

BİST Sürdürülebilirlik Endeksinde Döngüsel Ekonomi Performansı: Yenilenebilir Enerji Sektörü Uygulaması

Seher Meral ÇEVİREN¹

Özet

Bu çalışmanın amacı, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların, iklim değişikliği ekseninde döngüsel ekonomi performanslarının karşılaştırmalı olarak analiz edilmesidir. Çalışmada, döngüsel ekonomi ile İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) boyutlarının bütünleştirildiği özgün bir model önerilmiştir. Araştırma kapsamında 2021-2024 yılları arasında BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde listelenen 11 yenilenebilir enerji kuruluşunun sürdürülebilirlik, entegre ve faaliyet raporları incelenmiştir. Karar probleminde temel alınan yedi kritere ilişkin veriler, içerik analizi yöntemiyle nicel hale getirilmiş; kriter ağırlıkları ENTROPİ yöntemiyle belirlenmiş ve performans sıralamasında ORESTE yönteminden yararlanılmıştır. Modelin sağlamlığı, ORESTE projeksiyon parametresinin ($R = -1$, $R = 1$, $R = 2$) farklılaştırıldığı kapsamlı bir duyarlılık analiziyle sınanmıştır. ENTROPİ sonuçları, en belirleyici kriterin 2021 yılında su tüketimi ve verimliliği, 2022-2023 yıllarında sera gazı emisyonu ve azaltımı, 2024 yılında iklim politikası olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değişim, sektörün raporlama konusunda iklim yönetişimi odağına doğru kaydığına işaret etmektedir. ORESTE sıralamasına göre; 2021-2023 arasındaki dönemde ENERJİSA'nın, 2024 yılında ise AYDEM'in raporlama temelli döngüsel ekonomi performansının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Duyarlılık analizi, modelin R parametresine karşı yüksek düzeyde sağlam olduğunu doğrulamıştır. Araştırmanın bulguları, raporlama temelli bir performans değerlendirmesi niteliği taşıdığından, fiili çevresel sonuçları doğrudan temsil etmemektedir. Çalışma; yöneticilere iklim odaklı raporlama stratejisi geliştirmede, politika yapıcılara ise ESRS uyumlu zorunlu raporlama çerçevelerinin tasarımıyla yol gösterici nitelikte sonuçlar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi, İklim değişikliği, ORESTE, ENTROPİ

Circular Economy Performance in the BIST Sustainability Index: An Application to the Renewable Energy Sector

Abstract

The aim of this study is to comparatively analyze the circular economy performance of renewable energy companies listed on the BIST Sustainability Index, from a climate change perspective. The study proposes an integrated model that combines circular economy indicators with the dimensions of the Climate Change Performance Index (CCPI). The research examines the sustainability, integrated, and activity reports of 11 renewable energy companies listed on the BIST Sustainability Index between 2021 and 2024. Data for the seven decision criteria were quantified using content analysis; criterion weights were determined using the ENTROPY method, and the ORESTE method was used for performance ranking. The robustness of the model was tested with a comprehensive sensitivity analysis in which the ORESTE projection parameter ($R = -1$, $R = 1$, $R = 2$) was varied. The ENTROPY results indicate that the highest weighted criteria were water consumption and efficiency in 2021, greenhouse gas emissions and reduction in 2022-2023, and climate policy in 2024. This shift indicates that the sector's reporting is placing increasing emphasis on climate governance. According to the ORESTE results, ENERJİSA ranked first from 2021 to 2023, whereas AYDEM ranked first in 2024. Sensitivity analysis confirmed that the model is highly robust to changes in the R parameter. Since the assessment based on reported disclosures, the findings do not directly represent actual environmental outcomes. The study provides guidance to managers in developing climate-focused reporting strategies and to policymakers in designing ESRS-compliant mandatory reporting frameworks.

Keywords: Circular economy, BIST Sustainability Index, Climate change, ORESTE, ENTROPY

Araştırma Makalesi / Research Article

Makale Geliş Tarihi / Submitted: 30.03.2026 Makale Kabul Tarihi / Accepted: 25.07.2026

¹Dr. Öğr. Üyesi, Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, smceviren@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4885-7380>

Atf (Citation): Çeviren, S. M. (2026). BİST sürdürülebilirlik endeksinde döngüsel ekonomi performansı: yenilenebilir enerji sektörü uygulaması. *Denetim ve Güvence Hizmetleri Dergisi*, 6(2), 178-209.

1. GİRİŞ

Küresel düzeyde nesiller arası sorumlulukları merkezine alan sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi yaklaşımları, makro çevre sorunlarının çözümünde kritik bir role sahiptir. Khan ve Haleem (2021), söz konusu yaklaşımların finansal olmayan unsurları kalkınma süreçlerine entegre ettiğini vurgulamaktadır. Ayrıca bu modeller aracılığıyla ortak değer yaratımı hedeflenmektedir. Bu bağlamda döngüsel ekonomi, kaynak etkinliğini optimize etmeye odaklanan uygulamalara dayanmaktadır. Bu uygulamaların temel amacı ise karbon ayak izini azaltmak ve atık üretimini azaltmaktır (Khan & Haleem, 2021). Sürdürülebilirlik kavramı, doğrudan ekosistemin taşıma kapasitesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu kavram, doğanın kendini yenileme hızını aşmayacak bir kaynak tüketim modelini ifade etmektedir (Hawken, 1993, akt. Aras & Crowther, 2008). Dolayısıyla ekolojik dengeyi korumak adına kaynak kullanımının, doğanın ikame kapasitesiyle sınırlandırılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Literatürde sürdürülebilir kalkınma ile döngüsel ekonomi arasındaki teorik bağlar henüz tam anlamıyla netleşmemiş olsa da (Geissdoerfer vd., 2017); döngüsel ekonomi performansının, mikro ve makro düzeyde Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin ² (SKH) gerçekleştirilmesini hızlandırdığı kabul edilmektedir (Ghisellini vd., 2016; Panchal vd., 2021). Nitekim döngüsel ekonomi uygulamalarının, birçok SKH ile güçlü bir bağlantıya sahip olduğu kabul edilmektedir (Panchal vd., 2021; Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022; Büyükkeklik & Afşar, 2023). Bu hedefler arasında "Sorumlu Tüketim ve Üretim" (SKH 12) öncelikli odak noktasıdır. SKH 12'yi sırasıyla; "Erişilebilir ve Temiz Enerji" (SKH 7), "Temiz Su ve Sanitasyon" (SKH 6), "İklim Eylemi" (SKH 13), "Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı" (SKH 9), "İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme" (SKH 8) ve "Karasal Yaşam" (SKH 15) gibi alt amaçlar takip etmektedir (Schroeder vd., 2019, akt. Panchal vd., 2021). Evsel, endüstriyel ve e-atıkların geri dönüştürülmesi ile su kaynaklarının verimli yönetimi gibi döngüsel ekonomi enstrümanları ise bu hedeflere ulaşmada operasyonel birer araç vazifesi görmektedir (Panchal vd., 2021; Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022).

