi başına belediye atık üretimi ve biyolojik atıkların geri dönüşümü verileri ise 2000 yılından beri her yıl yayımlanmaktadır. Ayrıca, Türkiye için 2020 verileri yayınlanmamıştır. Veri koşullarda, zaman unsurunu artırarak analize 2014 yılını da dahil etmenin bedeli ise kullanılan dögüsellik gösterge sayısının beşten üçe düşmesiyle endeksin temsil özelliğinin önemli ölçüde azalacak olmasıdır. Özellikle, belediye atıklarının geri dönüşüm oranı verisinin 2016 öncesi bulunmayışından dolayı, incelenen gösterge sayısının azaltılması, ancak dögüsellik en önemli göstergelerinden biri olan bu göstergenin kaybı pahasına mümkün olabilecektir. Bu kısıt altında, dögüsellik endeksinin, beş göstergeyi içerecek şekilde 2016 ile 2018 yıllarına odaklanmasının çalışmanın amacı ve kapsayıcılığı açısından daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Yukarıdaki açıklamada vurgulanan veri kısıtı nedeniyle bu çalışma zorunlu olarak Komisyon'un dögüsel ekonomi tematik alanlarından üretim ve tüketim ile atık yönetimi alanlarına odaklanmış olup, diğer tematik alanlar olan ikincil hammaddeler ile rekabetçilik ve yenilik alanlarını kapsamamaktadır. Bu durum, doğal olarak araştırmanın zorunlu bir kısıtı olup, ileride söz konusu tematik alanlara ait Türkiye verilerinin de yayınlanmasıyla daha kapsayıcı bir hesaplama ve karşılaştırma mümkün olabilecektir. İlgili ülkeleri $(O_i, i = 1, 2, \dots, n)$ temsil eden değişkenlerin $(x_j, j = 1, 2, \dots, m)$ değerleri Eşitlik 1'de bir gözlem matrisi formu olarak sunulmaktadır (Kasztelan, 2020):

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sentetik endeksin bileşenlerinin özellikleri dikkate alındığında; belediye atıklarının ve kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranları, dögüsellik endeksi üzerinde olumlu etkiye sahipken; kişi başına belediye atık üretimi, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ve evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretim göstergelerinin ise azaltıcı etkiye sahip oluşu da dikkate alınarak göstergeler standartlaştırılmaktadır. Bu aşamada Kasztelan (2020)'yi izleyerek, Sıfır Birimleştirme Yöntemi (Zero Unitarisation Method-ZUM) kullanılmaktadır (Kasztelan, 2020):

$$\text{Endeksi arttıran göstergeler için: } z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})_i}{\max(x_{ij})_i - \min(x_{ij})_i} \quad (2)$$

$$\text{Endeksi azaltan göstergeler için: } z_{ij} = \frac{\max(x_{ij})_i - x_{ij}}{\max(x_{ij})_i - \min(x_{ij})_i} \quad (3)$$

Burada; z_{ij} , j . değişkenin i . ülkedeki değerini; x_{ij} ; i . ülkedeki j . başlangıç değerini göstermektedir.

Standartlaştırılmış tanı özellikleri, $[0, 1]$ aralığında değer almaktadır. Değer 1'e ne kadar yakınsa, analiz edilen özellik açısından durum döngüsellik performansı açısından o kadar iyileşmekte (daha yüksek döngüsellik); 0'a ne kadar yakın ise durum o kadar kötüleşmektedir (daha düşük döngüsellik). Veriler standartlaştırıldıktan sonra her bir ülke/ülke grubu için gözlem sayısının çift (Eşitlik 4) veya tek (Eşitlik 5) oluşu da dikkate alınarak medyan ile standart sapma (Eşitlik 6) hesaplanmaktadır (Kasztelan, 2020).

$$M_{ei} = \frac{z_{\left(\frac{m}{2}\right)_i} + z_{\left(\frac{m}{2}+1\right)_i}}{2} \quad (4)$$

$$M_{ei} = z_{\left(\frac{m}{2}+1\right)_i} \quad (5)$$

$$Se_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (z_{ij} - \bar{z})^2} \quad (6)$$

Hesaplanan medyan ve standart sapmaya dayalı olarak INEC, Eşitlik 7 vasıtasıyla geliştirilmektedir (Kasztelan, 2020):

$$INEC_i = M_{ei}(1 - Se_i) \quad INEC_i < 1 \quad (7)$$

INEC'in 1'e yakın değerleri, araştırmaya konu ülke(ler) için daha yüksek bir döngüsellik seviyesini göstermektedir (Kasztelan, 2020). Bu yöntemin, nesnelerin doğrusal sıralanmasına ilişkin olarak tercih edilmesinin nedeni, değişkenleri karşılaştırılabilir hale getirmenin uluslararası kabul görmüş güncel bir yöntemi olmasıdır. Yöntem, özellikle AB ülkelerinin analizinde etkili olan aşırı gözlemlerin oluşumuna karşı yüksek direnci ile karakterize edilmektedir. Analiz edilen ülkelerin önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve endeks değerlerinin asimetrisinde önemli farklılıklar olduğu sıklıkla gözlemlenebilir. Bu nedenle medyanla birlikte sentetik metriği kullanmanın daha uygun olduğu belirtildiği (Kasztelan, 2020; Grzebyk ve Stec, 2015) için analizde söz konusu yöntem kullanılmaktadır.

4.2. Ülke Bulguları ve Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme

Türkiye ve 27 AB üyesi ülke ve geneli için Excel'de hesaplanan ve sıralanan endeks (INEC) bulguları Tablo 2'de sunulmaktadır. AB döngüsel ekonomi göstergelerinden, Türkiye için açıklanan beş gösterge olan üretim ve tüketim kapsamındaki kişi başına belediye atık üretimi, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ve evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ile atık yönetimi kapsamındaki belediye atıklarının ve kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranları çerçevesinde hesaplanan döngüsellik endeksleri incelendiğinde; 2016 ve 2018 yıllarında en yüksek döngüsellığe sahip olan ülkenin Avusturya olduğu görülmektedir. En düşük döngüsellığe sahip olan ülkeler ise 2016 yılında Yunanistan iken 2018 yılında Malta olarak hesaplanmıştır. Türkiye, AB27 ortalamasından daha düşük döngüsellığe sahip olsa da 2016 yılından 2018'e döngüsellikte AB genelinde yaklaşık %3,3 artış söz konusuyken Türkiye'deki iyileşme yaklaşık %20,55 düzeyindedir. Üçüncü bölümde şekiller ışığında sunulduğu üzere, kişi başına düşen belediye atık üretimindeki azalış ile belediye atıklarının geri dönüşüm oranındaki artışın bu iyileşmedeki katkısının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu durum, her ne kadar Türkiye'nin Estonya, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi ve Malta'yı döngüsellikte geride bıraktığı şeklinde yorumlanabilse de 2019 yılında %11,5 olan belediye atıkları geri dönüşüm oranının, %48,1 olan AB ortalamasına yaklaşması gerektirdiği açıktır.

Tablo 2. Türkiye ve AB27 döngüsellik endeksi (INEC) bulguları

Ülkeler	2016 Yılı Değeri	Ülkeler	2018 Yılı Değeri
AB27	0,144654	AB27	0,14942
Avusturya	0,308914	Avusturya	0,31119
Hollanda	0,239482	Litvanya	0,2699
Litvanya	0,220362	Hollanda	0,24653
Lüksemburg	0,19453	Fransa	0,18187
Danimarka	0,1773	Lüksemburg	0,18169
Fransa	0,175537	İtalya	0,17244
Almanya	0,166801	Danimarka	0,16811
Portekiz	0,152906	Almanya	0,16245
Belçika	0,151423	Portekiz	0,15631
İtalya	0,150685	Belçika	0,14532
İsveç	0,143444	Slovenya	0,14442
Slovenya	0,129264	İsveç	0,14198
İspanya	0,122925	İspanya	0,13906
Finlandiya	0,114562	Finlandiya	0,11884
Letonya	0,088206	Çek Cumhuriyeti	0,08321
Çek Cumhuriyeti	0,077899	Macaristan	0,08128
Polonya	0,076035	İrlanda	0,07339
Macaristan	0,068956	Polonya	0,0721
İrlanda	0,056903	Slovakya	0,06786
Bulgaristan	0,055609	Bulgaristan	0,05083
Romanya	0,051892	Letonya	0,05072
Slovakya	0,042237	Hırvatistan	0,03899
Hırvatistan	0,035354	Yunanistan	0,02764
Estonya	0,027932	Romanya	0,02358
Güney Kıbrıs Rum Yönetimi	0,02167	Türkiye	0,02251
Malta	0,019626	Estonya	0,02047
Türkiye	0,016981	Güney Kıbrıs Rum Yönetimi	0,01779
Yunanistan	0,013946	Malta	0,01563

5. SONUÇ

OECD (2019) çevresel performans incelemeleri, Türkiye’de 2008 yılından itibaren her ne kadar ekonomik büyümeden ayrıklaşan bir hammadde tüketimi, atık üretimi ve karbon emisyonları söz konusu olsa da zamanla artma eğiliminde olan negatif çevresel dışsallıklara çözüm olarak Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı’nın benimsenmesinin gerekli olduğuna vurgu yapmaktadır. Türkiye; gezegensel sınırlar ve üretim süreçlerindeki negatif dışsallıkların da etkisiyle artan iklim değişikliğiyle mücadelede bir kalkınma stratejisi olarak döngüsel ekonomi paradigma dönüşümünü gerçekleştirebilirse, AB’ye katılım sürecinde de önemli bir mesafe kaydedebilecektir. Bu çalışmada, Türkiye için Eurostat tarafından açıklanmış mevcut temel beş gösterge dikkate alınarak hesaplama yapabildiğinden, döngüsellik AB ülkeleri için hesaplanmış olan diğer göstergeleri dikkate alınamamış olmaktadır. Bu bağlamda, öncelikle Komisyon’un izlem çerçevesini oluşturan göstergelerin tamamının Türkiye için de üretilmesi önem arz etmektedir. Ancak böylece, Türkiye için de tüm göstergeler çerçevesinde döngüsellik derecesinin hesaplanarak temsil kabiliyeti daha yüksek, daha kapsayıcı bir karşılaştırma mümkün olabilecektir.

Çalışmada, AB döngüsel ekonomi göstergelerinden Türkiye için açıklanmış beş gösterge çerçevesinde oluşturulan bir sentetik endeks vasıtasıyla ülkenin döngüsellik performansı araştırılmaktadır. Çok boyutlu karşılaştırmaya imkân sunan yöntemde; AB döngüsel ekonomi göstergelerinden üretim ve tüketim kapsamındaki kişi başına belediye atık üretimi, GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ve evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi ile atık yönetimi kapsamındaki belediye atıklarının ve kişi başına biyolojik atıkların geri dönüşüm oranları çerçevesinde; Türkiye ve AB27 ülkeleri için döngüsellik endeksi üretilmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye’nin AB ülkeleri ortalamasından daha düşük döngüsellik seviyesine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak analize konu olan 2016 ve 2018 yıllarındaki endeks bulguları dikkate alındığında, Türkiye’nin döngüsellik performansının yükseldiği; AB’nin en düşük döngüsellik düzeyine sahip olan Malta, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi ve Estonya’dan döngüsellikte önde olduğu söylenebilir. Betimsel ve endeks bulgularının birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu tespit, Türkiye için hesaplanan endeks bulgularının gerek kendi içinde gerekse AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında tutarlı olduğu

yönünde değerlendirilmektedir. Daha gerçekçi ve kapsayıcı bir endeks hesaplaması ve karşılaştırması, ancak Türkiye'nin İkincil Hammaddeler ile Rekabetçilik ve Yenilik tematik alanlarına ait döngüsel ekonomi göstergelerinin yayınlanması ile mümkün olabilecektir. Bulguların tartışması açısından önemli olan bir diğer husus ise Türkiye için mevcut olan tematik alan göstergelerinin son derece sınırlı sayıda yılları kapsamasıdır. Bu kısıt nedeniyle çalışmada ancak 2016 ve 2018 yılları analize dahil edilebilmiştir. Türkiye'ye ait bazı tematik alan göstergelerinin ve yılların, veri yokluğu nedeniyle analize dahil edilememesi bir kısıt olup, bulguların ve buna dayanan önerilerin değerlendirilmesinde dikkate alınmasında fayda bulunmaktadır. Ampirik yazında, Türkiye için döngüsellik endeksinin üretilerek AB ülkeleri ile karşılaştırmasının yapıldığı bu öncü çalışmanın bulguları; ilgili alandaki eksikliği doldurmakta ve bir başlangıç noktası belirlemektedir. Türkiye'nin döngüsel performansını ele alan yeni çalışmaların yapılabilmesi, döngüsel ekonomi göstergelerinde var olan eksik verilerin giderilmesine yakından bağlıdır.

Bu çalışmanın bulgularının, 2015'te başlayan Döngüsel Ekonomi Eylem Planı uygulamalarıyla birlikte AB'de doğrusal ekonomiden döngüsellğe geçiş sürecinin olumlu sonuçlarını almaya başladığını yansıttığı söylenebilir. Her ne kadar eldeki bulgular, çalışmanın amacı olan Türkiye'nin döngüsellik performansını hesaplamak ve AB ülkeleri ile karşılaştırmak doğrultusunda 2016 ve 2018 yılları ile sınırlı olsa da yine de Avrupa Yeşil Mutabakatı-Döngüsel Eylem Planı'nın etkin biçimde uygulanması ve 2030 Gündemi'ne uyum konusunda umut vermektedir. Ayrıca, yeni gelişmeler ile birlikte Avrupa Yeşil Mutabakatı Döngüsel Eylem Planı düzenlemeleri, AB Çevre ve İklim Değişikliği Müktesebatı'nın önemli bir parçası durumuna gelmiştir. Türkiye'nin de aralarında olduğu aday ve/veya müzakereci ülkelerin, Çevre ve İklim Değişikliği faslı tarafından düzenlenen mevzuatın gereklerine uyum sağlama hususunda Avrupa Yeşil Mutabakatı Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın hedeflerini tutturmaları müktesebata uyum için önem arz etmektedir. Bu çerçevede, On Birinci Kalkınma Planı'nın (2019-2023) bir kalkınma modeli olarak 'yeşil büyümeye' geçiş doğrultusunda önemli bir adım attığı söylenebilir (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019: 26; 157-172). Öyle ki, Plan çerçevesinde 2018 yılında hazırlanan Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi başlıklı Çalışma Grubu Raporunda günümüz doğrusal ekonomi yaklaşımından döngüsel ekonomi paradigmasına geçişin, çevre duyarlılığı da dikkate alınarak kaynakların daha verimli kullanılması yönünde önemli bir dönüşüm ve kalkınma yaklaşımı olduğunun altı çizilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2018: 58-61). Ayrıca, Orta Vadeli Program'da (2022-2024), Avrupa Yeşil Mutabakatı ile temelleri ortaya konulan 'yeşil dönüşüm' makroekonomik hedeflerden birisi olarak belirtilerek, yeşil dönüşüm ve döngüsel ekonomiye geçiş destekleyici yeni yaklaşımlara hız verileceği vurgulanmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2021: 15). Bu bağlamda, Türkiye için eksik olan döngüsel ekonomi göstergelerine ait güncel verilerin yayımlanması, bu alanda kapsamlı özgün çalışmaların önünü açabilecektir. Böylece, gerek On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) ve gerekse Orta Vadeli Program'da (2022-2024) bir kalkınma modeli olarak ortaya konulan yeşil büyümeye geçiş doğrultusunda, döngüsel ekonominin potansiyeli, bağlantıları ve etkileri özgün çalışmalar ile desteklenebilecektir.

Bilgilendirme / Acknowledgements

Çalışmanın kalitesini yükseltici yorum ve önerileri için saygıdeğer hakemlere teşekkür ederiz.

We would like to thank the esteemed referees for their comments and suggestions that improve the quality of the study.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ferhan Sayın: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak

Utku Utkulu: Modelleme, Metodoloji, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Ferhan Sayın: Literature review, Conceptualization, Data Curation, Analysis, Writing-original draft

Utku Utkulu: Modelling, Methodology, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Blomsma, F. ve Brennan, G. (2017). "The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity", *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.
- Boulding, K. (1966). "The Economics of the Coming Spaceship Earth", *Environmental Quality in a Growing Economy—Essays from the Sixth RFF Forum*, Editor: Jarrett, H., The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA.
- Braungart, M. ve McDonough, W. (2002). "Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things", North Point Press, New York.
- Brennan, G., Tennant, M. ve Blomsma, F. (2015). "Business and Production Solutions: Closing Loops and the Circular Economy", *Sustainability* (Editors: Kopnina, H. ve Shoreman-Ouimet, E.), Routledge: EarthScan, Londra, 219-239.
- Buckminster Fuller, R. (1969). "Operating Manual for Spaceship Earth", Southern Illinois University Press, USA.
- Carson, R. (1962). "Silent Spring", A Crest Reprint, Fawcett Publications, Inc., Greenwich, Conn. Member of American Book Publishers Council, Inc., https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Silent_Spring-Rachel_Carson-1962.pdf, (Erişim Tarihi: 17.04.2020).
- Circle Economy, (2020a). "The Circularity Gap Report", The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE), Ruparo, Amsterdam, https://assets.website-files.com/5e185aa4d27bcf348400ed82/5e26ead616b6d1d157ff4293_20200120%20-%20CGR%20Global%20-%20Report%20web%20single%20page%20-%20210x297mm%20-%20compressed.pdf, (Erişim Tarihi: 05.05.2020).
- Circle Economy, (2020b). "The Power of Countries to Close the Circularity Gap", <https://circularity-gap.world/countries>, (Erişim Tarihi: 05.05.2020).
- Circle Economy, (2021). "The Circularity Gap Report", <https://www.circularity-gap.world/2021>, (Erişim Tarihi: 30.03.2022).
- Commoner, B. (1971). "The Closing Circle: Nature, Man, and Technology", Alfred A. Knopf, New York.
- Eco-Innovation Observatory (EIO), (2016). "Policies and Practices for Eco-innovation Uptake and Circular Economy Transition", EIO Bi-annual Report, https://www.pac.gr/bcm/uploads/eio_2016_report_small.pdf, (Erişim Tarihi: 07.08.2020).
- Elia, V., Grazia Gnoni, M. ve Tornese, F. (2017). "Measuring Circular Economy Strategies Through Index Methods: A Critical Analysis", *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 2741-2751.
- Ellen MacArthur Foundation, (2015). "Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition", https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf, (Erişim Tarihi: 07.04.2020).
- European Commission (EC), (2008). "Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives", <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>, (Erişim Tarihi:07.08.2020).
- European Commission (EC), (2015). "Closing the Loop—An EU Action Plan for the Circular Economy (COM/2015/0614 final)", <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final>, (Erişim Tarihi: 10.04.2020).
- European Commission (EC), (2017). "Guidance on Municipal Waste Data Collection", Eurostat - Unit E2 - Environmental Statistics and Accounts; Sustainable Development, May 2017, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351811/Municipal+Waste+guidance/bd38a449-7d30-44b6-a39f-8a20a9e67af2>, (Erişim Tarihi: 30.05.2022).
- European Commission (EC), (2019). "Circular Economy", DG GROW, https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en, (Erişim Tarihi: 07.08.2020).
- European Commission (EC), (2020). "Circular Economy Action Plan", https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf, (Erişim Tarihi: 22.11.2020).
- European Union (EU), (2020). "Fasıl 27: Çevre ve İklim Değişikliği", Avrupa Birliği'nin Çevre ve İklim Değişikliği Politikası, https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html, (Erişim Tarihi: 28.09.2020).
- Eurostat, (2021). "Atıkla İlgili Göstergeler", <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/indicators>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Eurostat, (2022a). "Circular Economy-Overview", <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy>, (Erişim Tarihi: 02.03.2022).
- Eurostat, (2022b). "Circular Economy-Indicators", <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>, (Erişim Tarihi: 02.03.2022).