Paydaşların çevresel ve sosyal konulardaki şeffaflık taleplerinin artması, dünya genelindeki kuruluşların sürdürülebilirlik raporlamasını benimsemesine neden olmuştur. Bu raporlama süreci, operasyonel faaliyetlerin sürdürülebilirliğini ve kurumsal dayanıklılığı sağlamada stratejik bir öneme sahiptir (Diwan & Amarayil Sreeraman, 2023). Finansal olmayan bir raporlama türü olarak sürdürülebilirlik raporlaması; uzun vadeli kârlılık hedefleri ile çevresel ve sosyal sorumlulukların entegrasyonunu sağlamaktadır. Kurumsal raporlar; işletmelerin küresel sürdürülebilirlik vizyonu doğrultusunda performanslarının ölçümüne ve değişim süreçlerini yönetmelerine katkıda bulunmaktadır (GRI G4, 2013 ve GRI, 2021, akt. Ece Çokmutlu, 2019).

Uluslararası raporlama ekosisteminde (borsaistanbul.com, 2014) Karbon Saydamlık Projesi (Carbon Disclosure Project - CDP), küresel düzeyde yaygın olarak kabul gören sistemlerden biridir (Saygın & Önk, 2021). Gönüllülük esasına dayanan CDP, kurumsal iklim faaliyetlerine yönelik standartlaştırılmış bir veri havuzu oluşturmayı amaçlamaktadır. Projenin temel hedefi; şirketlerin karbon emisyonları, iklim değişikliği kaynaklı ticari riskleri ve karşılaştıkları fırsatlara ilişkin verilerin yatırımcılara sunulması sonucunda geleneksel finansal raporların tamamlanmasıdır (Kolk vd., 2017).

Kurumsal düzeydeki bu çabaların yanı sıra, makro ölçekte ülkelerin iklim politikalarındaki şeffaflığın ve ilerlemenin ölçülmesine olanak sağlayan İklim Değişikliği Performans Endeksi (Climate Change Performance Index - CCPI) kullanılmaktadır. Germanwatch tarafından 2005 yılından itibaren yayımlanan bu endeks, küresel iklim politikalarının izlenmesinde bağımsız bir değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır (Germanwatch, 2020; Ari, 2021). CCPI, ülkelerin çevre stratejilerinin, küresel ısınmayı 2°C (mümkünse 1,5°C) sınırının altında tutma hedefiyle ne ölçüde uyumlu olduğunu test etmektedir (Puertas & Marti, 2021). Endeks kapsamında ülkeler; emisyon trendleri, enerji verimliliği, iklim politikaları ve yenilenebilir enerjinin yaygınlığı gibi temel kriterlere göre performans sıralamasına tabi tutulmaktadır (Germanwatch, 2020; Ari, 2021).

Çevresel etkilerin azaltılması ve kaynak verimliliğinin artırılmasına yönelik döngüsel ekonomi yatırımları, işletmeler üzerinde doğrudan maliyet ve risk unsurları yaratmaktadır. Bu unsurların finansal analizler aracılığıyla

² Birleşmiş Milletler (BM), "Dünyamızı Dönüştürmek: Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi" raporunda ele aldığı 17 hedef aracılığıyla Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilebileceğini ifade etmiştir (Birleşmiş Milletler, 2015; Ávila-Gutiérrez vd., 2019).

ölçülmesi mümkündür. Sürdürülebilirlik raporlaması, özü itibarıyla finansal olmayan nitelik taşısa da bu alandaki çalışmalar kuruluşlara nakit akışları, maliyetler ve operasyonel fayda şeklinde yansımaktadır. Bu doğrultuda kurumsal raporlarda (sürdürülebilirlik, entegre ve faaliyet raporları) yer alan nitel açıklamalar, içerik analizi teknikleriyle nicel verilere dönüştürülebilmektedir. Elde edilen bu çok boyutlu performans verilerinin kuruluşlar açısından karşılaştırılması ve sıralanması sürecinde ise Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

Literatür incelendiğinde, muhasebe ve finans odağında ÇKKV yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin; Sürmen ve Ece Çokmutlu (2022) ile Ece Çokmutlu (2023) tarafından yapılan çalışmalarda, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer alan imalat işletmelerinin döngüsel ekonomi performansları ENTROPİ tabanlı TOPSIS yöntemiyle analiz edilmiştir. Makro düzeyde ise Altıntaş (2021) tarafından, CCPI bileşenleri yoluyla, G7 ülkelerinin iklim koruma performansları CODAS ve EDAS yöntemleriyle; Doğan (2022) tarafından ise OECD ve AB ülkelerinin çevresel performansları CCPI ve EPI kriterleri ekseninde CRITIC ve MABAC modelleriyle ölçülmüştür.

Diğer bir esnek ÇKKV yöntemi olan ORESTE (Organisation, rangement et synthèse de données relationnelles) ise literatürde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Yöntem, geçmiş çalışmalarda; nükleer atık yönetimi alternatiflerinin seçimi (Delhaye vd., 1991), radar tespit stratejilerinin belirlenmesi (De Leeneer & Pastijn, 2002), bilişim araştırma merkezlerinin sıralanması (Fasanghari vd., 2009) ve kurumsal risk unsurlarının tespiti (Jafari, 2013) gibi alanlarda kullanılmıştır. Ayrıca personel seçimi (Eroğlu vd., 2014), KOBİ desteklerinin etkinlik sıralaması (Yerlikaya & Arıkan, 2016), enerji kaynaklarının verimlilik analizi (Arslan, 2018), bankaların sürdürülebilirlik performanslarının derecelendirilmesi (Aras vd., 2018), üniversite endeks değerlerinin sıralanması (Er & Yıldız, 2018), tedarikçi seçimi (Akman vd., 2021), depo içi konumlandırma (Yerlikaya, 2022) ve küresel lojistik performanslarının karşılaştırılması (Çıray vd., 2024) gibi çalışmalarda ORESTE yönteminden etkin şekilde yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan geniş kapsamlı literatür araştırmasına rağmen, döngüsel ekonomi göstergeleri ile CCPI boyutlarını entegre ederek, döngüsel ekonomi performansını doğrudan iklim değişikliği ekseninde ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Oysa döngüsel ekonomi ilkelerinin temel amacı, kaynakların etkin yönetimi ve yenilenebilir kaynakların ekosisteme kazandırılmasıdır (EMF, 2015; Stewart & Niero, 2018). Küresel bir tehdit olan iklim değişikliğiyle mücadelede, atık yönetimi ve kaynak verimliliği politikalarının uygulanması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu doğrultuda döngüsel ekonomi modeli, kuruluşların faaliyetlerinin SKH'lar ile uyumlu yürütülmesini sağlayan stratejik bir finansal ve operasyonel yönetim aracıdır.

Bu motivasyondan hareketle çalışmada, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde işlem gören yenilenebilir enerji sektöründe yer alan kuruluşların döngüsel ekonomi performansları iklim değişikliği odağında ölçülmüştür. Araştırma; döngüsel ekonominin geleneksel boyutları (ürün/malzeme kullanımı ve verimliliği, enerji kullanımı ve verimliliği, su kullanımı ve verimliliği, emisyon ve azaltım açıklamaları, atık yönetimi ve geri dönüşüm) ile CCPI'nın temel bileşenlerini (sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji, enerji kullanımı ve iklim politikası) bir araya getiren çok boyutlu bütünsel bir model sunmaktadır.

Bu doğrultuda çalışma; yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların performanslarının yedi farklı boyut (ürün/malzeme kullanımı ve verimliliği, enerji kullanımı ve verimliliği, su kullanımı ve verimliliği, sera gazı emisyon ve azaltım açıklamaları, atık yönetimi ve geri dönüşüm, yenilenebilir enerji, iklim politikası) kapsamında değerlendirilmesi yönüyle literatürde özgün bir konuma sahiptir. Sözü edilen kuruluşların kurumsal raporlarından İçerik Analizi yöntemiyle elde edilen veriler, ENTROPİ tabanlı ORESTE yöntemiyle analize tabi tutulmuş ve yenilenebilir enerji kuruluşlarının performans sıralamaları karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE DÖNGÜSEL EKONOMİ

İklim değişikliği, iş dünyasında, 1990'lara kadar ihmal edilmiş olsa da 1990'ların ortalarına doğru, Kuzey Amerika'daki fosil yakıtlarla bağlantılı sektörlerde faaliyet gösteren kuruluşlar tarafından fark edilmiştir (Kolk vd., 2008). Çevresel sorumluluk faaliyetleri, gönüllülük esasına göre başlamış olmasına rağmen, zamanla zorunlu hale gelmiştir. Yatırımcıların iklim değişikliğine yönelik konularda duyarlı olmaları, kuruluşları da duyarlı ve sorumlu olmaya yöneltmiştir. Ayrıca, düşük karbon salımına yönelik tedbirler, sözü edilen kuruluşları bir adım öne çıkarmıştır (Pandey vd., 2023).

Küresel anlamda, emisyon azaltımları, iklim değişikliğiyle mücadele faaliyetlerinin temelinde yer almaktadır. Ayrıca, döngüsel ekonomi, sektörler ve bölgeler arası iş birlikleri gibi konular giderek önem kazanmış; ülkelerin ve kuruluşların hedefleri arasında ön plana çıkmaya başlamıştır (Şişecam Sürdürülebilirlik Raporu, 2022).

Kirchherr ve diğerleri (2017), döngüsel ekonomiyi, “üretim/dağıtım ve tüketim süreçlerinde ‘kullanım ömrü sonu’ kavramının yerine malzemelerin azaltılması, alternatif olarak yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılmasını sağlayan iş modellerine dayanan; mevcut ve gelecek nesillerin yararına çevresel kalite, ekonomik refah ve sosyal eşitlik yaratma anlamına gelen sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmek amacıyla mikro (ürünler, şirketler, tüketiciler), mezo (eko-endüstriyel parklar) ve makro (şehir, bölge, ülke ve ötesi) düzeyde faaliyet gösteren bir ekonomik sistem” şeklinde tanımlamışlardır.

Döngüsel Ekonomi		Stratejiler	Tanım	Örnek
ARTAN DÖNGÜSELLİK	Daha akıllı ürün kullanımı ve üretimi	R0 Refuse Reddet	Ürünün işlevini terk ederek veya aynı işlevi tamamen farklı bir ürünle sunarak ürünü gereksiz hale getirmek.	Basılı belge yerine dijital belge kullanımı
		R1 Rethink Yeniden Düşün	Ürün kullanımını daha yoğun ve verimli hale getirmek (örneğin, ürünü paylaşmak).	Araç paylaşım sistemleri
		R2 Reduce Azalt	Daha az doğal kaynak ve malzeme tüketerek ürün üretiminde veya kullanımında verimliliği artırmak.	Daha hafif ambalaj tasarımları
	Ürünün ve parçalarının kullanım ömrünün uzatılması	R3 Reuse Yeniden Kullan	İyi durumda olan ve orijinal işlevini yerine getiren ürünün başka bir tüketici tarafından yeniden kullanılması.	İkinci el ürünlerin kullanımı
		R4 Repair Onar	Arızalı ürünün onarımı ve bakımı sonucunda, ürünün orijinal işleviyle kullanılabilir hale getirilmesi.	Elektronik cihazların tamiri
		R5 Refurbish Yenile	Eski bir ürünün bazı bileşenlerinin onarılarak güncel hale getirilmesi.	Yenilenmiş bilgisayarlar
		R6 Remanufacture Yeniden Üret	Atık ürünün parçalarının aynı fonksiyona sahip yeni bir üründe kullanılması.	Motor revizyonu
		R7 Repurpose Başka Amaçla Kullan	Atık ürünleri veya parçalarını farklı bir fonksiyona sahip yeni bir ürün olarak kullanılması.	Varilin saksı olarak kullanılması
	Malzemenin faydalı uygulamaları	R8 Recycle Geri Dönüştür	Ham maddeye dönüştürülen atıkların, yeniden üretim sürecine dahil edilmesi.	Plastik geri dönüşümü
R9 Recover Geri Kazan		Enerji geri kazanımı amacıyla atık malzemelerin yakılması.	Atıktan enerji üretimi	
Doğrusal Ekonomi				