- Eurostat, (2022c). "Circular Economy Indicators", Production and Consumption, Generation of Municipal Waste Per Capita, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc031/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 02.03.2022).
- Eurostat, (2022d). "Database", Tables by Themes, Population (National Level), Population 1 January, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00001/default/table?lang=en>, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Eurostat (2022e). "Circular Economy Indicators", Production and Consumption, Generation of Waste Excluding Major Mineral Wastes Per GDP Unit, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc032/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Eurostat, (2022f). "Circular Economy Indicators", Production and Consumption, Generation of Waste Excluding Major Mineral Wastes Per Domestic Material Consumption, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc033/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Eurostat, (2022g). "Circular Economy Indicators", Waste Management, Recycling Rate of Municipal Waste, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm011/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Eurostat, (2022h). "Circular Economy Indicators", Waste Management, Recycling of Biowaste, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm030/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Eurostat, (2022i). "Circular Economy Indicators", Competitiveness and Innovation, Private Investments, Jobs and Gross Value Added Related to Circular Economy Sectors, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_CIE010__custom_3198581/default/table?lang=en, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Figge, F., Thorpe, A.S., Givry, P., Canning, L. ve Franklin-Johnson, E. (2018). "Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy", *Ecological Economics*, 150, 297-306.
- Garcia-Bernabeu, A., Hilario-Caballero, A., Pla-Santamaria, D. ve Salas-Molina, F. (2020). "A Process Oriented MCDM Approach to Construct a Circular Economy Composite Index", *Sustainability*, 12(2), 618. Doi: 10.3390/su12020618.
- Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M. ve Badami, K. (2018). "Circular Economy Strategies for Mitigating Critical Material Supply Issues", *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 24-33.
- Ghisellini, P., Cialani, C. ve Ulgiati, S. (2016). "A Review on Circular Economy: the Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems", *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Global Footprint Network, (2022). "Earth Overshoot Day", <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/>, (Erişim Tarihi: 13.08.2022).
- Grzebyk, M. ve Stec, M. (2015). "Sustainable Development in EU Countries: Concept and Rating of Levels of Development", *Sustainable Development*, 23, 110-123.
- Hardin, G. (1968). "The Tragedy of the Commons", *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Hellwig, Z. (1968). "Zastosowanie Metody Taksonomicznej Do Typologicznego Podziału Krajów Ze Względu Na Poziom Ich Rozwoju Oraz Zasoby I Strukturę Wykwalifikowanych Kadr", *Przegląd Statystyczny*, 4(1968), 307-326.
- Jawahir, I.S. ve Bradley, R. (2016). Technological Elements of Circular Economy and The Principles of 6R-Based Closed-Loop Material Flow in Sustainable Manufacturing", *Procedia CIRP*, 40(1), 103-108.
- Kasztelan, A. (2020). "How Circular Are the European Economies? A Taxonomic Analysis Based on the INEC (Index of National Economies' Circularity)", *Sustainability*, 12(18), 7613. Doi: 10.3390/su12187613.
- King, A.M., Burgess, S.C., Ijomah, W. ve McMahon, C.A. (2006). "Reducing Waste: Repair, Recondition, Remanufacture or Recycle?", *Sustainable Development*, 14(4), 257-267. Doi: 10.1002/sd.271.
- Kirchherr, J., Reike, D. ve Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions", *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
- Lieder, M. ve Rashid, A. (2016). "Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry", *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- Mann Borgese, E. (1988). "The Mediterranean Blue Plan: Some Further Comments", *Environmental Conservation*, 15(2), 179-180, Cambridge University Press. Doi: 10.1017/S0376892900029052.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G.A., Alaerts, L., Van Acker, K., De Meester, S. ve Dewulf, J. (2019). "Circular Economy Indicators: What Do They Measure?", *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452-461, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491930151X>. Doi: 10.1016/j.resconrec.2019.03.045.
- Neugebauer, S., Martinez-Blanco, J., Scheumann, R. ve Finkbeeiner, M. (2015). "Enhancing the Practical Implementation of Life Cycle Sustainability Assessment-Proposal of a Tiered Approach", *Journal of Cleaner Production*, 102, 165-176. Doi: 10.1016/j.jclepro.2015.04.053.

- Núñez-Cacho, P., Górecki, J., Molina, V. ve Corpas-Iglesias, F.A. (2018). "New Measures of Circular Economy Thinking in Construction Companies", *Journal of EU Research in Business*. Doi: 10.5171/2018.909360.
- Okorie, O., Salonitis, K., Charnley, F., Moreno, M., Turner, C. ve Tiwari, A. (2018). "A Data-Driven Approaches for Circular Economy in Manufacturing for Digital Technologies: A Review of Current Research and Proposed Framework", *Preprints*, 2018080159. Doi: 10.20944/preprints201808.0159.v1.
- Organisation Economic Co-operation and Development (OECD), (2019). "OECD Çevresel Performans İzlemeleri: Türkiye 2019", <https://www.oecd.org/env/country-reviews/Highlights-Turkiye-2019-TURKISH-WEB.pdf>, (Erişim Tarihi: 04.03.2022).
- Pearce, D.W. ve Turner, R.K. (1990). "Economics of Natural Resources and the Environment", Johns Hopkins University Press, Baltimore MD.
- People's Republic of China (PRC), (2008). "Çin Halk Cumhuriyeti Döngüsel Ekonomiye Teşvik Yasası", <https://www.lawinfochina.com/display.aspx?id=7025&lib=law>, (Erişim Tarihi: 14.08.2022).
- Plastinina, I., Teslyuk, L., Dukmasova, N. ve Pikalova, E. (2019). "Implementation of Circular Economy Principles in Regional Solid Municipal Waste Management: The Case of Sverdlovskaya Oblast (Russian Federation)", *Resources*, 8(2), 90. Doi: 10.3390/resources8020090.
- Potting, J., Hekkert, M.P., Worrell, E. ve Hanemaaijer, A. (2017). "Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain", 2544, PBL Publishers, Hague.
- Sady, M. (2016). "Understanding the Concept of Circular Economy", *Challenges for Contemporary Management*, Editors: Trifonova, N.V., Teczke, J. ve Bula, P., International Management Foundation, Cracow-Saint Petersburg.
- Sayın, F. (2020). "Giriş Yerine: Döngüsel Ekonomiye Doğru", *Döngüsel Ekonomi-Makro ve Mikro İncelemeler*, Editör: Sayın, F., Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 1-15.
- Sayın, F. ve Çelik, O. (2020). "Döngüsel Ekonomi Perspektifinde Eko-inovasyon: Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkeleri Karşılaştırmalı Analizi", *Ekonomik ve Teknolojik Değişim Sürecinde İnovasyon*, Editör: Muratoğlu, G., Gazi Kitabevi, Ankara, 523-556.
- Scarpellini S., Valero-Gil J., Moneva J.M. ve Andreaus M. (2020). "Environmental Management Capabilities for a "Circular Eco-innovation"", *Business Strategy and Environment*, 29(1), 1-15. Doi: 10.1002/bse.2472.
- Sihvonen, S. ve Ritola, T. (2015). "Conceptualizing ReX for Aggregating End-of-Life Strategies in Product Development", *Procedia CIRP*, 29, 639-644. Doi: 10.1016/j.procir.2015.01.026.
- Stahel, W. ve G. Reday-Mulvey. (1981). "Jobs for Tomorrow: The Potential of Substituting Energy for Manpower", Vantage, Brussels, New York.
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf, (Erişim Tarihi: 14.08.2022).
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2021). Orta Vadeli Program (2022-2024), <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/09/Orta-Vadeli-Program-2022-2024.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.08.2022).
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Cevre_ve_DogalKaynaklarınSurdurulebilirYonetimiCalismaGrubuRaporu.pdf, (Erişim Tarihi: 14.08.2022).
- Toxopeus, M.E., De Koeijer, B.L.A. ve Meij, A.G.G.H. (2015). "Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice?", *Procedia CIRP*, 29, 384-389. <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/15053582/cradle.pdf>.
- Utkulu, U. ve Türköz, K. (2020). "Döngüsel Ekonomiye Geçiş Sürecinin Uluslararası Ticarete Yansımaları: Türkiye Örneği", *Döngüsel Ekonomi-Makro ve Mikro İncelemeler*, Editör: Sayın, F., Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 113-142.
- Van Buren, N., Demmers, M., der Heijden, R.V. ve Witlox, F. (2016). "Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments", *Sustainability*, 8(7), 647. <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/647>, (Erişim Tarihi: 11.10.2019).

Katar'da Ekolojik Ayak İzi ve Alt Bileşenlerinin Durağanlığının Test Edilmesi: Kesirli Frekanslı Fourier Birim Kök Analizi

Tunahan HACIİMAMOĞLU¹

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı 1980-2017 yılları arası Katar'da ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığını incelemektir.

Yöntem: Katar'da ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığı kesirli frekanslı Fourier ADF ve ADF birim kök testleri ile analiz edilmiştir.

Bulgular: Kesirli frekanslı Fourier ADF test bulgularına göre inşaat alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi ve toplam ekolojik ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu tespit edilmiştir. ADF test bulgularına göre tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu, balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izi değişkenlerinin ise birim köklü olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığının araştırıldığı çalışmalarda elde edilen sonuçlar bu alanda bir uzlaşma olmadığını göstermektedir. Ayrıca literatürde Katar için doğrudan ekolojik ayak izinin durağanlığının incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Katar için ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlıklarının güncel analiz yöntemleri ile test edildiği ilk araştırma olarak bu çalışmanın literatüre katkı sunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Çevresel Kirlilik, Ekolojik Ayak İzi, Kesirli Frekanslı Fourier ADF Birim Kök Testi.

JEL Kodları: Q01, Q57, C22.

Testing the Stationarity of per Capita Ecological Footprint and Its Sub-Components: Fractional Frequency Fourier Unit Root Analysis

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to analyze the stationarity of the ecological footprint and its sub-components in Qatar between 1980 and 2017.

Methodology: The stationarity of ecological footprint and its sub-components in Qatar were analyzed by the fractional frequency Fourier ADF and ADF unit root tests.

Findings: According to the fractional frequency Fourier ADF test findings, it has been determined that the built-up land footprint, carbon emission footprint and total ecological footprint variables are stationary. According to the ADF test findings, however, it has been determined that the variables of cropland footprint and grazing land footprint are stationary, and the variables of fishing grounds footprint and forest land footprint are unit rooted.

Originality: The results obtained in studies investigating the stationarity of the ecological footprint and its sub-components indicate that there is no consensus in this field. Besides, no study has been found in the literature that directly investigates the stationarity of the ecological footprint for Qatar. As being the first study in which the stationarity of the ecological footprint and sub-components is tested with modern analysis methods for Qatar, it is expected that this study will contribute to the literature.

Keywords: Sustainable Development, Environmental Pollution, Ecological Footprint, Fractional Frequency Fourier ADF Unit Root Test.

JEL Codes: Q01, Q57, C22.

¹ Arş. Gör. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Rize, Türkiye, tunahan.haciimamoglu@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1474-8506.

1. GİRİŞ

Ekonomik büyüme, fosil enerji tüketimi, kentleşme ve hızlı nüfus artışı insanlığı ve sürdürülebilir kalkınma sürecini olumsuz etkilemekte, doğanın dengesini bozarak küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarına yol açmaktadır. Ayrıca doğal kaynakların kontrolsüz kullanımı ve çevreyi kirleten üretim yapısı çevre üzerindeki baskıyı artırmakta ve çevresel tahribata neden olmaktadır. Dolayısıyla çevresel tahribatın boyutu artık telafisi mümkün olmayan ya da yüksek maliyetler gerektiren bir konuma ulaşmıştır (United Nations Environment Programme (UNEP), 2019; Altan ve Sağbaş, 2020). Bu doğrultuda politika yapıcılar, bir yandan ekonomik kalkınma düzeyini artırmaya yönelik politikalar uygularken, diğer yandan küresel ısınma ve çevre kirliliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için çaba harcarlar (Ünlü, 2021).

Çevre ekonomisi literatürü üç temel araştırma alanında gelişme kaydetmektedir: Birincisi, çevre kirliliği ile kişi başına düşen gelir arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu ifade eden çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezidir. ÇKE hipotezine göre ekonomik kalkınmanın ilk aşamalarında çevre kirliliğine neden olan üretim yapısı, kişi başına düşen gelirden artışıyla birlikte kirlilik düzeyini de artırmaktadır (Grossman ve Krueger, 1991). Ancak kalkınmanın ilerleyen aşamalarında çevre dostu üretim süreci ile beraber belirli bir eşik değerden sonra kişi başı gelirdeki artışların çevre kirliliğini kademeli olarak azalttığı ifade edilmektedir (Shafik, 1994; Vincent, 1997). İkincisi, kirlilik sığınağı (cenneti) hipotezidir. Bu hipoteze göre gelişmiş ülkelerdeki kirlilik yoğun sektörlerin ve ağır sanayinin doğrudan yabancı yatırımlar aracılığı ile daha esnek çevresel düzenlemeye sahip gelişmekte olan ülkelere kayması nedeniyle bu ülkelerde çevresel kirliliğin arttığı ileri sürülmektedir (Cole, 2004). Son olarak üçüncüsü, uygulanan politikaların etkisinin kalıcı mı yoksa geçici mi olduğunu belirlemek için ampirik araştırmalarda yaygın olarak kullanılan durağanlık analizleridir.

Çevre kirliliğine yönelik araştırmalarda temel gösterge olarak çoğunlukla karbondioksit (CO₂) değişkenine yer verilmekte ve bu değişken üzerinden ampirik analizler gerçekleştirilmektedir. Az sayıda çalışmada ise CO₂ yerine sülfürik ve nitrik asit, kükürtdioksit, ince duman ve asılı partikül madde gibi diğer çevre kirliliği göstergeleri kullanılmıştır (Stern, 2014). Fakat bu çevre kirliliği göstergeleri sadece havadaki kirlilik miktarını ölçmekte, su ve toprağa dair kirliliği göz ardı etmektedir. Ayrıca doğal kaynaklara olan talebi, yaşam kalitesini ve sürdürülebilirliği yakından ilgilendiren konuları da dikkate almamaktadır. Dolayısıyla çevre kirliliğinin kısıtlı bir boyutunu temsil eden ve bu yönü ile eleştirilen CO₂ ve diğer kirlilik göstergeleri yanıltıcı değerlendirmelere neden olabilir (Solarin, 2019). Diğer bir ifade ile çok boyutlu bir kavram olan çevre kirliliğinin tek bir gösterge ya da kirlilik türü ile temsil edilmesi yanıltıcı politika çıkarımlarına yol açabilir. Dolayısıyla CO₂ emisyonu, sülfürik ve nitrik asit, kükürtdioksit vb. çevresel kirlilik göstergeleri yerine ekolojik ayak izi (EF) gibi çok boyutlu bir göstergenin analiz edilmesi kaynak verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilirlik doğrultusunda daha gerçekçi politika önerilerinin belirlenmesini sağlayacaktır.

Rees (1992), Wackernagel ve Rees (1997) gibi araştırmacılar insanoğlunun çevre üzerindeki baskısını değerlendirmek için daha kapsayıcı ve gelişmiş bir gösterge olarak EF'yi ileri sürmüşlerdir. EF, insanoğlunun hava, su ve toprağa ilişkin çevresel talebini ölçmekte ve inşaat alanları, karbon salımı, tarım alanı, balıkçılık alanları, orman ürünleri ve otlak alan ayak izi olmak üzere 6 alt bileşenden oluşmaktadır (Ewing ve diğerleri, 2010; Lin ve diğerleri, 2016). Alt bileşenleri ile çok boyutlu ve kapsayıcı bir değişken olan EF, çalışmalarda çevresel kirlilik ya da sürdürülebilirlik göstergesi olarak kullanılmaktadır (Rees, 1992; Wackernagel ve Rees, 1996). Diğer yandan çevresel kapasiteyi gösteren biyokapasite ise tüketilen doğal kaynakları telafi etmek ve atıkların absorbe edilmesi için biyolojik anlamda ihtiyaç duyulan verimli alanların hesaplanması ile ölçülmektedir (Global Footprint Network, 2021). Ekolojik ayak izi ve biyokapasite; artan nüfus, kişi başına tüketim, üretimin ve ekosistemin verimliliği gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler hem ekolojik ayak izinde hem de biyokapasite de değişime neden olmaktadır. Dolayısı ile üretim ve tüketim ilişkilerine bağlı olarak mevcut kaynakların daha verimli kullanılması ya da yeni kaynakların verimli alanlara tahsis edilmesi ekolojik ayak izinin azaltılmasında ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Global Footprint Network, 2021).

Global Footprint Network (2021) istatistiklerine göre Katar, dünyada kişi başına ekolojik ayak izinde ilk sırada yer almakta ve bu yönü ile dikkat çekmektedir. Bulunduğu konum itibarıyla Katar'da ekolojik ayak izinin incelenmesi, ekolojik ayak izini azaltacak ve biyokapasiteyi ise artıracak politika önerilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı 1980-2017 yılları arasında Katar için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığını incelemektir.

Durağanlık analizleri sayesinde çeşitli değişken, teori ve hipotezler test edilmekte ve farklı politika çıkarımları yapılabilmektedir. Bir değişkenin durağanlığının incelenmesi şu nedenlerden dolayı önemlidir: i) Eğer bir seri seviyesinde durağan ise diğer bir ifade ile ortalamaya dönme davranışı sergiliyorsa, bu seri üzerinde şokların etkisinin geçici olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Diğer yandan eğer seri seviyesinde durağan değil ise yani ortalamaya dönme davranışı sergilemiyorsa, bu seri üzerinde şokların etkisinin kalıcı olduğu sonucuna varılmaktadır (Nelson ve Plosser, 1982). Seri üzerinde meydana gelen şokların etkisinin

kalıcı mı yoksa geçici mi olduğunun belirlenmesi ise politikaların etkili olup olmadığı açısından kritik öneme sahiptir (Lee ve Chang, 2008). ii) Eğer seri durağan ise değişkenin geçmiş davranışları temel alınarak gelecekteki davranışı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Diğer bir ifade ile değişkene dair tahmin (forecasting) yapmak mümkündür. Bu sayede politika yapıcılar geçmiş davranışları inceleyerek geleceğe dair daha sağlıklı politika kararları alabilirler (Narayan ve Smyth, 2007). iii) Son olarak seriler arasında uzun dönemli ilişkinin incelenebilmesi için ilgili serilerin durağanlık seviyelerinin bilinmesi gerekmektedir (Phillips ve Sul, 2007).