Şekil 1. Döngüsel Ekonomide 9R Çerçevesi

Kaynak: (Potting vd., 2017; Kirchherr vd., 2017; Stewart & Niero, 2018; Khan & Haleem, 2021)

Lieder ve Rashid (2016) döngüsel ekonomiyi; çevresel etki (katı atık, düzenli depolama, emisyon veya kirlilik), kıt kaynaklar (malzeme ve enerji tüketimi) ve ekonomik faydalardan (gelir veya gayri safi yurtiçi hasılanın artışı, maliyet azalışı) oluşan üç yönlü bir kavram şeklinde ele almışlardır (EMF, 2013; Büyükkeklik & Afşar, 2023). Geleneksel olarak “al-yap-at” sıralamasını savunan doğrusal sistemden farklı olan döngüsel ekonomi, kaynak girdisinin, atıkların (israfın) ve emisyonların azaltımına odaklanan bir sistemi destekleyen dönüştürücü bir modeldir. Döngüsel ekonomi modeli, yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm yoluyla kaynak döngülerini yavaşlatmanın (Kirchherr vd., 2017; Sheikh vd., 2024) yanı sıra; bu döngüleri kapatmak ve daraltmak yoluyla, kaynak kıtlığı ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunları doğrudan ele almaktadır (Sheikh vd., 2024).

Döngüsel ekonomide, kaynaklar sürdürülebilir biçimde temin edilmekte ve ürünler yaşam döngüsü boyunca verimli kullanılmaktadır. Ürün bileşenleri, geri dönüştürülerek atıkların azaltımı ve her bileşenin çok kez yeniden kullanım döngüsüne katılımı sağlanmaktadır (Fragkos, 2022).

Ekonomide döngüsellik sağlanması amacıyla geliştirilen R stratejileri, doğrusal üretim ve tüketim modeline alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Kaynak verimliliğinin artışı ve çevresel etkilerin azaltılmasına odaklanan R stratejileri, hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Literatürde ilk olarak 3R (Reduce/azalt, Reuse/yeniden kullan ve Recycle/geri dönüştür) şeklinde kabul gören (Kirchherr vd., 2017), daha sonra, yeni ilkelerin eklenmesi sonucunda 9R halini alan döngüsel ekonomi ilkelerine Şekil 1’de yer verilmiştir.

Döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması, SKH’lara ulaşmada uygun bir çözüm yolu olarak giderek önem kazanmaktadır (Saidani vd., 2019; Kirchherr vd., 2017). Bu bağlamda, tedarik stratejileri (örneğin; geri dönüştürülen ve yenilenebilir malzeme kullanımı), işletme stratejileri (örneğin; enerji verimliliği), yenilenebilir enerji kullanımı, atıkların geri kazanımı ve kullanım ömrü sonu stratejileri (örneğin; geri dönüşüm/geri kazanım altyapısını veya girişimlerini destekleyen faaliyetler) de döngüsel ekonomi kapsamındaki faaliyetlere örnek verilebilmektedir (Stewart & Niero, 2018).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Araştırma konusuna yönelik literatür, çeşitli yönlerden değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında BIST Sürdürülebilirlik Endeksi’nde işlem gören yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşların kurumsal raporları incelenmiştir. Bu doğrultuda, ilgili literatür, bir yandan yenilenebilir enerji sektörü, iklim değişikliği ve döngüsel ekonomiyle ilgili araştırmalar açısından değerlendirilmiştir. Diğer yandan, araştırmanın yöntemleri olan içerik analizi, ENTROPİ ve ORESTE ile ilgili araştırmalar açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, araştırma kapsamına BİST Sürdürülebilirlik Endeksi’nde işlem gören yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşlar alındığından, enerji alanındaki araştırmalar da incelenmiştir. Enerji alanındaki araştırmalar arasında, en çok odaklanılan konunun, yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşlara yönelik teknoloji seçimleri olduğu belirlenmiştir (Zhou vd., 2019; Wu vd., 2019; Aksakal & Çalışkan, 2023). Takip eden kısımda, araştırma kapsamında yapılan literatür araştırmasının özetine yer verilmiştir.

Kolk ve diğerleri (2008), sera gazları için raporlama mekanizmaları geliştirerek ve karbonun açıklanmasına odaklanarak iklim değişikliğine yönelik kurumsal tepkileri analiz etmek amacıyla CDP verilerini QSR NVivo 7 yazılım paketi yardımıyla içerik analizi yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, anketlerin aktif olarak Avrupalı kuruluşlar tarafından cevaplandığı ortaya konulmuştur.

Maubane ve diğerleri (2014) tarafından, 2010 yılında Güney Afrika Johannesburg Menkul Kıymetler Borsası Sosyal Sorumluluk Yatırımı (JSE SRI) Endeksi’nde işlem gören 48 kuruluşun yıllık ve/veya sürdürülebilirlik raporları, içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar, sözü edilen kuruluşların uygun raporlama yaptığını göstermiştir. Madencilik ve malzeme sektöründe, diğer sektörlerle göre çevresel ve sosyal konularda daha fazla raporlama yapıldığı; yönetim kategorisinde ise daha az raporlama yapıldığı gözlemlenmiştir.