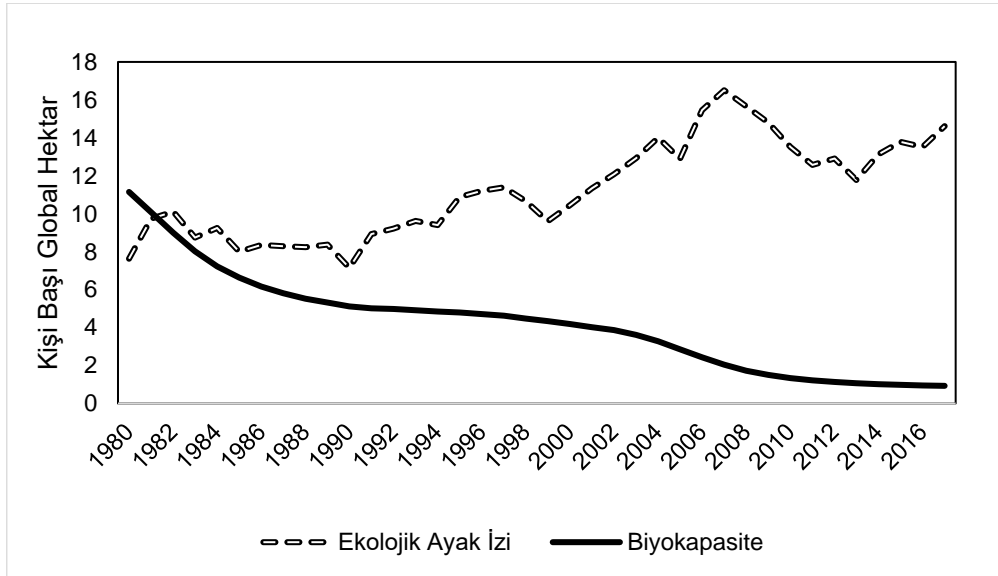
Çalışmanın özgün yönleri ve literatüre olası katkıları şu şekilde açıklanmaktadır: i) Literatürde çevresel kirlilik göstergesi olarak sıkça kullanılan CO₂ emisyonu yerine bu çalışmada EF gibi kapsamlı bir gösterge kullanılmaktadır. Aynı zamanda EF'nin alt bileşenleri çalışmaya dahil edilerek görece detaylı bir analiz gerçekleştirilmektedir. ii) Ampirik analizde geleneksel birim kök testleri yanı sıra yapısal değişimleri oldukça başarılı bir şekilde yakalayan kesirli frekanslı Fourier ADF birim kök testi kullanılmaktadır. Bu sayede daha güçlü ve güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. iii) Literatürde bireysel anlamda Katar'ın ekolojik ayak izinin durağanlığının test edildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla Katar'ın ekolojik ayak izinin durağanlığının incelendiği ilk araştırma olarak bu çalışmanın literatüre katkı sunması beklenmektedir.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde tasarlanmıştır. İkinci bölümde Katar'da ekolojik ayak izi ve alt bileşenleri şekil yardımıyla açıklanmakta, üçüncü bölümde ilgili literatür çalışmalarına yer verilmektedir. Veri seti ve yöntemden oluşan dördüncü bölümü, bulgulardan oluşan beşinci bölüm takip etmektedir. Son olarak sonuç bölümü ile çalışma tamamlanmaktadır.

2. KATAR'DA EKOLOJİK DENGİ

Küresel ölçekte çevre kalitesi özellikle 1970'li yıllardan itibaren belirgin bir şekilde düşüş göstermiş ve bu tarihten itibaren ekolojik ayak izi biyokapasitenin üzerinde gerçekleşmiştir (Global Footprint Network, 2021). Bu durum ise ekolojik dengeyi bozmakta, sürdürülebilir kalkınma ve çevre sürecine zarar vermektedir (Kihombo ve diğerleri, 2021). Çünkü sürdürülebilir kalkınma ve çevre için biyokapasitenin ekolojik ayak izine eşit ya da büyük olması gerekmektedir.

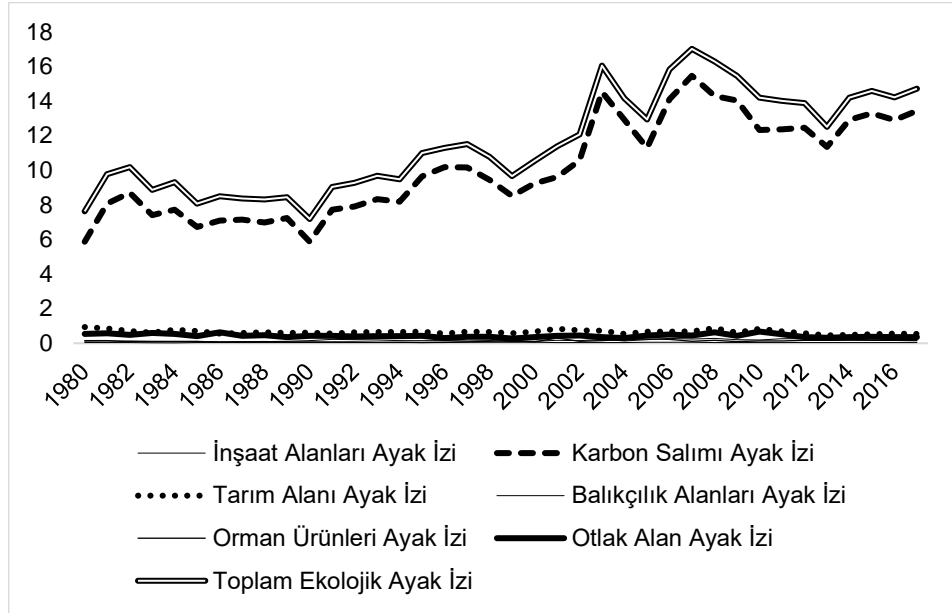
Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi için yıllar itibarıyla birçok anlaşma ve konferans gerçekleştirilmiştir. Stockholm Konferansı (1972), Brundtlan Raporu (1987), Kyoto Protokolü (1997), Paris İklim Anlaşması (2015) gibi anlaşma ve konferanslar bunlardan bazılarıdır. Bu anlaşma ve konferanslarda alınan birçok karar ve tedbire rağmen küresel ekolojik ayak izi artış eğilimi göstermiştir. Dünyada Neo-liberal politikaların ve küreselleşmenin etkisini hissettirmeye başladığı özellikle 1970 ve 1980'li yıllar sonrası ise ekolojik açık belirginleşmiştir. 1961 yılında 7,02 milyar global hektar (gha) olan küresel ekolojik ayak izi, 2017 yılı itibarıyla yaklaşık olarak %197 oranında artarak 20,9 milyar gha seviyesine yükselmiştir (Global Footprint Network, 2021). Benzer bir durum Katar için de söz konusudur. Şekil 1'de Katar için ekolojik ayak izi ve biyokapasite seyri 1980-2017 yılları itibarıyla gösterilmektedir.



Şekil 1. Ekolojik ayak izi ve biyokapasite (Global Footprint Network, 2021)

Şekil 1'e göre Katar'da 1980 yılında 7.62 gha olan kişi başına ekolojik ayak izi, 2017 yılında yaklaşık olarak %93 oranında artarak 14.72 gha düzeyine ulaşmıştır. 1980 yılında 11.84 gha olan kişi başına

biyokapasite değeri ise 2017 yılında azalarak 0.96 gha düzeyine gerilemiştir. 1981 yılında Katar'da kişi başına ekolojik ayak izi ve biyokapasite değerleri eşitlenmiş ve bu tarihten itibaren ekolojik ayak izi biyokapasitenin üzerine çıkarak ekolojik açık meydana gelmiştir. Sonuç itibarıyla Katar'da çevre kalitesinin hızla düştüğü diğer bir ifade ile çevresel tahribatın hızla arttığı görölmektedir. şekil 2'de 1980-2017 yılları arası Katar'da ekolojik ayak izi alt bileşenlerinin seyri gösterilmektedir.



şekil 2. Ekolojik ayak izi alt bileşenleri (Global Footprint Network, 2021)

şekil 2'de göröleceği üzere Katar'da toplam ekolojik ayak izinde en büyük pay sahibi karbon salımı ayak izidir. Karbon salımı ayak izini ise sırasıyla tarım alanları ayak izi ve otlak alan ayak izi takip etmektedir. Toplam ekolojik ayak izine en az etki eden ayak izi ise inşaat alanları ayak izidir. Dolayısıyla karbon salımı ayak izi, tarım alanları ayak izi ve otlak alan ayak izinin, Katar'da toplam ekolojik ayak izi üzerinde daha fazla bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Katar'ın ekolojik ayak izi görünümü dikkate alındığında çevresel bozulma açısından mevcut durumun nedenlerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda Katar'da çevresel bozulmaya dolayısı ile ekolojik ayak izine neden olan faktörler şu şekilde açıklanmaktadır: Birincisi, artan nüfus, kentleşme ve hızlı ekonomik büyüme çabaları fosil tüketiminde artışa yol açmaktadır (Charfeddine, 2017). İkincisi, deniz suyunun tuzdan arındırılması işlemi ve iklimlendirme sistemleri (soğutma-ısıtma-havalandırma) yüksek miktarda elektrik tüketimine neden olmaktadır (Mannan ve diğerleri, 2019). Üçüncüsü, yüksek kişi başına gelir ile birlikte su ve elektriğin devlet tarafından sübvansede edilmesi daha fazla tüketimi teşvik etmektedir. Çevresel baskıya neden olan bu faktörler ekolojik ayak izini artırarak ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Abulibdeh, 2022).

3. LİTERATÜR TARAMASI

CO₂ değişkeni, çevresel göstergelerin durağanlığının incelendiği çalışmalarda en sık kullanılan çevresel göstergelerden biridir. Bu çalışmaların büyük bir bölümünde CO₂ değişkeninin durağanlığı farklı birim kök testleri kullanılarak yakınsama yaklaşımı çerçevesinde ele alınmıştır (Heil ve Selden, 1999; Aldy, 2006; Lee ve Chang, 2009; Criado ve Grether, 2011; Camarero ve diğerleri, 2013; Li ve diğerleri, 2014; Ahmed ve diğerleri, 2017; Magazzino, 2019; Payne ve Apeşgis, 2021; Tiwari ve diğerleri, 2021). Son yıllarda ise EF değişkeni, alt bileşenleri ile çevresel performansın kapsayıcı bir göstergesi olarak geniş çapta kabul görmektedir.

Katar için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığının araştırıldığı bu çalışmanın literatür taraması, doğrudan EF ve alt bileşenlerinin durağanlığının test edildiği çalışmalardan oluşmaktadır. Literatürde bu konu ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Ulucak ve Lin (2017)'in çalışması bu alana öncülük etmektedir. Ardından Solarin ve Bello (2018), Özcan ve diğerleri (2019), Solarin ve diğerleri (2019), Yılcı ve diğerleri (2019), Solarin (2020), Yılcı ve Pata (2020), Alper ve Alper (2021), Çağlar ve diğerleri (2021), Özcan ve diğerleri (2021), Solarin ve diğerleri (2021), Yılcı ve diğerleri (2022), çeşitli ülkeler için farklı birim kök testleri kullanarak EF ve alt bileşenlerinin durağanlığını incelemişlerdir. Bu çalışmalar şu şekilde özetlenmektedir:

Ulucak ve Lin (2017), 1961-2013 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri için EF, ekolojik açık, biyokapasite ve EF'ye ait alt bileşenlerin durağanlığını Fourier ADF, Fourier LM ve Fourier GLS birim kök testleri ile analiz etmişlerdir. Analizlerden elde edilen bulgularda sadece biyokapasite ve karbon ayak izinin durağan olduğu belirlenmiştir.

Solarin ve Bello (2018), 1961-2013 döneminde 128 ülke için EF'nin durağanlığını test etmişlerdir. Çalışmada doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri kullanılmıştır. Test sonuçları ülke örnekleminin %81'inde EF'nin durağan olmadığına dair kanıtlar sunmaktadır.

Özcan ve diğerleri (2019), 1961-2013 dönemi için gelir gruplarına göre sınıflandırılan 113 ülkede EF'nin durağan olup olmadığını araştırmışlardır. Araştırmada panel KSS birim kök testi ile Sıralı Panel Seçim Yöntemi (SPSM) yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırma bulgularından yüksek, düşük ve yüksek orta gelirli ülkelerde EF'nin durağan olduğu, düşük gelirli ülkelerde ise EF'nin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Solarin ve diğerleri (2019), 1961-2014 yılları arasında 92 ülkeden oluşan bir grup için karbon ayak izi değişkeninin durağanlığını incelemişlerdir. Kesirli birim kök testinin kullanıldığı çalışmada elde edilen bulgulardan 25 ülke için karbon ayak izinin durağan olduğu tespit edilmiştir.

Yıllancı ve diğerleri (2019), Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (OECD) üyesi 25 ülkede EF ve alt bileşenlerinin durağan olup olmadığını 1961-2013 yılları için araştırmışlardır. Çalışmada keskin ve yumuşak kırılmaya izin veren durağanlık testi kullanılmıştır. Test sonuçlarından balıkçılık alan ayak izinin durağan olmadığı, toplam EF ve geriye kalan alt bileşenlerin ise durağan olduğu belirlenmiştir.

Solarin (2020), 89 ülke grubunda 1961-2017 dönemi için orman ürünleri ayak izinin durağanlığını incelemişlerdir. Çalışmada yumuşak kırılmaya izin veren Fourier panel durağanlık testi kullanılmıştır. Test sonuçlarından 88 ülkede orman ürünleri ayak izinin durağan olmadığına dair kanıtlara ulaşılmıştır.

Yıllancı ve Pata (2020), 1961-2016 dönemi için Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN-5) ülkelerinde EF'nin durağanlığını iki rejimli eşik otoregresif (TAR) panel birim kök testi ile araştırmışlardır. İkinci rejim test sonuçlarına göre ülkelerin %80,77'si için EF'nin durağan olduğu bulunmuştur.

Alper ve Alper (2021), 1961-2016 yılları arası Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye'de (MINT) ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlığını Fourier birim kök testi ile analiz etmişlerdir. Bireysel ülke sonuçlarına göre Meksika için tarım alanları ayak izinin, Endonezya için toplam EF ve inşaat alanları ayak izinin, Nijerya için tarım alanları ve otlak alan ayak izinin, Türkiye için ise balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izinin durağan olduğu belirlenmiştir. Ayrıca MINT ülkelerinin tamamında karbon salımı ayak izinin birim köklü olduğu tespit edilmiştir.

Çağlar ve diğerleri (2021), 1961–2016 döneminde 5 Avrupa Birliği ülkesi (Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İngiltere) için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığını incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre İspanya için inşaat alanları ayak izi, İngiltere için ise otlak alan ve orman ürünleri ayak izi dışındaki tüm ayak izi göstergelerinin birim köklü olduğu belirlenmiştir.

Özcan ve diğerleri (2021), 1961 ve 2016 yılları arasında 27 OECD ülkesi için ekolojik dengenin durağanlığını kantil birim kök testleri ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre 27 OECD ülkesinden sadece Almanya, İsrail ve Meksika'da ekolojik dengenin durağan olduğu tespit edilmiştir.

Solarin ve diğerleri (2021), 1961-2016 dönemi için 89 ülkede balıkçılık alanları ayak izinin durağanlığını kesirli entegrasyon yaklaşımı ile incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre ülkelerin çoğunda balıkçılık alanları ayak izinin durağan olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yıllancı ve diğerleri (2022), 1961-2017 yılları arası gelişmekte olan 10 büyük piyasa ekonomisi için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığını araştırmışlardır. Çalışmada Fourier ADF ve Fourier kesirli birim kök testleri gibi güncel yöntemler kullanılmıştır. Fourier ADF birim kök testi sonuçlarına göre, ayak izi değişkenlerinin yaklaşık %30'u için durağanlık geçerli iken, FUR testi sonuçlarına göre neredeyse tüm ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde EF ve alt bileşenlerinin durağanlığı farklı ülkeler için çeşitli geleneksel ve güncel birim kök test teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları seçilen ülkeye/ülkelere ve ampirik yöntemlere göre farklılık arz etmektedir. Diğer bir ifade ile EF ve alt bileşenlerinin durağanlığının araştırıldığı çalışmalarda elde edilen sonuçlar bu alanda bir uzlaşma olmadığını göstermektedir. Ayrıca literatürde Katar ile ilgili doğrudan ekolojik ayak izinin durağanlığının incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Katar için EF ve alt bileşenlerinin durağanlıklarının analiz edildiği ilk araştırma olarak bu çalışmanın literatüre katkı sunması beklenmektedir.

4. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı 1980-2017 döneminde Katar için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığını kesirli frekanslı Fourier ADF birim kök testi ile incelemektir. EF ve alt bileşen ayak izi verileri, kişi başına düşen küresel hektar alan ayak izi ile ifade edilmektedir. Verilere Global Footprint Network (2021) resmî sitesinden ulaşılmıştır. Analizde tüm veriler logaritmik değerleri ile kullanılmıştır. Tablo 1'de verilere dair tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur.

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistikler

<i>EF Alt Bileşenleri</i>	<i>Maksimum</i>	<i>Minimum</i>	<i>Eğiklik</i>	<i>Basıklık</i>	<i>Olasılık</i>	<i>Gözlem</i>
İnşaat Alanları	-2,751	-3,539	-0,015	2,764	0,956	38
Karbon Salımı	2,739	1,770	-0,069	1,802	0,316	38
Tarım Alanı	-0,063	-0,785	0,272	2,840	0,776	38
Balıkçılık Alanları	-1,264	-2,658	-0,263	2,260	0,520	38
Orman Ürünleri	-1,188	-3,073	-0,009	2,283	0,666	38
Otlak Alan	-0,390	-1,290	0,257	2,644	0,734	38
<i>Toplam EF</i>	<i>2,834</i>	<i>1,972</i>	<i>0,012</i>	<i>1,753</i>	<i>0,292</i>	<i>38</i>

Geleneksel birim kök testleri doğrusal nitelikte olup, yapısal değişimleri dikkate almamaktadır. Öte yandan makroekonomik değişkenlerin ise son yıllarda kırılmalı ve doğrusal olmayan bir karaktere sahip olduğu dolayısıyla doğrusal olmayan ve yapısal değişimlerin dikkate alındığı birim kök testlerinin daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyduğu ifade edilmektedir (Lee, 2014).

Perron (1989) tarafından ilk kez yapısal kırılmalara dikkat çekilmiş ve yapısal değişimlerin göz ardı edilmesinin birim kök analizlerinde birim kökün reddedilememesine yol açtığı öne sürülmüştür. Bu eksiklik yapısal kırılmaları dikkate alan Perron (1989), Zivot ve Andrews (1992), Lee ve Strazicich (2003) tarafından geliştirilen çeşitli birim kök testleri ile giderilmeye çalışılmıştır. Fakat bu testlerde yapısal kırılmalar kukla değişken yöntemi ile dikkate alındığından yalnızca ani değişim dinamikleri yakalanabilmektedir.

Becker ve diğerleri (2006), Enders ve Lee (2012), Rodrigues ve Taylor (2012) gibi araştırmacılar kukla değişken kullanmak yerine Fourier yaklaşımını kullanmanın daha avantajlı olduğunu ileri sürmüşler ve Fourier terimlerini birim kök analizlerine dahil etmişlerdir. Daha yavaş ve yumuşak kırılmalara izin verdiğinden Fourier yaklaşımının yapısal değişimleri daha başarılı bir şekilde yakaladığı ifade edilmektedir. Ayrıca Fourier fonksiyonu, birim kök analizlerinde sıklıkla karşılaşılan kırılmanın biçimi (keskin veya yumuşak), tarihi ve sayısına dair önceden bilme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Omay, 2015).

Çalışmada Bozoklu ve diğerleri (2020) tarafından geliştirilen kesirli frekanslı Fourier ADF birim kök testi kullanılmıştır. Bu test, Enders ve Lee (2012) tarafından önerilen Fourier ADF (FADF) birim kök testine dayanmaktadır. FADF birim kök testi, ADF birim kök testine Fourier fonksiyonların (trigonometrik terimlerin) dahil edilmesi ile geliştirilmiştir. Fourier fonksiyonlar sayesinde kırılmanın sayısı, tarihi ve biçiminden testin gücü ve güvenilirliği etkilenmemektedir.

FADF birim kök testi için tahmin edilen model Eşitlik 1'de verilmektedir (Bozoklu ve diğerleri, 2020).

$$\Delta y_t = \lambda_0 + \lambda_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \lambda_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \lambda_3 y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

Eşitlik 1'de \sin ve \cos trigonometrik fonksiyonları temsil etmektedir. $\pi=3,1416$ ve k , minimum kalıntı kareler toplamına (Min. KKT) göre seçilen frekans değerini göstermektedir. t , trend terimini; T , gözlem sayısını ve p ise t istatistiği anlamlılık yaklaşımına göre belirlenen uygun gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Uygun gecikme uzunluğunu belirlemek için Akaike bilgi kriteri (AIC) kullanılmıştır.

Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011), ilk defa frekans değerini $k=[0,5, 1, 1,5, \dots, 3]$ biçiminde kesirli olabileceğinden bahsetmiştir. Omay (2015), frekans değerini $k=[0,1,0,2, 0,3, \dots, 2]$ aralığında kesirli olmasına izin veren testi geliştirmiştir. Bozoklu ve diğerleri (2020) ise 0-2 frekans değer aralığını $k=[0,1, 0,2, 0,3, \dots, 5]$ aralığına genişletmişler ve bu frekans aralığına dair kritik değerleri oluşturmuşlardır.

Frekans değerini tam sayı ya da kesirli olması yapısal değişimlerin geçici mi yoksa kalıcı mı olduğu hakkında bilgi vermektedir. Frekans değerini kesirli olması yapısal değişimlerin kalıcı olduğuna, tam sayı olması ise yapısal değişimlerin geçici olduğuna işaret etmektedir (Yılancı ve diğerleri, 2022).

Trigonometrik terimlerin anlamlılığı şu hipotezlerle sınanmaktadır:

H_0 : Trigonometrik terimler anlamlı değildir.

H_A : Trigonometrik terimler anlamlıdır.

Trigonometrik terimlerin anlamlı olduğu durumlarda FADF test istatistiğine göre karar verilmektedir. Fakat trigonometrik terimlerin anlamlı olmadığı durumlarda FADF testi yerine ADF gibi farklı birim kök testleri kullanılabilir.

5. BULGULAR

Ekolojik ayak izi ve alt bileşenlerinin durağanlık sınavında birinci aşamada kesirli frekanslı FADF birim kök testi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise ADF birim kök testinden faydalanılmıştır. Tablo 2'de sabitli modelde kesirli frekanslı FADF birim kök test sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2. Kesirli frekanslı FADF birim kök test sonuçları

<i>Ekolojik Ayak İzi ve Alt Bileşenleri</i>	<i>k</i>	<i>Minimum KKT</i>	<i>FADF Test İstatistiği</i>	<i>p</i>	<i>F Test İstatistiği</i>
İnşaat Alanları Ayak İzi	1	0,436	-5,275***	4	13,269***
Karbon Salımı Ayak İzi	0,8	0,327	-3,969**	1	7,906**
Tarım Alanı Ayak İzi	1,6	0,531	-4,083	1	3,182
Balıkçılık Alanları Ayak İzi	0,5	1,744	-3,690	2	4,371
Orman Ürünleri Ayak İzi	1,1	3,031	-2,528	1	3,922
Otlak Alan Ayak İzi	1,6	1,042	-3,951	1	4,381
Toplam Ekolojik Ayak İzi	0,9	0,253	-3,604*	1	6,982*

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini temsil etmektedir. *p*, uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir. Enders ve Lee (2012) çalışmasında Tablo 1 (b)'den ulaşılan F testi tablo kritik değerleri 10,35 (%1), 7,58 (%5) ve 6,35 (%10)'tir. Bozoklu ve diğerleri (2020) çalışmasında Tablo (a)'dan elde edilen FADF testi tablo kritik değerleri ise *k=1* için -4,41 (%1), -3,80 (%5) ve -3,48 (%10); *k=0,8* için -4,52 (%1), -3,91 (%5) ve -3,61 (%10); *k=0,9* için -4,46 (%1), -3,86 (%5) ve -3,55 (%10)'tir.

Tablo 2'de FADF test istatistiği, Fourier ADF birim kök test istatistik değerlerini, F test istatistiği ise trigonometrik terimlerin anlamlılığı için hesaplanan F test istatistik değerlerini göstermektedir. FADF test istatistiklerini değerlendirmeden önce trigonometrik terimlerin anlamlılığı kontrol edilmektedir. Buna göre trigonometrik terimlerin anlamsız olduğunu ifade eden sıfır hipotezi inşaat alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi ve toplam ekolojik ayak izi değişkenleri için reddedilmiş ve bu değişkenler için trigonometrik terimlerin anlamlı olduğu bulunmuştur. Öte yandan tarım alanı ayak izi, balıkçılık alanları ayak izi, orman ürünleri ayak izi ve otlak alan ayak izi değişkenleri için ise sıfır hipotezi reddedilememiştir. Sonuç itibarıyla trigonometrik terimlerin anlamlı olduğu inşaat alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi ve toplam ekolojik ayak izi değişkenleri için FADF test istatistiği yorumlanabilmektedir. FADF test istatistiğine göre birim kökün var olduğunu ifade eden sıfır hipotezi, inşaat alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi ve toplam ekolojik ayak izi için reddedilmiştir. Dolayısıyla bu değişkenlerin durağan olduğu diğer bir ifade ile bu değişkenler üzerindeki şokların etkisinin geçici olduğu belirlenmiştir.

Trigonometrik terimlerin anlamsız olduğu tarım alanı ayak izi, otlak alan ayak izi, balıkçılık alanları ayak izi ve orman ürünleri ayak izi değişkenlerinin durağanlığı ise Dickey ve Fuller (1979, 1981)'in ADF birim kök testi ile sınanmıştır. Tablo 3'te sabitli modelde ADF birim kök test sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 3. ADF birim kök test sonuçları

<i>Ekolojik Ayak İzi ve Alt Bileşenleri</i>	<i>ADF</i>
Tarım Alanı Ayak İzi	-3,947*** (0,004)
Balıkçılık Alanları Ayak İzi	-2,687 (0,085)
Orman Ürünleri Ayak İzi	-1,424 (0,559)
Otlak Alan Ayak İzi	-3,911*** (0,004)

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyini temsil etmektedir. Parantez içindeki değerler *p*-değerini göstermektedir.

Tablo 3'te ADF birim kök test sonuçlarına göre birim kökün var olduğunu ifade eden sıfır hipotezi tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenleri için reddedilmiş, balıkçılık alanları ayak izi ve orman ürünleri ayak izi değişkenleri için ise reddedilememiştir. Dolayısıyla tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu, balıkçılık alanları ayak izi ve orman ürünleri ayak izi değişkenlerinin ise birim köklü olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenleri üzerinde şokların geçici bir etkiye sahip olduğu, diğer yandan balıkçılık alanları ayak izi ve orman ürünleri ayak izi değişkenleri üzerinde ise şokların etkisinin kalıcı olduğu görülmüştür. Şekil 3'te 1980-2017 yılları itibarıyla ekolojik ayak izi değişkenleri ve yapısal değişimlerin grafikleri sunulmuştur.



Şekil 3. Ekolojik ayak izi değişkenleri ve yapısal değişimler

Şekil 3'te Fourier fonksiyonlarının ekolojik ayak izi değişkenlerindeki yapısal değişimleri başarılı bir şekilde yakaladığı görülmektedir. Bu bağlamda ekolojik ayak izi değişkenleri ile Fourier fonksiyonlarının uyum içerisinde olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ

İnsanlığı endişelendiren düzeye ulaşan küresel ısınma ve çevre kirliliği konuları, günümüzde araştırmacıların ve politika yapıcıların en büyük ilgi alanlarından biri haline gelmiştir. Bu doğrultuda son dönem çalışmalarda ekolojik ayak izi gibi kapsayıcı bir değişken aracılığıyla çevre kirliliği konuları araştırılmaktadır. Bu çalışmada 1980-2017 yılları arası Katar'da EF ve alt bileşenlerinin durağanlığı kesirli frekanslı FADF birim kök testi ile incelenmiştir. Kesirli frekanslı FADF birim kök test bulgularına göre inşaat

alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi ve toplam ekolojik ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu değişkenlerin durağan olması şokların etkisinin geçici olduğunu diğer bir ifade ile çevreye ilişkin politikaların uzun dönemde geçici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. ADF birim kök test bulgularında ise tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenlerinin durağan olduğu, balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izi değişkenlerinin ise durağan olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, çevresel politikaların tarım alanı ve otlak alan ayak izi değişkenleri üzerinde uzun dönemde geçici, balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izi üzerinde ise kalıcı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma bulguları Yılcı ve diğerleri (2019), Solarin (2020), Yılcı ve Pata (2020), Solarin ve diğerlerinin (2021) çalışma sonuçları ile uyumlu iken, Solarin ve Bello'nun (2018) çalışma sonuçları ile çelişmektedir. Elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde Katar'da balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izini azaltmaya yönelik politikaların etkili olduğu, fakat inşaat alanları ayak izi, karbon salımı ayak izi, tarım alanı ayak izi, otlak alan ayak izi ve toplam ekolojik ayak izini azaltmaya yönelik politikaların ise etkisiz olduğu görülmüştür. Sonuç itibarıyla ekolojik ayak izinin durağanlığı, çevresel tahribata karşı doğrudan değil dolaylı müdahale ihtiyacını ortaya koyduğundan, politika yapımcılar daha çok balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izini azaltmaya yönelik politikalara odaklanmalıdır.

Katar'da ekolojik ayak izinin azaltılması ve kaynak verimliliğinin artırılması amacı ile bazı önerilerde bulunulabilir. Politika yapımcılar, balıkçılık alanları ve orman ürünleri ayak izinin boyutunu azaltmak için önemli düzenlemeleri hayata geçirmelidir. İlgili kurumlar tarafından aşırı avlanma, yasa dışı balıkçılık faaliyetleri yakından takip edilmeli ve bu doğrultuda caydırıcı yasal düzenlemeler ivedilikle yapılmalıdır. Kullanılan kâğıt hamuru, kereste ve odun ürünlerinde geri dönüşümü teşvik edecek uygulamalara ağırlık verilmelidir. Özellikle balıkçılık ve orman sahalarında yeni üretim alanları kullanıma açılmadan önce mevcut kullanımda olan alanların verimliliği artırılarak doğal kaynakların kontrolsüz kullanımının önüne geçilmelidir. Yapılaşma için biyolojik açıdan verimli araziler yerine verimsiz ya da düşük verimli bölgeler tercih edilmelidir. Üretim ve tüketim sürecinde doğal kaynak verimliliği artırılmalı ve çevreye duyarlı teknolojilerin kullanımı teşvik edilmelidir. Sürdürülebilir kalkınma ve çevre için doğal kaynaklardan kontrollü ve verimli bir şekilde faydalanılmalıdır. Bu doğrultuda sübvansu ve elektrik tüketimi uygulamasından kademeli olarak çıkılmalı, nihai enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji payı artırılmalıdır. Toplumda çevresel farkındalığı artırmak amacı ile çevre konulu eğitim programları düzenlenmelidir. Çevre vergileri artırılmalı ve çevre koruma yasaları istisnasız bir şekilde uygulanmalıdır.

1980-2017 yılları arasını kapsayan bu çalışmanın kısıtı, Katar için daha uzun ekolojik ayak izi verilerinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada kişi başına EF'de ilk sırada yer alan Katar için EF ve alt bileşenlerinin durağanlığı incelenmiştir. Gelecek çalışmalarda kişi başına EF'de ilk sıralarda yer alan diğer ülkelerde EF ve alt bileşenlerinin durağanlığı araştırılabilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan alışmalarının telif hakkına sahiptirler ve alışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abulibdeh, A. (2022). "Time Series Analysis of Environmental Quality in the State of Qatar", *Energy Policy*, 168, 113089, 1-18.
- Ahmed, M., Khan, A.M., Bibi, S. ve Zakaria, M. (2017). "Convergence of Per Capita CO₂ Emissions Across the Globe: Insights via Wavelet Analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 86-97.
- Aldy, J.E. (2006). "Per Capita Carbon Dioxide Emissions: Convergence or Divergence?", *Environmental and Resource Economics*, 33(4), 533-555.
- Alper, A.E. ve Alper, F.Ö. (2021). "Persistence of Policy Shocks to the Ecological Footprint of MINT Countries", *Ege Academic Review*, 21(4), 427-440.
- Altan, A.D. ve Sağbaş, A. (2020). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu", *Verimlilik Dergisi*, (1), 7-26.
- Becker, R., Enders, W. ve Lee, J. (2006). "A Stationarity Test in the Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks", *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409.
- Bozoklu, S., Yılcıncı, V. ve Görüş, M.S. (2020). "Persistence in Per Capita Energy Consumption: A Fractional Integration Approach with a Fourier Function", *Energy Economics*, 91, 104926, 1-12.
- Çağlar, A.E., Balsobre-Lorente, D. ve Akin, C.S. (2021). "Analysing the Ecological Footprint in EU-5 Countries under a Scenario of Carbon Neutrality: Evidence from Newly Developed Sharp and Smooth Structural Breaks in Unit Root Testing", *Journal of Environmental Management*, 295, 113155, 1-8.
- Camarero, M., Picazo-Tadeo, A.J. ve Tamarit, C. (2013). "Are the Determinants of CO₂ Emissions Converging among OECD Countries?", *Economics Letters*, 118(1), 159-162.
- Charfeddine, L. (2017). "The Impact of Energy Consumption and Economic Development on Ecological Footprint and CO₂ Emissions: Evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model", *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Christopoulos, D.K. ve Leon-Ledesma, M.A. (2011). "International Output Convergence, Breaks, and Asymmetric Adjustment", *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 15(3), 1-35.
- Cole, M.A. (2004). "Trade, the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages", *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.
- Criado, C.O. ve Grether, J.M. (2011). "Convergence in Per Capita CO₂ Emissions: A Robust Distributional Approach", *Resource and Energy Economics*, 33(3), 637-665.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1979). "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072.
- Enders, W. ve Lee, J. (2012). "The Flexible Fourier Form and Dickey-Fuller Type Unit Root Tests", *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A. ve Wackernagel, M. (2010). "Ecological Footprint Atlas 2010", *Global Footprint Network*, Oakland.
- Global Footprint Network (2021). "Advancing the Science of Sustainability", <https://data.footprintnetwork.org>, (Erişim Tarihi:10.12.2021).
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper*, 1-39.
- Heil, M.T. ve Selden, T.M. (1999). "Panel Stationarity with Structural Breaks: Carbon Emissions and GDP", *Applied Economics Letters*, 6(4), 223-225.
- Kihombo, S., Ahmed, Z., Chen, S., Adebayo, T.S. ve Kırıkkaleli, D. (2021). "Linking Financial Development, Economic Growth, and Ecological Footprint: What Is the Role of Technological Innovation?", *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 61235-61245.
- Lee, K.C. (2014). "Is Per Capita Real GDP Stationary in China? Sequential Panel Selection Method", *Economic Modelling*, 37, 507-517.
- Lee, C.C. ve Chang, C.P. (2008). "Trend Stationary of Inflation Rates: Evidence from LM Unit Root Testing with a Long Span of Historical Data", *Applied Economics*, 40(19), 2523-2536.
- Lee, C.C. ve Chang, C.P. (2009). "Stochastic Convergence of Per Capita Carbon Dioxide Emissions and Multiple Structural Breaks in OECD countries", *Economic Modelling*, 26(6), 1375-1381.

- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003). "Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks", *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Li, X.L., Tang, D.P. ve Chang, T. (2014). "CO₂ Emissions Converge in the 50 US States—Sequential Panel Selection Method", *Economic Modelling*, 40, 320-333.
- Lin, D., Hanscom, L., Martindill, J., Borucke, M., Cohen, L., Galli, A., Lazarus, E., Zokai, G., Iha, K. ve Wackernagel, M. (2016). "Working Guidebook to the National Footprint Accounts", Global Footprint Network, Oakland.
- Magazzino, C. (2019). "Testing the Stationarity and Convergence of CO₂ Emissions Series in MENA Countries", *International Journal of Energy Sector Management*, 977-990.
- Mannan, M., Alhaj, M., Mabrouk, A.N. ve Al-Ghamdi, S.G. (2019). "Examining the Life-Cycle Environmental Impacts of Desalination: A Case Study in the State of Qatar", *Desalination*, 452, 238-246.
- Narayan, P.K. ve Smyth, R. (2007). "Are Shocks to Energy Consumption Permanent or Temporary? Evidence from 182 Countries", *Energy Policy*, 35(1), 333-341.
- Nelson, C.R. ve Plosser, C.R. (1982). "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications", *Journal of Monetary Economics*, 10(2), 139-162.
- Omay, T. (2015). "Fractional Frequency Flexible Fourier Form to Approximate Smooth Breaks in Unit Root Testing", *Economics Letters*, 134, 123-126.
- Özcan, B., Danish, K. ve Bozoklu, S. (2021). "Dynamics of Ecological Balance in OECD Countries: Sustainable or Unsustainable?", *Sustainable Production and Consumption*, 26, 638-647.
- Özcan, B., Ulucak, R. ve Dogan, E. (2019). "Analyzing Long Lasting Effects of Environmental Policies: Evidence from Low, Middle and High Income Economies", *Sustainable Cities and Society*, 44, 130-143.
- Payne, J.E. ve Apergis, N. (2021). "Convergence of Per Capita Carbon Dioxide Emissions among Developing Countries: Evidence from Stochastic and Club Convergence Tests", *Environmental Science and Pollution Research*, 28(26), 33751-33763.
- Perron, P. (1989). "Testing for a Random Walk: A Simulation Experiment of Power When the Sampling Interval Is Varied", *In Advances in Econometrics and Modelling*, 47-68.
- Phillips, P.C. ve Sul, D. (2007). "Transition Modeling and Econometric Convergence Tests", *Econometrica*, 75(6), 1771-1855.
- Rees, W.E. (1992). "Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out", *Environment & Urbanization*, 4(2), 121-130.
- Rodrigues, P.M. ve Robert Taylor, A.M. (2012). "The Flexible Fourier Form and Local Generalised Least Squares De-Trended Unit Root Tests", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(5), 736-759.
- Shafik, N. (1994). "Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis", *Oxford Economic Papers*, 757-773.
- Solarin, S.A. (2019). "Convergence in CO₂ Emissions, Carbon Footprint and Ecological Footprint: Evidence from OECD Countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 6167-6181.
- Solarin, S.A. (2020). "Towards Sustainable Development: A Multi-Country Persistence Analysis of Forest Products Footprint Using a Stationarity Test with Smooth Shifts", *Sustainable Development*, 28(5), 1465-1476.
- Solarin, S.A. ve Bello, M.O. (2018). "Persistence of Policy Shocks to an Environmental Degradation Index: The Case of Ecological Footprint in 128 Developed and Developing Countries", *Ecological Indicators*, 89, 35-44.
- Solarin, S.A., Gil-Alana, L.A. ve Lafuente, C. (2019). "Persistence in Carbon Footprint Emissions: An Overview of 92 Countries", *Carbon Management*, 10(4), 405-415.
- Solarin, S.A., Gil-Alana, L.A. ve Lafuente, C. (2021). "Persistence and Sustainability of Fishing Grounds Footprint: Evidence from 89 Countries", *Science of the Total Environment*, 751, 141594, 1-8.
- Stern, D.I. (2014). "The Environmental Kuznets Curve: A primer", *CCEP Working Paper 1404*, 1-21.
- Tiwari, A.K., Nasir, M.A., Shahbaz, M. ve Raheem, I.D. (2021). "Convergence and Club Convergence of CO₂ Emissions at State Levels: A Nonlinear Analysis of the USA", *Journal of Cleaner Production*, 288, 125093, 1-12.
- Ulucak, R. ve Lin, D. (2017). "Persistence of Policy Shocks to Ecological Footprint of the USA", *Ecological Indicators*, 80, 337-343.
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2019). "Global environment outlook 6", Geneva.
- Ünlü, F. (2021). "Çevresel İnovasyonların Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi: Panel ARDL Yaklaşımı", *Verimlilik Dergisi*, (4), 21-34.
- Vincent, J.R. (1997). "Testing for Environmental Kuznets Curves within a Developing Country", *Environment and Development Economics*, 2(4), 417-431.

- Wackernagel, M. ve Rees, W. (1996). "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth", *New Society Publishers*, 1-29.
- Wackernagel, M. ve Rees, W.E. (1997). "Perceptual and Structural Barriers to Investing in Natural Capital: Economics from an Ecological Footprint Perspective", *Ecological Economics*, 20(1), 3-24.
- Yılancı, V., Görüş, M.S. ve Aydın, M. (2019). "Are Shocks to Ecological Footprint in OECD Countries Permanent or Temporary?", *Journal of Cleaner Production*, 212, 270-301.
- Yılancı, V. ve Pata, U.K. (2020). "Convergence of Per Capita Ecological Footprint Among the ASEAN-5 Countries: Evidence from a Non-Linear Panel Unit Root Test", *Ecological Indicators*, 113, 106178, 1-8.
- Yılancı, V., Pata, U.K. ve Cutcu, I. (2022). "Testing the Persistence of Shocks on Ecological Footprint and Sub-accounts: Evidence from the Big Ten Emerging Markets", *International Journal of Environmental Research*, 16(1), 1-13.
- Zivot, E. ve Andrews, D.W.K. (1992). "Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 251-270.