Eroğlu ve diğerleri (2014) tarafından, bir işletmenin muhasebe ve pazarlama bölümlerine iş başvurusu yapan adayların seçiminde ORESTE yöntemi kullanılarak, adayların sıralanmasına yönelik çözüm yaklaşımı sunulmuştur.

Kirchherr ve diğerleri (2017), içerik analizi yöntemi ile döngüsel ekonomi kavramına yönelik mevcut yaklaşımları incelemiş ve 114 döngüsel ekonomi tanımını 17 boyuta göre kodlayarak analiz etmişlerdir. Bu kapsamda döngüsel ekonomi kavramı, “*üretim/dağıtım ve tüketim süreçlerinde malzemelerin 'kullanım ömrü sonu' kavramının yerine, malzemelerin azaltılması, alternatif olarak yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılmasını sağlayan ekonomik bir sistem.*” şeklinde tanımlanmıştır.

Stewart ve Niero (2018) tarafından, hızlı tüketim malları sektöründeki kuruluşların, döngüsel ekonomi kavramını sürdürülebilirlik gündemlerine nasıl entegre ettiklerini araştırmak amacıyla, sürdürülebilirlik raporları sistematik olarak içerik analizi yoluyla incelenmiştir. Sonuç olarak, döngüsel ekonominin kurumsal sürdürülebilirlik gündemine entegre edilmeye başlandığını; bu faaliyetlerin, çoğunlukla ana ürün ve ambalaja yönelik olarak, kullanım ömrü sonu yönetimi ve tedarik stratejilerine odaklandığı; nadiren de döngüsel ürün tasarımı ve iş modeli stratejilerine odaklandığı ortaya konulmuştur. Ayrıca, döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde kritik öneme sahip olduğu düşünülen tüketiciye yönelik girişimlerin büyük ölçüde eksik olduğu belirtilmiştir.

Karaca ve Ulutaş (2018), Türkiye’de enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi amacıyla ENTROPİ tabanlı WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, Türkiye açısından yatırım yapılabilecek uygun yenilenebilir enerji kaynak sıralamasının Hidro, Jeotermal, Rüzgâr, Biyokütle, Güneş şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Aras ve diğerleri (2018) tarafından, Türkiye’de sürdürülebilirlik raporu yayınlayan tüm bankaların 2013 yılında yayınlanan raporlarındaki açıklamalar, içerik analizi yöntemiyle sayısal hale getirilmiştir. Ardından ENTROPİ tabanlı ORESTE yöntemi ile analizi sonucunda kurumsal sürdürülebilirlik performans puanları hesaplanmıştır. İçerik analizi bulguları, bankaların açıklamalarının ağırlıklı olarak sosyal sürdürülebilirlik boyutunda yoğunlaştığı ortaya konulmuştur. Bankaların dönemsel açıklama etkinliğine göre, 2014 yılında, sektörde yer alan tüm kurumsal sürdürülebilirlik raporlarında sürdürülebilirliğin göstergelerinin daha etkin yer aldığı belirlenmiştir.

Hardiyansah ve diğerleri (2021) tarafından, araştırmanın bağımsız değişkenlerinin belirlenmesi amacıyla, Endonezya Menkul Kıymetler Borsası’nda (IDX) işlem gören ve 2014-2018 döneminde Endonezya Sürdürülebilirlik Raporlama Ödülü (ISRA)’nü alan 82 şirketin karbon emisyonu açıklamalarına yönelik içerik analizi gerçekleştirilmiştir. Kontrol listesi olarak, CDP tarafından gönderilen ve “iklim değişikliği, sera gazı emisyonu, enerji tüketimi, sera gazı emisyonunun azaltılması ve maliyeti ile karbon emisyonu hesap verebilirliği” şeklinde beş ana gruba ayrılan anket formu kullanılmıştır.

Haywood ve diğerleri (2021) tarafından, Güney Afrika süpermarket perakendecilerinin sürdürülebilir tedarik uygulamalarını ve performanslarını nasıl açıkladıklarını araştırmak amacıyla, Güney Afrika’da faaliyet gösteren beş gıda perakendecisinin 2018-2019 dönemine ilişkin yayınlanan sürdürülebilirlik raporları, içerik analizi yöntemi yardımıyla kodlanarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, kuruluşlar arasında sürdürülebilir kaynak kullanımıyla ilgili açıklanan bilgilerde ve bunları sunuluş biçimlerinde tutarsızlık olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kaynak kullanım uygulamalarının ve performans sonuçlarının karşılaştırılmasının zorluğuna dikkat çekilmiştir.

Altıntaş (2021) tarafından, G7 ülkelerinin (en fazla sera gazı emisyonuna sahip ilk 20 ülke) CCPI bileşenleri verilerinden yola çıkılarak, sözü edilen ülkelerin iklim değişimi koruma performansları CODAS ve EDAS yöntemleri yardımıyla belirlenmiştir. Sözü edilen ülkelerin iklim değişimi koruma performansları bakımından CODAS yöntemi ile ilk üç sırada İngiltere, ABD ve Fransa yer alırken; EDAS yöntemi ile ilk üç sırada İngiltere, ABD ve İtalya yer almıştır.

Özuyar ve Gürsoy (2021) tarafından döngüsel ekonomi modeline yönelik farkındalık oluşturmak amacıyla yapılan literatür taraması sonucunda Türkiye’de bilimsel yayınlarda “döngüsel ekonomi” kavramına henüz yeterince yer verilmediği ortaya konulmuştur.

Doğan (2022) tarafından, dünya sıralamasında ilk 50 içerisinde yer alan OECD ve AB üyesi olan 24 ülkenin çevresel performansları, CCPI ve Çevresel Performans Endeksi (EPI) kriterleri bakımından, ÇKKV yöntemlerinden CRITIC ve MABAC yardımıyla analiz edilmiştir. Bulgulara göre, CCPI kriterleri içerisinde “enerji kullanımı”nın, EPI kriterleri içerisinde ise “ekosistem hizmetleri”nin en yüksek öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Her iki endekste yer alan on beş kriterin birlikte değerlendirilmesi sonucunda öne çıkan kriter ise “ekosistem hizmetleri” olarak tespit edilmiştir.