Verimlilik Fırsatı Olarak Döngüsel Ekonomi: Döngüsel Modele Geçişte Atalet Engeli

Bahar TÜRK¹

ÖZET

Amaç: İşletmeler açısından önemli verimlilik fırsatları yaratan döngüsel ekonomi modeline geçişe yönelik, kurumlarda engel oluşturan örgütsel atalet kavramının boyutlarının öncelik sırasını belirleyerek hangi boyutun değişime daha fazla direnç oluşturduğunu tespit etmektir.

Yöntem: Çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Veriler, en az on yıldır aynı görevi yürüten, döngüsel modele tereddütte yaklaşan 5 ve döngüsel modele geçiş yapma üzere olan 5 olmak üzere, toplam 10 işletmenin yöneticisi/lideri (uzman) yardımıyla toplanmıştır.

Bulgular: Döngüsel ekonomiye geçişte en önemli atalet boyutunun psikolojik atalet (0,45) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç değişime direncin odağında çalışanların olduğunu göstermektedir. Sezgisel atalet alt boyutunda 'değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe.' (0,33); Eylem ataleti alt boyutunda 'sorun çözme şeklini değiştirmek için öneri kabul etmeme.' (0,33); Psikolojik atalet alt boyutunda 'işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların tehdit altında hissetmesi.' (0,40) ifadeleri öne çıkarken, genel sıralamada 'çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi.' (0,15) ilk sırada yer almıştır.

Özgünlük: Elde edilen bulguların, örgütsel atalet hakkında teorik ve ampirik bilgi sunması beklenmektedir. Ayrıca işletmelerin kendi atalet yapılarını ve döngüsellik değerlerini sorgulamaları açısından bir bakış açısı sunarak, genel sürdürülebilirlik gündemlerini geliştirmek, bütünsel stratejiler ve çözümler oluşturmak için önemli ipuçları sağlanabilecektir. Bu yolla işletmelerin daha verimli bir iş sürecine kavuşmalarına katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Verimlilik, Örgütsel Atalet.

JEL Kodları: D24, L20, M20, O44, Q56.

Circular Economy as An Opportunity for Productivity: Inertia Barrier to the Transition towards the Circular Model

ABSTRACT

Purpose: A circular economy (CE) creates significant productivity opportunities for companies, and organizational inertia creates obstacles in organization to the transition toward the CE. The aim is the determine the priority order of the dimensions of the concept of organizational inertia and which dimension creates more resistance to change.

Methodology: The Analytical Hierarchy Process (AHP) was used. The data were collected with the help of the managers/leaders (experts) who have at least ten years of experience in 10 companies. Five companies are not yet adopted the CE, and five are about to transition to the CE.

Findings: It has been determined that the most critical inertia dimension in the transition to CE is psychological inertia (0.45). In the Insight inertia, 'not trying to observe and learn new concepts to change' (0,33); In the action inertia, 'not accepting suggestions to change the way of solving problems' (0.33); In the psychological inertia, "employees feel threatened by any organizational changes." (0,40). 'Employees like the current processes and do not like change.' (0,15) took the first row in the general ranking.

Originality: The findings are expected to provide theoretical and empirical information about organizational inertia. Essentials clues will be provided to develop general sustainability agendas and create holistic strategies and solutions.

Keywords: Circular Economy, Productivity, Organizational Inertia.

JEL Codes: D24, L20, M20, O44, Q56.

¹ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Denizli Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Denizli, Türkiye, bturk@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9590-769X.

1. GİRİŞ

Çevre dostu değişimler birçok birim için olduğu gibi artık işletmelerin de gündemindedir. Ancak bilindiği gibi değişim, farklı nedenlerle zorlayıcı ve/veya yavaş olabilmektedir. Bu nedenle işletmeler çevreci faaliyetlere ayak uydurmaya çalışmakta ve bu süreçte birtakım zorluklarla yüzleşmektedirler. Her ne kadar işletme içinde değişime direncin; çalışanlar arası istikrar, bütünlüğü koruma veya karşılaşılabilecek riski azaltma gibi avantajları var gibi görünse de değişimden kaçınmanın birçok dezavantajı bulunmaktadır (Johnsen, 2016). Özellikle dünya genelinde birçok işletmenin, çevre dostu faaliyetlerin çok daha ötesinde bir anlayış olan 'döngüsel ekonomi modeline' geçiş için adımlar atıyor olması bu dezavantajları daha kritik hale getirmektedir.

Döngüsel ekonomi, sorumlu üretim ve tüketim süreçlerini atık ve kaynak temelinde ele alan, bu sayede hem ekonomiye hem de topluma fayda sunmayı amaçlayan bir modeldir (Türk, 2020:3). Kullan-at olarak özetlenen doğrusal modelin tam aksine yeniden kazanım odaklı döngüsel ekonomi işletmeler açısından önemli verimlilik artışı fırsatı sunmaktadır. Döngüsel ekonomi anlayışına göre malzeme ve kaynaklar korunmalı, atık oluşumu azaltılarak sürdürülebilir bir ekonomi yaratılmalıdır (Geissdoerfer ve diğerleri, 2017). İşletmenin, döngüsel ekonominin öngördüğü bu yaklaşımı benimsemesi beraberinde verimliliği getirmektedir. Kaynakların ve materyallerin tekrar tekrar kullanılmasıyla meydana gelen atık miktarındaki azalmalar, iş süreçlerinin verimliliğine katkı sağlamaktadır. Sadece işletme içinde verimliliği artırmakla kalmayan döngüsel ekonomi, atıkların geri kazanım süreçlerinde ortaya çıkacak yeni iş fırsatlarıyla da verimli üretim ve tüketim sistemlerinin geliştirilmesinde rol oynamaktadır.

Öte yandan döngüsel ekonomiye geçiş için çevreci davranışları engelleyen; destek ve mali kapasite eksikliği (Xue ve diğerleri, 2010), finansal açıdan karşılaşılan kısıtlamalar, teknik, kurumsal ve sosyal (De Jesus ve Mendonça, 2018) engeller ve en önemlisi değişime direnç ve olumsuz tüketici algıları (Hoffman ve Bazerman, 2007) gibi birçok unsur olduğu bilinmektedir (Gifford, 2011). Ancak bu çalışma, yalnızca döngüsel modele geçişte çevreci değişimi engelleyen ve bu yolla işletmenin elde edeceği verimlilik oranını etkileyebilecek 'örgütsel atalet' kavramına dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. Literatürde değişime direnç olarak ifade edilen 'atalet' kavramı; döngüsel ekonomiye geçişin başlangıcı olacak çevreci davranışlara yönelik değişiklikleri yavaşlatan, engelleyen veya çevre yanlısı karar vermeyi kısıtlayan bileşen olarak ele alınmıştır.

Literatüre bakıldığında da Yamoah ve diğerlerinin (2022), Keinänen'nin (2021), Liu ve Bai'nin (2014) ve Bechtel ve diğerlerinin (2013) çalışmalarında elde ettikleri bulgular, örgütsel atalet kavramının döngüsel ekonomi modeline geçişte engel olarak kabul edildiğini göstermektedir. İlgili araştırmalardan farklı olarak, bu çalışmada döngüsel ekonomi bir verimlilik fırsatı olarak değerlendirilmiş ve örgütsel atalet kavramı bu fırsatı değerlendirme önünde engel olması bağlamında ele alınmıştır. Çalışma bu yönüyle özgün olmakla birlikte, elde edilen verilerin değerlendirilmesinde AHP yönteminin kullanılması da çalışmanın orijinalliğine katkı sunmaktadır.

Çalışmada öncelikle literatür araştırmasına yer verilerek; döngüsel ekonomi, verimlilik fırsatı olarak döngüsel ekonomi, örgütsel atalet ve döngüsel ekonomi başlıkları ele alınmıştır. Sonrasında yöntem kısmına yer verilerek, araştırmada kullanılan yöntem ve örneklem sürecinden bahsedilmiştir. Akabinde, uygulanan AHP yöntemi ifade edilmiş ve ilgili işlem adımları altında bulgulara yer verilmiştir. Son olarak sonuç kısmında değerlendirme ve öneriler ile çalışma tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi literatürde en yalın haliyle "azalt, yeniden kullan ve geri dönüştür" olarak karşılık bulmaktadır (Liu ve diğerleri, 2017). Modele göre ilk yapılması gereken azaltma yoluna gidilmesidir. Kaynak kullanımının azaltılması, atıkların ve kirleticilerin azaltılması sürecin ilk adımınıdır. Sonrasında yeniden kullanım ile materyallerin yenileme veya yeniden üretim yoluyla sisteme dahil olması gelmektedir. En son ise meydana gelen atıkların geri dönüştürülmesi ya da atık geri kazanım sürecinde aktif halde tutulması sağlanmalıdır (Türk, 2020:12). Bununla birlikte döngüsel ekonomi modelinin temel amacını, ticari faaliyetler ile çevrenin refahını bütünleştirerek, geri dönüşüm sistemlerini benimsemek ve tüm kaynakları yenilenebilir/yeniden kullanılabilir bileşenler olarak sisteme tekrar dâhil etmek olarak ifade etmek mümkündür (Keinänen, 2021). Özetle sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak ekonomik ve çevresel olguların arasındaki iki yönlü bağı dikkate almaktadır. Bu yaklaşımla ürünlerin, malzeme ve kaynakların değerini ekonomi içerisinde mümkün olduğunca koruyarak atık oluşumunu sifıra indirmeyi hedeflemektedir. Bununla birlikte kullan-at prensibini benimseyen ve ne yazık ki yaygın model olan doğrusal ekonomi modeli ile uzun vadeli bir yaşamın ve sürdürülebilir bir geleceğin sağlanamayacağı çoğunluk tarafından kabul görmektedir (Yamoah ve diğerleri, 2022).

Döngüsel ekonomi modeli, doğal kaynakların verimli ve yenilenebilir kullanımını sağlayacak yüksek bir potansiyele sahip olmasına karşın, birçok zorluk sebebiyle döngüsellik prensiplerine dayalı iş modellerinin yaygın olarak benimsenmediği görülmektedir (Oghazi ve Mostaghel, 2018). Bu zorlukların en yaygını modelin belirsiz olarak algılanması olmakla birlikte, karmaşık bir sistem olduğunun düşünülmesidir (Maranesi ve De Giovanni, 2020). Tüm bu belirsizlikler örgütsel olarak değişime direnci; ataleti arttırmaktadır (Borrello ve diğerleri, 2020). Özellikle yöneticiler tarafından statüko yanlılığının devam etmesi örgütün geri kalanının da direnci sürdürebileceğini göstermektedir (Altun ve Büyüköztürk, 2011).

2.2. Verimlilik Fırsatı Olarak Döngüsel Ekonomi

Verimlilik, yaygın bilinen anlamıyla az sürede çok iş yaparak, bu süreçte en yüksek faydayı sağlamaktır (Önder ve Erdem, 2006). Belirlenen bir hedefe ulaşmada en büyük etkenlerden biri olarak kabul edilen verimlilik; bireysel bir durumda kişinin öz motivasyonu ile doğrudan ilişkili kabul edilirken, örgütsel boyutta bunu, işletmenin söz konusu iş bazındaki motivasyonu olarak ifade etmek mümkündür. Her iki durumda da bireylerin uğraşlarında daha verimli olabilmeleri için motivasyon sağlayan amaçlarının olması gerekmektedir (Hafizullah, 2007). Bu durumda işletmelerin çevre dostu ürün ve faaliyet amaçlarının olması, verimlilik için gerekli motivasyon kaynağı olarak kabul edilebilmektedir. Ayrıca işletmelerde, verimliliği arttırmak için bulunan kısa vadeli çözümler istikrarsızlığa ve kurumun disiplinden uzaklaşmasına neden olabileceğinden, verimlilik için en ideal çözümlerin uzun vadeli iyileştirmeler olduğu kabul edilmektedir (Önder ve Erdem, 2006; Kaya, 2020).

Bu bağlamda işletmelerde çevresel faaliyetlere ilişkin uzun dönemli ve kapsamlı iyileştirme olarak görülen döngüsel ekonominin, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma gibi global süreçlerin yanında verimliliğe de katkı sağlayacağını söylemek mümkündür (Gregorio ve diğerleri, 2018). Diğer taraftan gelecekteki kaynak sorunlarına ve çevresel bozulmalara hızlı bir şekilde yanıt veremeyen mevcut iş modellerinin, uzun vadede örgütsel yapıyı daha sistematik olan döngüsel modele geçirmede yetersiz kalacağına ilişkin genel bir kanı bulunmaktadır (Betchel ve diğerleri, 2013). Bu durum işletmelerin önemli bir verimlilik fırsatının farkında bile olmadan kaybetmelerine neden olabilmektedir.

Döngüsel modelin, her materyalin ve kaynağın mümkün olan en üst seviyede verimli kullanılmasını, çevreye zarar vermeksizin döngü içerisinde bulunmasını, tekrar tekrar yeniden kullanılacak biçimde seçilmesini gerektirdiğini ve bu sayede verimliliği sağlamayı hedeflediği bilinmektedir (Türkmen ve Kılıç, 2020). Ayrıca döngüsel model, geri dönüştürülen atıkların hammadde olarak sisteme yeniden dâhil edilmesini benimseyerek de kaynakların verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Döngüsel modelin benimsediği sıfır atık anlayışı; katı atıkların, tehlikeli atıkların, malzeme atıklarının, enerji atıklarının ve insan kaynağı israfının önüne geçerek çevreyi korumayı ve daha verimli, sürdürülebilir bir geleceğe temel oluşturmayı hedeflemektedir (Türk, 2020:29). Bu sayede kaynakların, enerjinin verimli şekilde kullanılması ve atık oluşumun en aza indirgenmesi yoluyla sürdürülebilir üretim ve tüketim endüstrileri teşvik edilecek; yeni ürünler, rekabet avantajı ve istihdam olanağının yanı sıra çevreye zarar vermeden sürdürülebilir ekonomik büyüme de sağlanabilecektir (Gregorio ve diğerleri, 2018).

2.3. Örgütsel Atalet ve Döngüsel Ekonomi

Nerdeyse her gün yeni bir değişim türü ile karşı karşıya kalan işletmeler, varlıklarını devam ettirebilmek için bu değişimlere oldukça hızlı yanıt vermek zorundadırlar. Bu gibi durumlarda, bir işletmenin örgüt içerisindeki değişikliklere nasıl uyum sağladığını ya da daha önemlisi nasıl uyum sağlayamadığını ele alan kavram 'örgütsel atalet'dir (Keinänen, 2021). Örgütsel atalet, işletmelerin hızla değişen çevreye uyum sağlamasını zorlaştıran gerek yönetsel gerekse örgütsel düzeyde başarıya ulaşmalarını engelleyen, uzun dönemdeki kaynak ve varlıklarını tehdit ederek performansını ve verimliliğini azaltan önemli bir sorundur (Arlı ve diğerleri, 2012).

Öte yandan döngüsel ekonomi modelinin benimsenmesindeki birçok engel, yapısı gereği kurumsal olarak görüldüğünden, süreci örgütsel açıdan ele almak için önemli bir gerekçe sunmaktadır (Korhonen ve diğerleri, 2018). Dolayısıyla örgütsel ataleti döngüsel ekonomi bağlamında incelemek, işletmenin yönetsel süreci kapsamında gelecekte karşılaşılabilecek sorulara yanıt bulması açısından önem arz etmektedir (Yamoah ve diğerleri, 2022). Örgütsel atalet, işletmenin döngüsel ekonomi modeline geçiş gibi değişen ihtiyaçlara uyum sağlayamaması, bu konuda tepkisiz kalması ya da tepkilerini çok geç vermesi şeklinde karşılık bulmaktadır (Larsen ve Lomi, 2002). Aynı zamanda işletmelerin, çevre yanlısı davranışlar dahil olmak üzere birçok değişiklik karşısında hareketsiz kalmaları, önüne çıkan fırsatları değerlendirmemeleri ve geçmiş deneyimlerinden kopmamaları da yine örgütsel ataletin bir göstergesidir (Van Putten ve diğerleri., 2013). Öyle ki bazı araştırmacılar ataletin aslında sadece tam bir hareketsiz hali olmadığını, oldukça yavaş ve isteksizce gerçekleştirilen değişimlerin de atalet kabul edileceğini öne sürmektedirler (Ahrne ve Papakostas (2001:3)'den aktaran Bakan ve diğerleri, 2017).

Örgütsel atalet kavramının alt boyutları için farklı çalışmalar olmakla birlikte ülkemizde Orçanlı ve diğerleri (2020) tarafından Türkçeye uyarlanarak, geçerlik ve güvenilirlik testleri yapılan örgütsel atalet çalışması kapsamlı bir içerik sunmaktadır. Huang ve diğerlerinin (2013), Godkin ve Allcorn (2008)'in örgütsel atalet (organizational inertia) ölçeklerini inceleyen araştırmacılar, 'içgörü/sezgisel atalet', 'eylem ataleti' ve 'psikolojik atalet' olarak üç boyut tanımlamaktadırlar (Orçanlı ve diğerleri, 2020): *İçgörü/sezgisel atalet*, işletmenin iç ve dış çevresindeki değişimleri zamanında gözlemleyememesi veya açıklayamaması sebebiyle çevreye, pazara ya da içsel değişime uyum sağlayamaması, nasıl hareket edeceğini belirleyememesidir (Hedberg ve Wolff, 2003; Bakan ve diğerleri, 2017; Kahraman, 2020: 243). *Eylem ataleti*, işletmenin çevresindeki değişimlere ilişkin verdiği yönetsel tepkilerde çok yavaş kaldığı durumlarda ve işletmeye fayda sağlayacak bilgilerin kullanılmasında veya eylemlerin gerçekleştirilmesinde yetersiz kalındığında ortaya çıkmaktadır (Hedberg ve Wolff, 2003). Diğer bir ifadeyle eylem ataleti, işletme çevre analizi yapıldıktan sonra gerekli bilgi olmasına karşın geç, yetersiz kalması ya da hiç eyleme geçmemesidir (Godkin ve Allcorn, 2008; Türkan ve Esmer, 2019). *Psikolojik atalet*, çalışanların değişime direnç göstermeleri sonucunda ortaya çıktığından, çoğu zaman değişime yönelik örgütsel direnç olarak genelleştirilmektedir (Kahraman, 2020: 246). İşletme, değişime ihtiyaç duyulduğunun farkında olsa bile çalışanlar genellikle değişime açık bir direnç göstermektedirler. Değişimi yeni becerilerin edinilmesi, konfor alanından çıkılması, var olan düzenin bozulması olarak algılayan işletme mensupları bu durumu tehdit olarak algılayarak değişimden kaçınmaktadırlar (Godkin ve Allcorn, 2008; Bakan ve diğerleri, 2017; Türkan ve Esmer, 2019; Kahraman, 2020: 246).

Atalet kapsamında döngüsel ekonomi modelini ele alan bazı araştırmacılar, işletme içerisindeki dikey akışın ataleti desteklediğini yani örgüt içi yenilikleri ve iş birliklerini engelleyerek döngüsel modele geçişi güçleştirdiğini ifade etmektedir (Liu ve Bai, 2014). Ataletin yüksek olduğu işletmelerde ortak bir anlayış yaratmanın zor olması, kısa vadeli işleyiş biçiminden döngüsel model gibi uzun vadeli bir sisteme geçiş yapma yeteneğini kısıtlamaktadır (Bechtel ve diğerleri, 2013). Özellikle lider ve yöneticilerin, döngüsellığe geçiş söz konusu olduğunda işletmelerini kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşlarının yanında aktif unsur olarak konumlandırmamaları süreci ayrıca zora sokmaktadır (Yamoah ve diğerleri, 2022).

Tüm bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen alan yazın çalışması, örgütsel atalet kavramının döngüsel ekonomi modeline geçişte engel olarak kabul edildiğini ancak henüz bu kavramlar arasındaki ilişkinin derinlemesine ve farklı yönleriyle araştırılmadığını göstermektedir. Ayrıca döngüsel ekonomi modelinin verimlilik gibi özel bir bağlamda ele alınmadığı da dikkat çekmektedir. Bu bağlamda çalışmada döngüsel ekonomi modelinin benimsenmesi sürecinde atalet kavramının ele alınmış olmasının literatüre katkı sunması beklenmektedir. Ayrıca konunun verimlilik bağlamında ele alınmasının farklı bakış açısı geliştirilmesi hususunda öncü olacağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Amacı, Kapsam ve Kısıtları

Araştırmanın amacı, işletmeler açısından önemli verimlilik fırsatları yaratan döngüsel ekonomi modeline geçişe yönelik, kurumlarda engel oluşturan örgütsel atalet kavramının boyutlarının öncelik sırasını belirleyerek hangi boyutun değişime daha fazla direnç oluşturduğunu tespit etmektir. Elde edilen bulguların, liderler ve yöneticiler açısından döngüsel ekonomi modeline geçişte engel kabul edilen unsurlardan biri olan atalet hakkında teorik ve ampirik bilgi sunması beklenmektedir. Ayrıca işletmelerin kendi atalet yapılarını ve döngüsellik değerlerini sorgulamaları açısından bir bakış açısı sunarak, genel sürdürülebilirlik gündemlerini geliştirmek, bütünsel stratejiler ve çözümler oluşturmak için önemli ipuçları sağlayabilir. Bu yolla işletmelerin daha verimli bir iş sürecine kavuşmalarına katkı sağlanması da hedeflenmektedir.

İşletmelerin mevcut işleyişini değiştirerek yeni bir sisteme geçmesinin kolay olmadığı bilinmektedir. Değişim, sektör ayırt etmeksizin birçok örgüt için korkutucu olabilmektedir. Özellikle çevresel faaliyetler söz konusu olduğunda işletmelerin çevreye yönelik değer ve inançlarının da devreye girmesi durumu daha zor hale getirebilmektedir. Çevreci faaliyetlerin benimsenmesi sürecini yavaşlatan ya da tamamen engelleyen birçok değişken olmakla birlikte, sorunun sadece çevreye yönelik davranışla sınırlı olmadığı, işletmelerin genel olarak değişime direnç gösterdiği dikkat çekmektedir. Örgütsel atalet olarak tanımlanan bu direnç, en basit değişikliklerden en karmaşık süreçlere kadar farklı düzeylerde kendini gösterebilmektedir. Bu noktadan hareketle çalışmada örgütsel ataletin döngüsel modele geçiş sürecine etkisi ele alınmış; "İşletmelerin döngüsel ekonomiye yönelik varsayımlarını ve algılarını en çok etkileyen atalet türü hangisidir? Bu algıları değiştirmek için neler yapılabilir?" sorularına yanıt aranmıştır. İfade edilen bu durum aynı zamanda çalışmadan elde edilecek sonuçların kavram kapsamında sınırlı olmasını da yansıtmaktadır. Ayrıca kullanılan araştırma yöntemi gereği elde edilen veriler, sadece görüşülen uzmanların kararları ile sınırlıdır.

3.2. Örneklem Süreci ve Yöntem

Araştırma kapsamında belirlenen amaca ulaşmak için çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Birçok farklı disiplin tarafından sıklıkla kullanılan yöntem, karar verme süreçlerinin kolaylaştırılması ve işletme içi sorunların çözümlenmesi süreçlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Saaty, 2000). Analitik Hiyerarşi Prosesinde, araştırmanın yapıldığı konuya ilişkin doğrudan bilgi sahibi olan ve uzman olarak kabul edilen karar vericiden, anket/mülakat yoluyla söz konusu kriterlere ilişkin yargıları alınmaktadır. Karar verici bireyler analitik yaklaşımlarla karar almakta, çok kriterli bir karar problemi bu sayede hiyerarşik olarak yapılandırılmaktadır. Söz konusu yargıların sayısal değere dönüşmesi ile uzmanların yargıları ikili karşılaştırma matrisine dönüşmekte ve tüm hesaplamalar için bu matris kullanılmaktadır.

Bu bağlamda çalışmada, döngüsel ekonomiye geçişteki engellerden biri olan; Orçanlı ve diğerleri (2020) tarafından Türkçeye çevrilerek, geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılan atalet ölçeği ve alt boyutları kriter olarak belirlenmiştir. Ölçek ifadeleri anlam değişikliği olmaksızın, çalışmada kullanılan yönteme uyarlanarak kullanılmıştır. Çalışmada, kontrol soruları ile döngüsel ekonomi modeline henüz geçiş yapmadığı, sürece tereddütte yaklaştığı belirlenen 5 ve kapsamlı çevreci faaliyetleri bulunan, döngüsel ekonomiye geçişe hazırlanan 5 olmak üzere, toplam 10 işletmenin yöneticisi/lideri (uzman) ile görüşülmüştür. Sürecin her iki yönünü de deneyimleyen uzmanların görüşlerinin alınmasında, döngüsel modele geçiş amacına giden yolda nelerin yapılıp nelerin yapılmaması gerektiği noktasında daha belirleyici yargılar ortaya koyulacağı düşüncesinden yola çıkılmıştır. Literatüre bakıldığında uzmanların belirlenmesine ilişkin spesifik bir yöntem olmadığı görülmektedir. Verilerin hangi uzmanlardan toplanacağına asıl belirleyici olan unsur, uzman kabul edilen kişilerin araştırma amacı ile örtüşen yetenek, deneyim ve bilgilerinin olmalarıdır.

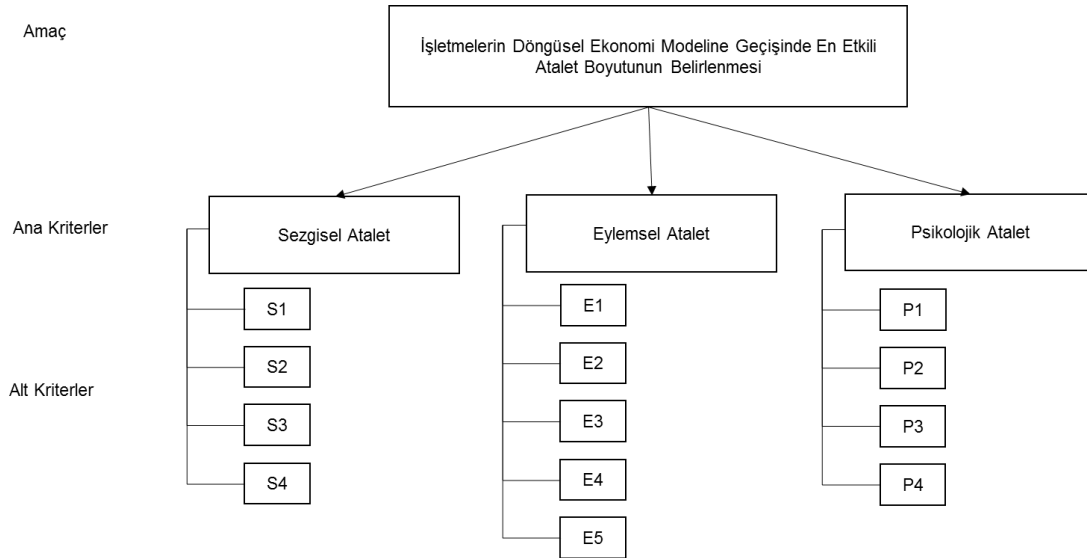
Araştırmada basit tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden yargısal örnekleme kullanılarak; çevreci faaliyet, döngüsel ekonomi ve atalet kavramları belirleyici unsur olarak kabul edilmiş ve işletmeleri ifade edilen süreçlerden geçen/geçmekte olan en az 10 yıldır liderlik/yöneticilik yapan uzmanlar ile görüşülmüştür. Toplamda yirmi dört kişiye ulaşılmış olmasına karşın anketi cevaplamayı kabul eden 10 kişiye anket uygulaması yapılmıştır. Cevaplar 14-25 Mart 2022 tarihlerinde online olarak toplanmıştır. Cevaplama her hangi bir sorun yaşanmaması için formda örnek cevaplama şekline yer verilmiştir. Ayrıca araştırmanın amacı, atalet kavramı ve alt boyutları kısa ve anlaşılır şekilde açıklanmış, önce boyutların kendi aralarında sonra her bir boyutun kendi içinde döngüsel ekonomiye geçişe engel olmaları bakımından ikili karşılaştırılması istenmiştir. Bu yöntem için Saaty (1990) ölçeği olarak bilinen 9'lu karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır (Türk ve Erciş, 2017).

4. AHP UYGULAMA ADIMLARI VE BULGULAR

Araştırmada ele alınan atalet kavramı AHP uygulamasında önce içgörü/sezgisel, eylem ve psikolojik atalet boyutları kendi arasında, daha sonra her bir boyut altında yer alan ifadeler ile kendi içinde ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Yönteme ilişkin adımlar ve formüller ana kriter olarak ele alınan boyutlar için verilmiştir. Boyutların kendi içerisindeki uygulama sürecinde de aynı adımlar takip edilmiştir.

4.1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP'de ilk olarak araştırmacının ele aldığı problemin çözümüne ilişkin hiyerarşik bir yapı kurulmaktadır. Bu yapı karar vericilerin kriter ve varsa alt kriterleri ile alternatifleri karşılaştırmasını sağlamaktadır. Öte yandan AHP ile bu çalışmada olduğu gibi yalnızca alternatifler arasında sıralama yapmak mümkündür. Böyle durumlarda ortaya çıkan hiyerarşik yapı görüldüğü gibi oluşturulabilmektedir (Şekil 1). Verilen hiyerarşik yapıda *S*, sezgisel atalet kriterine ait ifadeleri, *E*, eylemsel atalet kriterine ait ifadeleri ve *P*, psikolojik atalet kriterine ait ifadeleri göstermektedir.



Şekil 1. Hiyerarşik yapı

4.2. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Hiyerarşik yapının ardından her bir kriterin diğerlerine kıyasla göreceli önem derecesinin tespit edildiği ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Karar verici bilgi ve deneyimlerine dayanarak kriterleri karşılaştırmakta, bu sayede kriterlerin önem dereceleri belirlenmektedir. Matris uzman görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak oluşturulmaktadır. İkili karşılaştırma matrisi (A) Eşitlik 1-3'te gösterildiği gibi formüle edilmektedir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{17} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{27} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{m7} & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1/a_{21} & \dots & 1/a_{71} & 1/a_{n1} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & 1/a_{27} & 1/a_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1m} & 1/a_{2m} & \dots & 1/a_{7m} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A = (a_{ij}), i, j = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n \text{ ve } n = m, \text{ Eğer } a_{ij} = \beta \text{ ise } a_{ji} = \beta^{-1} \text{ dir } (\beta \neq 0 \text{ olmak üzere}) \quad (3)$$

Bu noktada gözden kaçırılmaması gereken şey, ikili karşılaştırma matrisindeki göreceli önem dereceleri belirlenirken; a_i ve a_j ile eşit önem derecesine sahip olduğunda $a_{ij} = a_{ji} = 1$ olmaktadır. Ek olarak her i için $a_{ij} = 1$ dir. Diğer bir ifadeyle kriter kendisiyle kıyaslandığı için matrisin köşegen değerleri 1 olmaktadır. Ayrıca $a_{ij} = \infty$ ise $a_{ji} = 1/\infty$ ve $\infty \neq 0$ olur. Bu durum ise matriste yer alan kriterlerin yarısının, diğer kriterlerin tersi olacağını ifade etmektedir $a_{ij} = x$ ise $a_{ji} = 1/x$ 'dir olarak gösterilmektedir (Condon ve diğerleri, 2003). Tüm bu işlemler sonucunda elde edilen, ana kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Ana kriterlere göre ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Sezgisel Atalet	Eylem Ataleti	Psikolojik Atalet
Sezgisel Atalet	1,00	1,41	0,86
Eylem Ataleti	0,71	1,00	0,40
Psikolojik Atalet	1,17	2,47	1,00
Toplam	2,87	4,89	2,26

4.3. Normalizasyon ve Önem Sırasının Hesaplanması

Hiyerarşi oluşturulup matris elde edildikten sonra önem düzeyinin belirlenmesi aşamasına geçilmektedir. Karar vericinin cevaplarına dayanarak oluşturulan sıralama için kriter matrisinin normalize edilmesi gerekmektedir (Tablo 2), bu sayede sıralamayı verecek kriter ağırlıkları hesaplanabilmektedir. Ağırlıkların hesaplanması için sırasıyla şu işlemlerin takip edilmesi gerekmektedir: İkili karşılaştırma

matrisinin her sütündeki değerler toplandıktan sonra, matristeki her elemanın ait olduğu sütunun toplamına bölünmeli ve her sütündeki elemanların ortalamaları hesaplanmalıdır.

Ana kriterleri arasında gerçekleştirilen karşılaştırma sonrasında elde edilen ağırlık sıralamasında (Tablo 3) döngüsel ekonomiye geçişte en etkili atalet boyutunun psikolojik atalet (0,45) olduğu görülmektedir. Sezgisel ataletin (0,34) ikinci ve eylem ataletinin (0,21) üçüncü sırada olması, literatürde yer alan bilgiler ile örtüşmektedir. Yani işletmelerin, döngüsel ekonomiye geçiş de dahil olmak üzere, bir değişiklik söz konusu olduğunda çalışanların değişime direncini ifade eden psikolojik ataletin öne çıktığı görülmektedir. Dış çevrenin gözlenememesi olarak özetlenebilecek sezgisel ataletin ikinci sırada olması, farkına varılmayan veya bilginin kullanılmadığı bir süreç için eyleme geçmenin olası olmadığını yansımasıdır.

Tablo 2. Ana kriterlere ait normalizasyon matrisi

Kriterler	Sezgisel Atalet	Eylem Ataleti	Psikolojik Atalet	Ağırlık (W)
Sezgisel Atalet	0,35	0,29	0,38	0,34
Eylem Ataleti	0,25	0,20	0,18	0,21
Psikolojik Atalet	0,41	0,51	0,44	0,45
Toplam				1,00

Tablo 3. Ana kriterlerin ağırlık oranları

Sıralama	Ana Kriterler	Ağırlık (%)
1	Psikolojik Atalet	0,45
2	Sezgisel Atalet	0,34
3	Eylem Ataleti	0,21

4.4. Tutarlılığın Hesaplanması

Karşılaştırma süreci tamamlandıktan sonra, uzmanların verdiği hükümlerin tutarlılığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Yani matrisi oluşturan değerlerin tutarlıklarının ölçülmesi ve tutarlılık oranının (CR) hesaplanması gerekmektedir. Bu sayede uzmanların karşılaştırma sırasında tutarlı davranıp davranmadığı tespit edilebilecektir. Elde edilen sonuç, tutarlılık oranının kabul edilebilir aralıkta ($CR < 0,10$) olduğunu gösteriyorsa karar süreci devam etmektedir. Kabul aralığında olmadığı ($CR > 0,10$) ise karşılaştırma hükümlerinin yeniden ele alınarak düzenlenmesi gerekmektedir (Taylor, 2002; Türk ve Erciş, 2017). Saaty (1990), tutarlılık oranının hesaplanmasında Eşitlik 4'ü işaret etmektedir.

$$CR = \frac{CI \text{ (Tutarlılık Göstergesi)}}{RI \text{ (Rasallık Göstergeleri)}} \quad (4)$$

Tutarlılık oranını bulmak için üç aşamalı bir hesaplama gerekmektedir: i) ağırlıklandırılmış toplam vektörün hesaplanması, ii) tutarlılık indeksinin hesaplanması, iii) tutarlılık oranının hesaplanması.

Ağırlıklandırılmış Toplam Vektörün Hesaplanması

Tutarlılığın hesaplanmasında ilk adım olan ağırlıklandırılmış toplam vektörü Eşitlik 5'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Çalışmadaki ana kriterlere ait ağırlıklandırılmış vektör değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

$$W_{11} \cdot \begin{bmatrix} P_{11} \\ P_{21} \\ P_{31} \end{bmatrix} + W_{21} \cdot \begin{bmatrix} P_{12} \\ P_{22} \\ P_{32} \end{bmatrix} + W_{31} \cdot \begin{bmatrix} P_{13} \\ P_{23} \\ P_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} WS_{11} \\ WS_{21} \\ WS_{31} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Tablo 4. Ana kriterlere ait ağırlıklandırılmış toplam vektör

Kriterler	Sezgisel Atalet	Eylem Ataleti	Psikolojik Atalet	Ağırlıklandırılmış Toplam
Sezgisel Atalet	0,34	0,30	0,39	1,02
Eylem Ataleti	0,24	0,21	0,18	0,63
Psikolojik Atalet	0,40	0,52	0,45	1,36

Bu hesaplama sonrası vektörün her elemanı, kendisine karşılık gelen görece öncelik değerine bölünür ve bulunan değerlerin ortalaması alınır. Bu değer λ_{maks} olarak ifade edilmektedir ve Eşitlik 6'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\lambda_{maks} = \frac{WS_{11} + WS_{21} + WS_{31}}{W_{11} + W_{21} + W_{31}} \quad (6)$$

Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması

Eşitliğin sağlanabilmesi için 'tutarlılık indeksi/göstergesi' olarak ifade edilen (CI) değeri Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanmaktadır (Zhou ve Shi, 2009).

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} \quad (7)$$

Eşitlikte yer alan maksimum öz değer (λ_{maks}) hesaplanmasında ise Eşitlik 8 kullanılmıştır.

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (8)$$

Burada matrisin sütunları ile görelî önem dereceleri çarpıldıktan sonra toplanmakta ve ağırlıklı toplam vektör elde edilmektedir. Ağırlıklı toplam vektörü oluşturan elemanlar kendisine karşılık gelen görelî önem derecesine bölündükten sonra sonucun aritmetik ortalaması λ_{maks} 'ı vermektedir. İlgili eşitliklerden yola çıkarak ana kriterler ilişkin $CI = 3,01 - 3/2 = 0,009$ olarak hesaplanmıştır.

Tutarlılık Oranının Hesaplanması (CR)

Tutarlılık oranı formülündeki Rassallık İndeksi (RI), karşılaştırma matrisinden rassal olarak üretilen tutarlılık indeks değeridir. Bu indeksin hesaplanması için aşağıda gösterilen Saaty (1990)'nin Rassal İndeks Değerleri (Tablo 5) kullanılmaktadır. Ayrıca matris ölçüsüne göre rassallık göstergesinin değişeceğinin bilinmesi gerekmektedir. Ana kriterler için $n = 3$, $RI = 0,58$ ve $CR = 0,009/0,58 = 0,01$ olarak bulunmuştur ($CR = 0,01 \leq 0,1$). Elde edilen sonuç, ikili karşılaştırma matrisindeki karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Saaty'nin rassal indeks değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

4.5. Sezgisel Atalet Alt Kriterlerinin Ağırlıklandırılması ve Önem Sırası

Ana kriterlerin önem sırasının ve tutarlılığının hesaplanması için kullanılan işlem basamakları her bir alt kriter için ayrı ayrı uygulanmıştır. Sezgisel atalet alt kriteri için yapılan işlemlerin sonuçları Tablo 6-8'de ifade edildiği gibidir.