Sürmen ve Ece Çokmutlu (2022) tarafından, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi’nde işlem gören imalat sektöründeki kuruluşların 2019-2021 döneminde döngüsel ekonomi açıklamaları içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen verilerle ENTROPİ tabanlı TOPSIS yöntemi yoluyla işletmelerin döngüsel ekonomi performanslarının sıralanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, CCOLA’nın her üç dönemde en iyi döngüsel performansa sahip kuruluş olduğu ortaya konulmuştur.

Ece Çokmutlu (2023) tarafından, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi’nde yer alan imalat sektöründeki kuruluşların döngüsel ekonomi performanslarının karşılaştırılması amacıyla, kurumsal raporlarından içerik analizi yöntemi ile veriler toplanmıştır. TOPSIS yöntemi aracılığıyla, döngüsel ekonomi kriterleri üzerinden gerçekleştirilen analizde en iyi performansa sahip ilk üç kuruluşun; VESBE, VESTL ve KORDSA olduğu ortaya konulmuştur.

Güngör (2023) tarafından, döngüsel ekonomi modelinin BİST’te listelenen gıda içecek; kimya, petrol, plastik; metal ana sanayi; tekstil, deri; taş toprağa dayalı; madencilik ve orman, kağıt, basım sektörlerindeki kuruluşların 2021 yılında yayınladıkları sürdürülebilirlik raporlarına nasıl dahil ettiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda, sözü edilen kuruluşların büyük bölümünün raporlarında; döngüsel ekonominin geri dönüşüm ve geri kazanım konularına ve sürdürülebilirliğin çevresel boyutuna yer verdikleri belirlenmiştir.

Erdoğan ve Esmeray (2023) tarafından, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi’nde işlem gören kuruluşların sürdürülebilirlik raporlarındaki çevresel konular “sera gazı salınması, enerji tüketimi, su tüketimi, atıklar/geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji” kavramları bakımından içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. Kuruluşların sözü edilen çevresel konulara yönelik çalışmalarının her yıl arttığı belirlenmiştir.

Korga ve Dirik (2023) tarafından, BİST sürdürülebilirlik endeksinde listelenen ve imalat sektöründe faaliyet gösteren 12 kuruluşun 2015-2020 dönemlerine ilişkin sürdürülebilirlik performansları ENTROPİ tabanlı TOPSIS yöntemi yoluyla analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, sözü edilen kuruluşların orta düzeyde bir sürdürülebilirlik performansı sergiledikleri ve 2020 yılı skorlarında düşüş meydana geldiği ortaya konulmuştur.

Çıray ve diğerleri (2024), Dünya Bankası tarafından yayınlanan lojistik performans endeksi (LPI) raporlarında yer alan ülkelerin LPI sıralamasını, ENTROPİ tabanlı ORESTE yöntemi yardımıyla gerçekleştirmiştir. Araştırma bulguları Dünya Bankası verileriyle karşılaştırıldığında, her ülke için kesin bir sıralamanın bulunmadığı ve bazı durumlarda birden fazla ülkenin aynı sıralamaya sahip olduğu belirlenmiştir.

Mevcut literatürün metodolojik açıdan değerlendirilmesi sonucunda, döngüsel ekonomi performansının ölçümünde ağırlıklı olarak ENTROPİ tabanlı TOPSIS yönteminin (Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022; Ece Çokmutlu, 2023; Korga & Dirik, 2023) ve ülke düzeyinde CODAS, EDAS ile CRITIC-MABAC gibi ÇKKV yöntemlerinin (Altıntaş, 2021; Doğan, 2022) tercih edildiği görülmektedir. İçerik analizi yöntemi ise hem döngüsel ekonomi raporlamalarının (Stewart & Niero, 2018; Güngör, 2023; Erdoğan & Esmeray, 2023) hem de iklim değişikliği açıklamalarının (Kolk vd., 2008; Hardiyansah vd., 2021) nicel hale getirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulgular açısından yapılan değerlendirmede, döngüsel ekonomi performansı bakımından büyük ve kurumsal yapıdaki işletmelerin öne çıktığı; sera gazı azaltımı ile enerji verimliliği boyutlarının, raporlama yoğunluğu bakımından diğer kriterlere göre daha güçlü bir ağırlığa sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, döngüsel iş modellerinin iklim politikalarıyla bütünleşik olarak analiz edildiği ve ENTROPİ tabanlı ORESTE yönteminin yenilenebilir enerji sektörüne uygulandığı ampirik bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu boşluk, bu çalışmanın özgün katkısını oluşturmaktadır.

Önerilen modelde, döngüsel ekonomi ile iklim politikaları arasındaki teorik bağı güçlendiren teorik çerçevelerden biri; Khan ve diğerleri (2020) tarafından ortaya konulan “dinamik yetenek teorisi (dynamic capabilities theory)”dir. Dinamik yetenek teorisi kapsamında, kuruluşların iklim politikalarına uyum sağlama kapasiteleri, sürdürülebilirlik uygulamalarının döngüsel ekonomi modellerine dönüştürülmesinde belirleyici bir etken olmaktadır. Al-Shaer ve Hussainey (2022) tarafından benimsenen “sinyal teorisi (signalling theory)” kapsamında, raporlama kalitesindeki farklılaşmanın kurumsal itibar ve yatırımcı algısı üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Hong ve diğerleri (2024) tarafından geliştirilen “anlam verme teorisi (sensegiving theory)” bağlamında ise kurumsal raporlarda yer alan döngüsel ekonomi açıklamalarının; hedef belirleme, eğitim ve paydaş geri bildirimlerine yönelik süreçlerin yanı sıra, kurumsal sürdürülebilirlik performansları üzerinde “anlam yaratıcı” bir fonksiyon sağlayacağı öngörülmektedir. Bu üç teorik yaklaşımın bütünleşik şekilde ele alınması, önerilen ENTROPİ-ORESTE modelinin salt betimsel bir sıralama aracı olmasının ötesinde, döngüsel ekonomi modelleri ile iklim politikaları arasındaki ampirik ilişkiyi analiz edilebilir hale getirmektedir (Hong vd., 2024; Khan vd., 2020; Al-Shaer & Hussainey, 2022).

Çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda, belirsizlik içeren konularda seçim yapılması amacıyla özellikle mühendislik alanında ORESTE yönteminden yararlanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşlar özelinde, iklim değişikliği ekseninde döngüsel ekonomi performanslarının sıralanması amacıyla ENTROPİ tabanlı ORESTE yönteminden yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Çalışmada, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji kuruluşlarının kurumsal raporlarında yayınlanan açıklamalardan yola çıkılarak, sözü edilen kuruluşların döngüsel ekonomi performans puanları hesaplanmıştır. Bu amaçla sözü edilen kuruluşların raporları, Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP) ile kuruluşların internet siteleri üzerinden elde edilerek incelenmiştir. İçerik analizi yöntemiyle nicel veriler haline dönüştürülen veriler, ENTROPİ ve ORESTE yöntemlerinin bütünleştirildiği bir yaklaşım yoluyla analiz edilmiştir. Şöyle ki; yenilenebilir enerji kuruluşlarının performans kriter ağırlıkları ENTROPİ yöntemiyle belirlenmiş ve ORESTE yöntemi yardımıyla, iklim değişikliği ekseninde döngüsel ekonomi performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, ORESTE projeksiyon parametresinin R değerlerine ($R = (-1) / R = 1 / R = 2$ karşılaştırması) göre farklı senaryoların tasarlandığı duyarlılık analizi yoluyla test edilmiştir. 2021-2024 arasındaki döneme ilişkin kullanılan yaklaşımın analiz aşamalarında Microsoft Office Excel programı kullanılmıştır.

ENTROPİ tabanlı ORESTE yönteminin tercih edilmesinin arkasında çok boyutlu bir metodolojik gerekçe yer almaktadır. Öncelikle ENTROPİ yöntemi, karar vericinin öznel yargılarından bağımsız olarak, verilerin içerisindeki çeşitlilikten hareketle nesnel ağırlıklar türetmektedir. Bu özellik, içerik analizinden elde edilen frekans verilerinin belirsizlik içerdiği durumlarda daha anlamlıdır. Diğer yandan, ÇKKV yöntemleri arasında “Outranking” sınıfında yer alan ORESTE, daha yaygın olarak kullanılan ve aynı sınıfta yer alan ELECTRE ve PROMETHEE gibi yöntemlere nazaran, karar vericiye paket program gerektirmemekte ve uygulama aşamasında kolaylık sağlamaktadır (Eroğlu vd., 2014; Akman vd., 2021). Chatterjee ve Chakraborty’ye (2012) göre; TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR gibi sıkça kullanılan alternatiflere nazaran ORESTE yönteminin çeşitli avantajları bulunmaktadır. Birinci avantajı, ORESTE’nin, Besson-sıra yapısıyla kesin sayısal değerlerin sağlanmadığı veya güvenilir olmadığı koşullarda bile alternatifleri sıralamayı gerçekleştirebilmesidir. Bu durum, kurumsal raporlardan elde edilen nitel açıklamalara ilişkin frekanslar gibi yarı-nümerik veri setleriyle çalışan araştırmalar bakımından belirleyici bir üstünlüktür. İkinci avantajı, ORESTE’nin, nümerik büyüklük farklarından ziyade sıralama ilişkilerine odaklanmasıdır. Böylece, raporlama derinliğindeki küçük sayısal dalgalanmalara karşı daha robust (sağlam/dayanıklı) sonuçlar üretildiğinden, sıralama istikrarı TOPSIS’e kıyasla daha üstün bir görünüm sergilemektedir. Üçüncü olarak, ORESTE’nin kriterler bilgisi ile alternatif-kriter ikili bilgisini birbirine projeksiyon uzaklıkları aracılığıyla entegre eden yapısı, ENTROPİ ağırlıklarının karar matrisine doğal bir biçimde yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Nitekim bu üstünlükler, bankaların sürdürülebilirlik performanslarının sıralanmasında (Aras vd., 2018) ve lojistik performans endeksine yönelik ülke sıralamalarında (Çıray vd., 2024) ENTROPİ-ORESTE kombinasyonunun uygulanması sonucunda ampirik olarak doğrulanmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın temel amacı, 2021-2024 yılları arasında BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların iklim değişikliği ekseninde döngüsel ekonomi performanslarının ölçülmesidir. CCPI ile döngüsel ekonomi ilkeleri temel alınarak oluşturulan göstergeler aracılığıyla sözü edilen kuruluşların dönemler arasında karşılaştırmalı olarak performanslarının ölçümü literatüre katkı sağlarken, çalışmanın özgün olmasını da sağlamaktadır.

Bu teorik çerçeveden hareketle çalışma, aşağıdaki araştırma soruları çevresinde yapılandırılmıştır:

Araştırma Sorusu 1: BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların, iklim değişikliği eksenindeki döngüsel ekonomi performansları 2021-2024 döneminde nasıl bir eğilim göstermiştir?

Araştırma Sorusu 2: ENTROPİ yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları, dönemler arasında anlamlı bir farklılaşma göstermekte midir?

Araştırma Sorusu 3: Anlam verme teorisi, dinamik yetenek teorisi ve sinyal teorisi çerçevesinde, raporlama kalitesi yüksek kuruluşların ORESTE skoru bakımından diğer kuruluşlara kıyasla daha üst sıralarda yer alıp almadığı ampirik olarak doğrulanabilir mi?

Bu araştırma soruları, çalışmanın analitik derinliğini artırmakta ve bulguların teorik bir altyapı içerisinde yorumlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Bu bağlamda, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen 11 kuruluşun 2021-2024 yılları arasında yayınlanan kurumsal raporları (sürdürülebilirlik/entegre/faaliyet raporları) çalışma kapsamına alınmış, ilgili şirketlerin BİST kodları kullanılmıştır. Çalışmanın tüm yenilenebilir enerji kuruluşlarını içermemesi, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'ne odaklanması ve ilgili kuruluşların sürdürülebilirlik uygulamalarının raporlanmasına yönelik yetenekleriyle ilişkili olması araştırmanın kısıtları arasındadır.