Tablo 6. Sezgisel atalet alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Alt Kriterler	Açıklama	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	Diğer işletmelerin sorunları nasıl çözdüğünü tanımlayamama	1,00	0,37	0,59	0,27
S_2	Dış çevredeki değişiklikleri nadiren fark etme	2,72	1,00	1,39	0,97
S_3	Sorunları çözmek için geçmişe ait bilgi ve tecrübeyi kullanma	1,69	0,72	1,00	0,98
S_4	Değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe	3,77	1,03	1,02	1,00
Toplam		9,17	3,12	4,00	3,21

Tablo 7. Sezgisel atalet alt kriterinin normalizasyon matrisi

Kriterler	S_1	S_2	S_3	S_4	Ağırlık (W)
S_1	0,11	0,12	0,15	0,08	0,11
S_2	0,30	0,32	0,35	0,30	0,32
S_3	0,18	0,23	0,25	0,31	0,24
S_4	0,41	0,33	0,25	0,31	0,33

Tablo 8. Sezgisel atalet alt kriterinin ağırlık oranları

Sıralama	Alt Kriterler	Ağırlık (W)
1	S_4	0,33
2	S_2	0,32
3	S_3	0,24
4	S_1	0,11

Sezgisel atalet alt boyutu için elde edilen sıralamada, en önemli etkenin S_4 (değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe) olduğu görülmektedir. Öte yandan S_2 (dış çevredeki değişiklikleri nadiren fark etme) oldukça yakın bir oranda ikinci sırada yer almaktadır. Bu sonuç, bireylerin bir değişim söz konusu olduğunda yeni beceriler edinilmesi düşüncesiyle değişimden kaçındıklarını doğrular niteliktedir. Değişim söz konusu olduğunda yeni bir kavramı incelemekten dahi kaçınan bireyler, dış çevredeki değişiklikleri de nadiren fark etmektedirler. Geçmiş tecrübenin kullanılması (0,24) ve diğer işletmelerin sorunları nasıl çözdüğünü tanımlayamama ise öncül bir bakış açısı olmadığından sıralamada geri kalmaktadır.

Sezgisel atalet alt kriterlerinin tutarlılığı kontrol edilmiş, ilgili formüller ve tablo değeri kullanılarak; $CI = 0,02$ $RI = 0,90$ $CR = \frac{CI}{RI} = 0,02$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç ($CR = 0,02 \leq 0,1$) modelin tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.6. Eylem Ataleti Alt Kriterlerinin Ağırlıklandırılması ve Önem Sırası

Eylem ataleti alt kriterine ait ağırlıklandırma ve önem sırasının belirlenmesine yönelik işlemler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 9-11'de gösterildiği gibidir. Bu alt boyutta öne çıkan E_3 (sorun çözme şekli değiştirmek için öneri kabul etmeme) diğer boyutlardan elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Lider, yönetici veya çalışan fark etmeksizin bireysel olarak değişime kapalı olmak tüm örgüte yayılabilmektedir. İkinci sırada yer alan E_5 (yöneticinin davranışlarını değiştirse de başkalarını değişime ikna edememesi) ise yönetici değişime açık olsa bile örgütü değişimi için ikna edemediğinde sonucun değişmeyeceğini göstermektedir. Bununla birlikte sadece geçmişte edilen bilgi ve tecrübelerin verimliliği artıracağına (0,22) körü körüne inanmak da değişim sürecini kolaylaştırmamaktadır. Son sırada yer alan E_1 (işletmenin köklü bir örgüt kültürüne sahip olması)'in ağırlığının düşüklüğü, bireysel süreçlerin direnç oluşturmada bu noktada daha etkili olabileceğini akla getirmektedir.

Tablo 9. Eylem ataleti alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Alt Kriterler	Açıklama	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
E_1	İşletmenin köklü bir örgüt kültürüne sahip olması	1,00	0,44	0,37	0,51	0,22
E_2	İşletme değerlerinin kutsal olması ve asla değiştirilmemesi	2,27	1,00	0,49	0,55	0,32
E_3	Sorun çözme şekli değiştirmek için öneri kabul etmeme	2,69	2,03	1,00	1,63	2,76
E_4	Sadece geçmiş bilgi ve tecrübelerin verimliliği artıracağı inancı	1,95	1,82	0,61	1,00	1,72
E_5	Yöneticinin davranışlarını değiştirse de başkalarını değişime ikna edememesi	4,54	3,08	0,36	0,58	1,00
Toplam		12,45	8,38	2,84	4,28	6,02

Tablo 10. Eylem ataleti alt kriterinin normalizasyon matrisi

Alt Kriterler	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	Ağırlık (W)
E_1	0,08	0,05	0,13	0,12	0,04	0,08
E_2	0,18	0,12	0,17	0,13	0,05	0,13
E_3	0,22	0,24	0,35	0,38	0,46	0,33
E_4	0,16	0,22	0,22	0,23	0,29	0,22
E_5	0,36	0,37	0,13	0,14	0,17	0,23

Tablo 11. Eylem ataleti alt kriterinin ağırlık oranları

Sıralama	Alt Kriterler	Ağırlık (W)
1	E_3	0,33
2	E_5	0,23
3	E_4	0,22
4	E_2	0,13
5	E_1	0,08

Eylem ataleti alt kriterlerinin tutarlılığı kontrol edilmiş ve ilgili formüller ve tablo değeri kullanılarak; $CI = 0,09$ $RI = 1,12$ $CR = \frac{CI}{RI} = 0,08$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç ($CR = 0,08 \leq 0,1$) modelin tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.7. Psikolojik Atalet Alt Kriterlerinin Ağırlıklandırılması ve Önem Sırası

Psikolojik atalet alt kriteri için yapılan işlemlerin sonuçları Tablo 12-14'te sunulmuştur. Elde edilen sonuç P_1 (işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların tehdit altında hissetmesi) ilk sırada yer almaktadır. Değişimi tehdit olarak alan çalışanlar, değişime açık bir direnç göstermektedirler. Ayrıca P_4 (çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi) ikinci sırada yer alması çalışanların basit rutinlerde bile değişiklik istemediğini, konfor alanlarından çıkmaktan hoşlanmadıklarını ortaya koymaktadır. Son iki sırada yer alan ifadelerin diğerlerinden daha düşük bir ağırlığa sahip olması, değişimi bu aşamaya kadar bile getirmeden bertaraf etme eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Tablo 12. Psikolojik atalet alt kriterinin ikili karşılaştırma matrisi

Alt Kriterler	Açıklama	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	İşletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların tehdit altında hissetmesi	1,00	3,50	4,28	0,81
P_2	İşletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların kendilerini savunmaya geçmiş hissetmesi	0,29	1,00	1,73	0,36
P_3	Çalışanların değişimden kaynaklanan kötü deneyimlerini hatırlayarak endişelenmesi	0,23	0,58	1,00	0,63
P_4	Çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi	1,24	2,76	1,59	1,00
Toplam		2,75	7,83	8,61	2,80

Tablo 13. Psikolojik atalet alt kriterinin normalizasyon matrisi

Alt Kriterler	P_1	P_2	P_3	P_4	Ağırlık (W)
P_1	0,36	0,45	0,50	0,29	0,40
P_2	0,10	0,13	0,20	0,13	0,14
P_3	0,08	0,07	0,12	0,22	0,12
P_4	0,45	0,35	0,19	0,36	0,34

Tablo 14. Psikolojik atalet alt kriterinin ağırlık oranları

Sıralama	Alt Kriterler	Ağırlık (W)
1	P_1	0,40
2	P_4	0,34
3	P_2	0,14
4	P_3	0,12

Eylem ataleti alt kriterlerinin tutarlılığı kontrol edilmiş ve ilgili formüller ve tablo değeri kullanılarak; $CI = 0,06$ $RI = 0,09$ $CR = \frac{CI}{RI} = 0,06$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç ($CR = 0,06 \leq 0,1$) modelin tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.8. Tüm Kriterlere İlişkin Genel Sıralama

Yukarıdaki uygulamalarda ana kriterin ve alt kriterin kendi aralarında karşılaştırma ve ağırlıklandırması yapılarak önem sıralamaları belirlenmiştir. Ancak modelin bir bütün olarak ele alınarak hangi alt kriterlerin daha öncelikli olduğunu tespit edilmesi ve genel bir sıralamanın elde edilmesi gerekmektedir (Tablo 15). Bu sayede hangi atalet ifadesinin işletmelerin döngüsel ekonomi modeline geçişte görece olarak daha büyük engel oluşturduğu anlaşılacaktır.

Tablo 15. Kriterlerin genel önem düzeyi

	<i>Sezgisel Atalet</i>	<i>Eylem Ataleti</i>	<i>Psikolojik Atalet</i>		
S ₁	0,04	E ₁	0,01	P ₁	0,05
S ₂	0,11	E ₂	0,02	P ₂	0,14
S ₃	0,08	E ₃	0,06	P ₃	0,11
S ₄	0,11	E ₄	0,04	P ₄	0,15
		E ₅	0,04		

Tüm alt kriterlerin önem sıralamasına bakıldığında ilk sırada P₄ (çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi) gelmektedir. İkinci sırada sıra P₂ (işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların kendilerini savunmaya geçmiş hissetmesi) ifadesi yer almaktadır. Bu ifadeleri aynı oranda sahip oldukları ağırlıklarıyla; P₃ (çalışanların değişimden kaynaklanan kötü deneyimleri hatırlayarak endişelenmesi), S₂ (dış çevredeki değişiklikleri nadiren fark etme) ve S₄ (değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe) takip etmektedir. En fazla ağırlığa sahip ilk ifadeye odaklanıldığında işletmelerin değişime yönelik algı ve durumlarının kısa özeti olarak görülebilmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Gerek bireylerde gerekse işletmelerde, çevreci davranışlara/faaliyetlere geçişe yönelik değişimi teşvik eden veya doğrudan değişimi sağlayan faktörlere bakmak gerektiği kadar, değişimi engelleyen unsurlara da odaklanmak gerekmektedir. Genellikle farkında olunmayan ancak iş hayatında, etkinlik ve verimliliği büyük ölçüde azaltan bir durum olarak atalet kavramı son dönemlerde sıkça ele alınmaktadır. Mümkün olduğu ölçüde ataletin önüne geçmek, değişimi ve esnek olmayı önemli gören, dinamik yapılar oluşturarak tüketicilere beklentilerini vermek işletmelerin de öncelikleri arasındadır. Bu kapsamda çalışmada döngüsel modele geçişle ilgili örgütsel engellerden biri kabul edilen atalet kavramının ve alt boyutlarının etki derecesinin anlaşılmasını sağlayarak literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Yapılan analiz sonucunda alet boyutlarının ana kriterler olarak ele alındığı ilk karşılaştırmada en etkili atalet boyutunun *psikolojik atalet* (0,45) olduğu, *sezgisel ataletin* (0,34) ve *eylem ataletinin* (0,21) onu takip ettiği görülmektedir. Sonuçlar, baskın bir şekilde psikolojik sürecin öne çıktığını göstermektedir. Değişimin sahip olduğu birçok dinamik, işletmelerin döngüsel ekonomiye geçişinde meydana gelebilecek zorlukları en aza indirebilecek güçtedir. Ancak atalet kavramı bu durumu algılamının önüne geçmektedir. Bu nedenle değişimden bağımsız olarak görülen ancak uzun vadede etkili olan, işletmenin büyüklüğü, operasyonel gücün önemi ve iç rekabetin azaltılması gibi unsurların dikkate alınması yararlı olacaktır. Ayrıca döngüsel ekonomi modelinin kapsamı dikkate alındığında işletmeler ve özellikle çalışanları tarafından radikal olarak algılanması muhtemeldir. Dolayısıyla uzun vadede küçük değişiklikler yaparak kademi olarak atılan adımlarla değişim duygusunu güçlendirmek etkili bir çözüm olacaktır. Elbette bu süreçte açık ve net bir iletişim sürdürülmesi de oldukça önemlidir.

Her bir alt boyutun kendi içerisinde karşılaştırmaya tabi tutulması sonucunda elde edilen verilerde sezgisel atalet için ilk sırada '*değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe*.' (0,33) olduğu görülmektedir. Yakın bir oranla ikinci sırada '*dış çevredeki değişiklikleri nadiren fark etme*.' (0,32) yer alırken, '*sorunları çözmek için geçmişe ait bilgi ve tecrübeyi kullanma*.'nın (0,24) üçüncü ve '*diğer işletmelerin sorunları nasıl çözdüğünü tanımlayamama*.'nın (0,11) son sırada yer aldığı görülmüştür. Bazı durumlarda bireylerin karar vermekte zorlandığı bilinmektedir. Değişim için karar almak veya çok daha basit davranışlarda bulunmak bu zorluklardan biri olabilmektedir. İşletme içinde bireylerin değişime ilişkin yenilikleri öğrenmeyi dahi denememesinin temelinde değişimlerin yeni kararlar almalarını gerektirecek olması olabilir. Psikolojik çalışmalarda da ortaya koyulduğu gibi bireyler farkına varabildiği en kolay olan seçeneğe yönelmekte ve aklında ön planda olan her ne ise ona göre karar vermekte, sorunlarını çözmektedir (Slovic ve diğerleri, 2007). Dolayısıyla sezgisel atalet sürecinde işletmede gösterilen direncin, mevcudu devam ettirme, deneyiminden kopamama veya alışkanlıklarını sürdürme eğilimi ile ortaya çıktığı söylenebilir. Öte yandan bireylerin hava daha uzun süre soğuk olduğunda iklim değişikliğine inanma eğiliminin artmasında olduğu gibi burada da değişimden uzak kalmanın işletme için nasıl etkiler yaratacağının somut biçimde gösterilmesi gerekmektedir. Özellikle verimlilik konusunda önemli artılar sağlayabilecek döngüsel modele geçişin faydalarının yine somut olarak ortaya koyulmasının etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca örgüt içerisinde kalıplaşmış davranış biçimlerinden uzak durulması, tek düze prosedür ve kurallar yerine örgüt amaçlarına uygun düzenlemelerin benimsenmesi yararlı olacaktır. Bu bağlamda çevresel değişimlere duyarlı olarak, örgüt içinde rotasyonun sağlanması, yetkilerin devredilmesi, zenginleştirme, eğitim ve danışmanlık gibi benimsenecek yöntemlerle sezgisel ataletin aşılmasının mümkün olacağına inanılmaktadır (Soysal, 2010; Türkan ve Esmer, 2019)

Eylem ataleti alt boyunda ise sırasıyla 'sorun çözme şeklini değiştirmek için öneri kabul etmeme'. (0,33), 'yöneticinin davranışlarını değiştirirse de başkalarını değişime ikna edememesi.' (0,23), 'sadece geçmiş bilgi ve tecrübelerin verimliliği artıracığı inancı.'(0,22), 'işletme değerlerinin kutsal olması ve asla değiştirilmek istenmemesi.'(0,13) ve 'işlemenin köklü bir örgüt kültürüne sahip olması.' (0,08) yer almaktadır. Bireylerin karşı karşıya oldukları bir problemi nasıl çözeceğine karar vermesi, farklı çözüm alternatiflerinin kişideki olumlu veya olumsuz çağrışımlarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle birey doğası gereği en az riske yönelmekte ve önerilere kapalı hale gelmektedir. Verimlilik söz konusu olduğunda bile yalnızca geçmiş bilgi ve tecrübelerine güvenmeleri bundandır. Bu gibi durumlarda elbette yöneticilerin/liderin alacağı kararların netliği önemlidir. Çünkü insan, karar vermeyi erteleme eğiliminde olan bir varlıktır ve bu durum bir yeniliğin benimsenmesi, yeni bir modele geçiş gibi belirsizliğin olduğu durumlarda kendini daha çok gösterebilmektedir (Anderson, 2003). Dolayısıyla yöneticilerin bu durumun farkında olarak, örgüt kültürünü ve değerlerini kutsal gören çalışanlarını kararlılıkla ikna etmesi gerekmektedir. Bunun yanında yöneticilerin alt kademelerinde çalışan karar vericilerinin, "statüko yanlılığı" olarak tanımlanan; her şeyi olduğu gibi tutmak isteme veya herhangi bir işlem gerektirmeyen opsiyonları tercih etme eğilimleri olup olmadığını tespit etmesi gerekmektedir (Anderson, 2003; Altun ve Büyüköztürk, 2011). Çünkü hemen hemen tüm karar verme süreçlerimizde genel bir atalet olduğu ve genellikle hiçbir şey yapmamızı gerektirmeyen seçeneklere yöneldiğimiz bilinmektedir. Bunlara ek olarak, örgüt içinde eylem ataletinden kurtulmak için bakış açılarının çeşitlendirilmesi ve zenginleştirilmesi gerektiği açıktır. Üretilen çözüm önerilerinin denenmesi de çalışanların düşünce yapılarını etkileyecek motivasyon kaynaklarından biri olacaktır. Sadece bununla sınırlı kalmayıp, alınan kararlara çalışanların dâhil edilmesi, bürokrasiden uzaklaşarak iş birliklerinin artırılması da etkili olacaktır (Arlı ve diğerleri, 2012; Bakan ve diğerleri, 2017; Türkan ve Esmer, 2019)

Psikolojik atalet boyutunda ise 'işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların tehdit altında hissetmesi.' (0,40) ilk sırada yer almaktadır. 'Çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi.' (0,34) ikinci sırada kısmen daha yüksek bir ağırlıkla yer alırken, 'işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların kendilerini savunmaya geçmiş hissetmesi.' (0,14) ve 'çalışanların değişimden kaynaklanan kötü deneyimlerini hatırlayarak endişelenmesi.' (0,12) daha düşük yüzdelerle sonlarda yer almışlardır. Çok çok eski zamanlarda gerçekleşmesi mümkün görünmeyen şeyler yapmak işletmeler için kabul edilebilir bir şey olarak görülmekteydi. Çünkü yüksek bir belirsizlik söz konuydu ve bunu algılamak pek olası değildi. Öte yandan belirsizliği algılayabildiğimiz hatta çoğu zaman tanımlayabildiğimiz bugüne baktığımızda değişime direnmek mantıklı değildir. Ancak yine de çalışanlar bir değişim söz konusu olduğunda kendini tehdit altında hissedebilmekte ve bu durum çalışanların değişimi kabullenmesini güçleştirebilmektedir (Van Lange ve diğerleri, 2013). Bunun yanında olası değişim süreçlerinde alınmış kararların bireylerde pişmanlık yaratması da direnç noktasında etkili olabilmektedir (Bleichrodt ve diğerleri, 2010). Sadece iç etkenler değil, özellikle medya gibi dış etkenler de çevreci faaliyetleri benimsemeyi güçleştirecek, inkâra yol açacak karışık mesajlar ileterek çalışanları daha büyük bir belirsizliğe sürükleyebilmektedir (Gifford, 2011). Dolayısıyla farklı faktörlerin de süreci etkileyebileceğinin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu durumdan kurtulmak için basit gibi görünen ama en etkili yöntemlerden biri esnek örgüt yapısının oluşturulmasıdır. Bu noktada liderlere çok iş düşmektedir: iletişim kalitesinin yükseltilmesini, daha katılımcı ve paylaşımcı çalışanlar oluşturmak için uygun iş ortamının yaratılmasını sağlamalıdır. Ayrıca çalışanlarını yeniliğe ve daha girişimci olmaya teşvik ederek, onları gelecek kaygısından uzaklaştırması gerekmektedir (Soysal, 2010; Türkan ve Esmer, 2019).

Tüm kriter ağırlıklarının bir arada değerlendirildiği genel ağırlıklandırmaya bakıldığında ilk sırada 'çalışanların mevcut süreçleri sevmesi ve değiştirilmesini istememesi.' (0,15) gelmektedir. İkinci sırada sıra 'işletmedeki herhangi bir değişiklikte çalışanların kendilerini savunmaya geçmiş hissetmesi' (0,14) ifadesi yer almaktadır. Bu ifadeleri aynı ağırlık oranına sahip 'çalışanların değişimden kaynaklanan kötü deneyimlerini hatırlayarak endişelenmesi.' (0,11), 'dış çevredeki değişiklikleri nadiren fark etme.' (0,11) ve 'değişim için yeni kavramları incelemeyi ve öğrenmeyi denememe.' (0,11) takip etmektedir. Yapılan genel sıralama da diğerleri gibi alışkanlıkların değişim çabalarını güçleştirdiğini ve değişimi başlatmanın çok daha zor hale geldiğini göstermektedir. Özellikle çevreci faaliyetleri benimsemeye yatkın olmayan yerleşik bir örgüt kültürü varsa, döngüsel ekonomi gibi büyük bir değişime adım atmak zor olabilmektedir. Örgüt kültürü içerisine gömülü hale gelmiş algı, inanç, varsayım veya dünya görüşleri, nihayetinde örgütün davranışlarına yansımakta ve döngüsel modele geçişi yavaşlatmakta veya tamamen engellemektedir. Böyle durumlarda bunu kabul etmek ve daha küçük adımlarla süreci yönetmek, var olan girişimleri destekleyerek gelecekteki çevreci girişimlere zemin oluşturmak önemlidir (DuBois ve diğerleri, 2013). Ayrıca işletme içinde eylemsizliği destekleyen işletme koşulları, grup dinamikleri veya statüko yanlı karar vericiler varsa bu faktörlere odaklanmak doğru bir karar olacaktır.

Tüm bu çıkarımlar dikkate alındığında her bir atalet türü için ayrı bir kurtulma yöntemini/stratejisini benimsenmesi gerektiğini ifade etmek mümkündür. Godkin ve Allcorn (2008) tarafından önerilen "sezgisel kazanım, eylemsel oryantasyon ve değişime psikolojik hazırlık" stratejileri ihtiyaç duyulan bu değişime

giden yolu sunmaktadır. Sezgisel ataletten muztarip olan örgütler için *sezgisel kazanım stratejisinde*; çift döngü öğrenme ile örgütler, yaşanan değişimleri izleyerek ve anlayarak o güne kadar hiç sorgulanmamış konuları su üstüne çıkarabilir ve yanlış anlaşımaların önüne geçebilir. Bu sayede zamanında ve uygulanabilir bilgi üretimi sağlanmış olacaktır. Reflektif uygulamada, belirsiz ve karmaşık durumlardan kurtulmak için deneyimler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yoldan öğrenme, ataletle engel olacak etkili bir faktör yaratacaktır. Ayrıca bu şekilde başarısızlık yaşanma şansı düşeceği gibi ilerleme sorunu da yaşanmayacaktır. Eylemsel atalet olduğunda tercih edilebilecek *eylemsel oryantasyon* stratejisinde; fonksiyonel gruplar oluşturularak, çapraz gruplar arasında fikir alışverişi sağlanarak, yönetimce ifade edilen öngörülerin üyeler tarafından tespit edilmesi mümkün hale gelebilmektedir. Sistemik problem çözme-öncül kontrol yönteminin benimsenmesiyle de problemin tanımlanması sağlanacağı gibi yanlışın ne olduğu da belirlenebilecektir. Ayrıca yanlışta etki eden faktörler varsa tam olarak belirlenebilecektir. Tüm bu akış, örgütün nasıl tasarlandığının ve yönetildiğinin sistemik incelenmesi olarak ifade edilebilmektedir.

Psikolojik atalet mevcutsa, *değişime psikolojik hazırlık* stratejisini benimsemek yararlı olacaktır. Bu çalışmanın sonuçlarının da desteklediği gibi değişim için en etkili atalet psikolojik olandır. Bu nedenle örgütün değişim için çalışanlarını hazırlaması gerekmektedir. Aksi halde çalışanların yüksek kaygı düzeyinin yükselmesi ve çalışma ortamından kaynaklı gerginliğin aşılamaması, kıskançlık, rekabet ortamı oluşturma gibi yıkıcı davranışların sergilenmesine neden olabilir. Çalışanın yaşadığı üzücü deneyimlerle ortaya çıkan bu davranışlardan kurtulmak için "lider/örgütsel sınırlama ve geçiş alanı-zaman" olarak iki farklı yoldan faydalanılabilir. Lider/örgütsel sınırlama yönteminde çalışanların saldırganlık ve kaygı gibi başa çıkmakta zorlandığı duyguları kontrol etmeyi sağlayacak örgüt iklimi yaratılması gerekmektedir. Lider, değişim için teşvik edici yaklaşımlar ortaya koymalı ve güçlü bir örgüt kültürü oluşmasını sağlamalıdır. Geçiş alanı-zaman yönteminde ise liderlik çalışanlar ile uyumlu iş birliği alanı oluşturmayı gerektirmektedir. Bu durumla geçişsel tarzı benimseyen lider, çalışanlarının örgüte zarar verecek davranışlarının da önüne geçmiş olur. Geçişsel liderlik anlayışını benimseyen örgütlerde, çalışanların duygu ve düşüncelerini ifade edebileceği ve eylemlerinde araştırma eğilimi göstererek hareket edebileceği, özgürlüklerinin farkında olarak kullanabileceği potansiyel alanı yaratılmış olur. Bu sayede psikolojik ataletin önüne geçilmiş olacaktır.

Öte yandan örgütsel ataletin yenilmesinde inovasyon çalışmalarının da etkili olacağı düşünülmektedir (Huang ve diğerleri, 2013). Döngüsel ekonomi gibi büyük değişimlerin önünde engel oluşturan ataletin iş performansını da olumsuz etkilediği dikkatte alındığında, bu tür olumsuzluklardan kurtulmak için inovasyona açık esnek bir örgüt olma ve iş modeli inovasyonlarını benimseme oldukça yararlı olacaktır.

Tüm bunların yanında döngüsel ekonomi modeli ve verimlilik ilişkisi gibi spesifik kabul edilebilecek belirli bir konuya özgü bilgi vermek, işletme içindeki davranışların değişmesini sağlayabilir (Osbaldiston and Schott, 2012). Elbette bilgi sağlamak davranış değişim sürecindeki küçük adımlardan bir tanesidir (Werner, 2013) ancak bu noktada bilişsel değişimi sağlayan ve davranış değişikliğini gerçek kılan asıl şey bilgiyle sağlanan yüksek farkındalıktır. Değişime ilişkin örgütün tamamında yüksek farkındalığın sağlanması geçişi kolaylaştıracaktır. Bu süreçte yöneticilerin kararlı tavrının önemli olduğunun altını çizmek gerekmektedir. Araştırmalar üst yönetimi döngüsel ekonomiye geçiş için hazırlanan ve bu konuda söylemlerini destekleyen işletmelerin, gösterdiği kararlılık ve istekliliğin modelin benimsenmesini teşvik ettiğini, bütünsel çözümler ve stratejiler bularak direnci belli oranda engelleyeceğini göstermektedir (Pheifer, 2017). Öte yandan eğer yönetici de değişime karşı bir algı, vizyon ya da varsayıma sahipse; bunu değiştirmek zor ve yavaş olsa da eğitim yoluyla mümkündür. Kapsamlı bir döngüsel ekonomi eğitimi, kavramın işletmeler arasındaki önemini ve tüm örgütün döngüsel model perspektifini benimsemesi gerekliliğini ortaya koyacaktır (Goltos ve diğerleri, 2019). Döngüsel ekonomiye ilişkin alınan eğitimin bilgi ve farkındalık düzeyine yansımaları, yöneticilerin/liderlerin değerlerini, normlarını ve inançlarını etkilemede önemli bir aracı olacaktır. Söz konusu eğitimlerin örgüt içerisinde taşınmasının önemi de ayrıca büyüktür. Örgütsel bilgi sunmak ve iç paydaşların farkındalıklarını artırmak, sahip olunan yanlış fikirlerin sorgulanmasını sağlayabileceği gibi görünmez bir örgüt kültüründen daha görünür ve şeffaf bir kültüre geçişe olanak sağlayabilir. Bu durum örgütsel verimlilik ve etkinliği artıracığı gibi örgütün sinerjisini de yükseltecektir.

Ancak yine de yöneticilerin/liderlerin farkındalıkları örgütü eyleme geçirmeye veya döngüsel modeli için değişimi başlatmaya ikna edemeyebilir. Araştırmada elde edilen sonuç da bunu desteklemektedir. Bu durum işletmelerin döngüsel ekonomi modeline geçişte çok daha proaktif olmaları için süreci destekleyen bir çevreye ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Döngüsel ekonomiye yönelik değişimi doğrudan yönlendiren aktörlerin, düzenleyici ve zorlayıcı güçleri aracılığıyla geçişlere öncülük etme yeteneğine sahip kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve tüketim tercihleriyle piyasaları değiştirebilecek bir aktör olarak tüketicilerin olduğu görülmektedir (Dong ve diğerleri, 2016; Witjes and Lozano, 2016). Tüketiciler ve diğer gruplar tarafından yaratılan toplumsal baskının sonucu olarak işletmeler, pasif de olsa değişim sürecinde paydaş olarak yer alabileceklerdir. Yaratılan baskı ve savunuculuk, toplumda farkındalık yaratacak, işletmeler paydaşları için olumlu değer yaratma çabasıyla sürece dâhil olacaklardır.

Son olarak örgütsel açıdan bakıldığında, döngüsel ekonomi modeli gibi bir çerçeveyi benimseyen işletmelerin marka itibarını iyileştirmesi çok büyük bir olasılıktır (Geng ve diğerleri, 2012). Bu yolla kendilerini rakiplerinden farklılaştırabilirler (Linder ve Williander, 2017). Bu çalışmada ele alınan atalet kavramının dışında gelecek çalışmalarda işletmelerin döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde değerlerinin ve inançlarının rolü araştırılabilir. Uygulama yapılan işletmeler belirli bir sektör kapsamında ele alınabilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Altun, S.A. ve Büyüköztürk, Ş. (2011). "Değişim Eğilimleri Ölçeğinin Geliştirilmesi", *Kalem Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 1(1), 73- 90.
- Anderson, C.J. (2003). "The Psychology of Doing Nothing: Forms of Decision Avoidance Result from Reason and Emotion", *Psychological Bulletin*, 129(1), 139-167.
- Arlı, D., Ceylan, Ö.Ö., ve Yetim, S.A. (2012). "İlköğretim Okulu Yöneticilerinin Örgütsel Atalete İlişkin Görüşleri", *Ege Eğitim Dergisi*, 13(1), 73-91.
- Bakan, İ., Sezer, B., ve Kara, C. (2017). "Bilgi Yönetiminin Örgütsel Çeviklik ve Örgütsel Atalet Üzerindeki Etkisi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 117-138.
- Bechtel, N., Bojko, R., ve Völkel, R. (2013). "Be in The Loop: Circular Economy ve Strategic Sustainable Development", Unpublished Master Thesis, School of Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden.
- Bleichrodt, H., Cillo, A., ve Diecidue, E. (2010). "A Quantitative Measurement of Regret Theory". *Management Science*, 56(1), 161-175.
- Borrello, M., Pascucci, S., ve Cembalo, L. (2020). "Three Propositions to Unify Circular Economy Research: a Review", *Sustainability*, 12(10) 4069, 1-22.
- Condon, E., Golden, B. ve Wasil, E. (2003). "Visualizing Group Decisions in The Analytic Hierarchy Process", *Computers ve Operations Research*, 30 (10), 1435-1445.
- De Jesus, A., ve Mendonça, S. (2018). "Lost in Transition? Drivers and Barriers in The Eco-Innovation Road to The Circular Economy", *Ecological economics*, 145, 75-89.
- Dong, L., Fujita, T., Dai, M., Geng, Y., Ren, J., Fujii, M. ve Ohnishi, S. (2016). "Towards Preventative Eco-Industrial Development: an Industrial and Urban Symbiosis Case in One Typical Industrial City in China". *Journal of Cleaner Production*, 114, 387-400.
- DuBois, C.L.Z., Astakhova, M.N., ve DuBois, D.A. (2013). "Motivating Behavior Change to Support Organizational Environmental Sustainability Goals", *Green Organizations: Driving Change with i-o Psychology*, Editor: A. H. Huffman ve S. R. Klein, Routledge, London, 186-207.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M., ve Hultink, E.J. (2017). "The Circular Economy-A New Sustainability Paradigm?", *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., ve Xue, B. (2012). "Towards A National Circular Economy Indicator System in China: An Evaluation and Critical Analysis". *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216-224.
- Gifford, R. (2011). "The Dragons of Inaction. Psychological Barriers That Limit Climate Change Mitigation and Adaptation", *American Psychologist*, 66(4), 290-302.
- Godkin, L., ve Allcorn, S. (2008). "Overcoming Organizational Inertia: A Tripartite Model for Achieving Strategic Organizational Change", *The Journal of Applied Business and Economics*, 8(1), 82-94.
- Goltsos, T.E., Ponte, B., Wang, S., Liu, Y., Naim, M.M., ve Syntetos, A.A. (2019). "The Boomerang Returns? Accounting for the Impact of Uncertainties on the Dynamics of Remanufacturing systems". *International Journal of Production Research*, 57(23), 7361-7394.
- Gregorio, F.V., Pié, L. ve Terceño, A. (2018). "A Systematic Literature Review of Bio, Green and Circular Economy Trends in Publications in The Field of Economics and Business Management", *Sustainability*, 10(11), 4232. 1-39.
- Hafizullah, B.E.K. (2007). "İnsan Kaynakları Yönetiminde Eğitim ve Geliştirme Etkinliği Örnek Bir Uygulama", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (17), 107-120.
- Hedberg, B., ve Wolff, R. (2003). "Organizing, Learning, and Strategizing: From Construction to Discovery", *Handbook of Organizational Learning and Knowledge* (Editörler: M. Dierkes, A. Berthoin Antal, J. Child and I. Nonaka), Oxford University Press, Oxford, UK, 535-556.
- Hoffman, A.J. ve Bazerman, M.H. (2007). "Changing Practice on Sustainability: Understanding and Overcoming The Organizational and Psychological Barriers to Action", *Organizations and The Sustainability Mosaic: Crafting Long-Term Ecological and Societal Solutions* (Editörler: S. Sanjay, S. Mark ve H. Bryan), Edward Elgar Publishing, Camberley, UK, 84-105.
- Huang, H.C., Lai, M.C., Lin, L.H. ve Chen, C.T. (2013). "Overcoming Organizational Inertia to Strengthen Business Model Innovation: an Open Innovation Perspective", *Journal of Organizational Change Management*, 26(6), 977-1002.
- Johnsen, S.A.K. (2016). "Inertia Processes and Status Quo Bias in Promoting Green Change", *Human Affairs*, 26(4), 400-409.
- Kahraman, M. (2020). "Örgütsel Atalet", *İş Hayatında Örgüt Düşmanı Davranışlar* (Editörler: Erer, B. ve Şahin, M.), Eğitim Yayınevi, Konya, 235-254.

- Kaya, A. (2020). "Toplam Kalite Yönetimi Bağlamında Kaizen Felsefesinin Örgütlerin Maliyet, Verimlilik ve Kalite Düzeylerine Etkileri", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 1191-1207.
- Keinänen, E.S. (2021). "The Role of Organisational Inertia During Transition to Circular Economy", <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/13289> (Erişim Tarihi: 15.03.2022).
- Korhonen, J., Honkasalo, A. ve Seppälä, J. (2018). "Circular Economy: The Concept and Its Limitations", *Ecological Economics*, 143, 37-46.
- Larsen, E. ve Lomi, A. (2002). "Representing Change: A System Model of Organizational Inertia and Capabilities as Dynamic Accumulation Processes", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 10(5-7), 271-296.
- Linder, M. ve Williander, M. (2017). "Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties", *Business Strategy and The Environment*, 26(2), 182-196.
- Liu, Y. ve Bai, Y. (2014). "An Exploration of Firms' Awareness and Behavior of Developing Circular Economy: An Empirical Research in China", *Resources, Conservation and Recycling*, 87, 145-152.
- Liu, L., Liang, Y., Song, Q. ve Li, J. (2017). "A Review of Waste Prevention through 3R under The Concept of Circular Economy in China". *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1314-1323.
- Maranesi, C. ve De Giovanni, P. (2020). "Modern Circular Economy: Corporate Strategy, Supply Chain, and Industrial Symbiosis", *Sustainability*, 12(22)9383, 1-24.
- Oghazi, P. ve Mostaghel, R. (2018). "Circular Business Model Challenges and Lessons Learned-An Industrial Perspective". *Sustainability*, 10(3), 739-758.
- Orçanlı, K., Bekmezci, M. ve Fırat, Z.M. (2020). "Örgütsel Atalet Ölçeği'nin Türkçeye Uyarlanması, Geçerlik ve Güvenilirlik Çalışması", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(4), 1735-1753.
- Osbaldiston, R. ve Schott, J.P. (2012). "Environmental Sustainability and Behavioral Science: Meta-Analysis of Proenvironmental Behavior Experiments", *Environment and Behavior*, 44(2), 257-299.
- Önder, M.E.T. ve Erdem, B. (2006). "Konaklama İşletmelerinde Verimliliğin Ölçülmesi ve Verimliliği Etkileyen Etkilerin Analizi", *Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, (2), 53-73.
- Pheifer, A.G. (2017). "Barriers and Enablers to Circular Business Models", <https://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8fdb8fb34fbc5c15.pdf>, (Erişim Tarihi: 15.04.2022).
- Saaty T.L. (1990). "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operations Research*, 48(3), 9-26.
- Saaty T.L. (2000). "Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, Vol. 6", RWS Publications, Pittsburg.
- Slovic, P., Finucane, M.L., Peters, E. ve MacGregor, D. G. (2007). "The Affect Heuristic", *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1333-1352.
- Soysal, A. (2010). "Atalet: Etkin Yönetim İçin Kişisel ve Örgütsel Düzeyde Bir Analiz". *Çimento İşveren Sendikası Dergisi*, 24(3), 16-26.
- Taylor, B.W. (2002). "Introduction to Management Science". Pearson Education Inc., New Jersey.
- Türk, B. (2020). "Döngüsel Ekonomi Çerçevesinde Atık Yönetimi ve Sıfır Atık Yaklaşımı: E-Atık Oluşumunda Planlı Eskitme Stratejisinin Etkileri", Gazi Kitabevi, Ankara.
- Türk, B. ve Erciş, A. (2017). "Tersine Lojistik Kapsamında E-Atık Sorunu Çözümüne Yönelik Davranışsal Değişim Stratejilerinin Derecelendirilmesi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 31(3), 793-818.
- Türkan, A. ve Esmer, Y. (2019). "Örgütsel Atalet Kavramına Teorik Bir Bakış", *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(3), 525-534.
- Türkmen, M.A., ve Kılıç, F. (2020). "Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışına Yönelik Döngüsel Ekonomi Modeli", *Third Sector Social Economic Review*, 55(4), 2538-2556.
- Van Lange, P.A., Joireman, J., Parks, C.D. ve Van Dijk, E. (2013). "The Psychology of Social Dilemmas: A Review", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 120(2), 125-141.
- Van Putten, M., Zeelenberg, M. ve Van Dijk, E. (2013). "How Consumers Deal With Missed Discounts: Transaction Decoupling, Action Orientation and Inaction Inertia", *Journal of Economic Psychology*, 38, 104-110.
- Werner, C.M. (2013). "Designing Interventions That Encourage Permanent Changes in Behavior", *Green Organizations: Driving Change With I-O Psychology*, Editor: A. H. Huffman ve S. R. Klein, Routledge, London, 208-230.
- Witjes, S., ve Lozano, R. (2016). "Towards a More Circular Economy: Proposing a Framework Linking Sustainable Public Procurement and Sustainable Business Models". *Resources, Conservation and Recycling*, 112, 37-44.

- Xue, B., Chen, X.P., Geng, Y., Guo, X.J., Lu, C.P., Zhang, Z.L. ve Lu, C.Y. (2010). "Survey of Officials' Awareness on Circular Economy Development in China: Based on Municipal and County Level", *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1296-1302.
- Yamoah, F.A., Sivarajah, U., Mahroof, K. ve Peña, I.G. (2022). "Demystifying Corporate Inertia Towards Transition to Circular Economy: A Management Frame of Reference", *International Journal of Production Economics*, 244(108388), 1-16.
- Zhou, Y.D. ve Shi, M.L. (2009). "Rail Transit Project Risk Evaluation Based on AHP Model", 2th *International Conference on Information and Computing Science*, 21-22 May, Manchester, England, UK, 236-238.



STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