Tablo 1. Araştırma Kapsamına Alınan Yenilenebilir Enerji Sektöründeki Kuruluşlar

Yenilenebilir Enerji Sektöründe Listelenen Kuruluşlar	Kuruluşların Kısa Adları
Akenerji Elektrik Üretim A.Ş.	AKENERJİ
Akfen Yenilenebilir Enerji A.Ş.	AKFEN
Aydem Yenilenebilir Enerji A.Ş.	AYDEM
Biotrend Çevre ve Enerji Yatırımları A.Ş.	BIOTREND
Enerjisa Enerji A.Ş.	ENERJISA
Galata Wind Enerji A.Ş.	GALATA WIND
Hun Yenilenebilir Enerji Üretim A.Ş.	HUN
Kartal Yenilenebilir Enerji Üretim A.Ş.	KARTAL
Naturel Yenilenebilir Enerji Ticaret A.Ş.	NATUREL
Pamel Yenilenebilir Elektrik Üretim A.Ş.	PAMEL
Zorlu Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	ZORLU

Tablo 1'de 2021-2024 yılları arasındaki dönem süresince sözü edilen kurumsal raporları yayınlayan ve BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşlara yer verilmiştir.

Çalışma kapsamında, sürdürülebilirlik raporu, entegre rapor ve faaliyet raporu gibi yapısal açıdan birbirinden farklı belge türleri tek bir havuzda değerlendirilmektedir. Bu raporların kapsam, ayrıntı düzeyi ve hedef kitlesi bakımından önemli ölçüde farklılaştığı bilinmekle birlikte; yüksek cümle sayısı, kuruluşun gerçek performansının yanı sıra, tercih ettiği rapor formatının yapısal özelliklerini de yansıtabilmektedir. Çalışmada bu heterojenliği kontrol etmek amacıyla; rapor türü, analizde sabit tutulan bağlamsal bir özellik olarak değerlendirilmiş ve her kuruluşun ilgili yılda yayımladığı mevcut kurumsal raporu (türü ne olursa olsun) esas alınarak dönemler arası karşılaştırılabilirliğin sağlanmasına özen gösterilmiştir. Benzer şekilde; Altuntaş ve Türker (2012) tarafından, sürdürülebilirlik raporlarının içerik analizinin yapıldığı çalışmada, 2008-2009 döneminde ISO listesinde ilk 150 içerisinde yer alan 10 kuruluşun kurumsal sosyal sorumluluk, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma raporlarından hareketle içerik yüzdeleri (kelime sayısının, rapordaki toplam kelime sayısına bölünmesi sonucunda) hesaplanmıştır. Hüseyin ve Çetin (2024) tarafından yapılan çalışmada, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde listelenen mevduat, kalkınma ve yatırım bankalarının 2020-2022 yılları arasındaki faaliyetleri analiz edilmiştir. Sözü edilen kuruluşların paydaşlarla sürdürülebilirlik bilgilerinin paylaşılması amacıyla, sürdürülebilirlik raporlarının, yıllık raporların ve bunların yanı sıra hem finansal hem de finansal olmayan bilgileri içeren entegre raporların kullanıldığı belirtilmiştir. Kazan ve Kocamış (2026) tarafından, BİST'te listelenen enerji şirketlerinin sürdürülebilirlik, entegre ve yıllık raporları üzerinde nitel bir içerik analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, her ne kadar farklı rapor türleri kullanılmış olsa da bu rapor türlerinin söylemsel yoğunluğu üzerindeki muhtemel etkisinin tam anlamıyla giderilemediği bir sınırlılık olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, gelecek araştırmalarda eşdeğer rapor türlerinin (örneğin, sadece sürdürülebilirlik raporları) karşılaştırılmasına veya rapor türünün, kontrol değişkeni olarak modele dahil edilmesine yönelik yaklaşımların benimsenmesi önerilmektedir.

4.2. Veri Kaynakları ve Performans Kriterleri

Çalışmada kullanılan Döngüsel Ekonomi Performans Kriterleri, Sürmen & Ece Çokmutlu (2022), tarafından yapılan çalışmada belirlenen göstergelerden oluşmaktadır. Gösterge seti, Sürmen ve Çokmutlu (2022) tarafından, döngüsel ekonomi literatüründe Shuaib ve diğerleri (2014), Elia ve diğerleri (2016), Banaité ve Tamošiūnienė (2016), Azevedo ve diğerleri (2017) ile Küresel Raporlama Girişimi GRI-G4 (Global Reporting Initiative G4) kılavuzunun incelenmesi sonucunda belirlenmiştir. CCPI ise Altıntaş (2021) tarafından yapılan çalışmada belirlenen göstergelerden oluşmaktadır.

Tablo 2. Araştırma Kapsamında Kullanılan Performans Kriterleri

Döngüsel Ekonomi Performans Kriterleri	İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI)
Emisyon ve azaltım açıklamaları	Sera gazı emisyonları
Ürün/malzeme kullanımı ve verimliliği	Yenilenebilir enerji
Enerji kullanımı ve verimliliği	Enerji kullanımı
Su kullanımı ve verimliliği	İklim politikası
Atık yönetimi ve geri dönüşüm	

Kaynak: Altıntaş (2021) ve Sürmen & Ece Çokmutlu (2022)’den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2’de yer alan, ülkelerin iklim değişikliği performanslarını ölçen CCPI ile döngüsel ekonomi performans kriterleri bütünleştirilerek, Türkiye’de BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların analizinde kullanılmıştır. Esasen ülke düzeyinde tasarlanmış bir endeks olarak CCPI’nin, “sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji ve enerji kullanımı” kriterlerinin firma düzeyine uyarlanması kavramsal bakımdan mümkündür. Çünkü, bu göstergeler kuruluşların kurumsal raporlarında standart olarak yer alan ve doğrudan kuruluşların faaliyetleriyle ilişkilendirilebilen ölçütlerdir. Bununla birlikte, “iklim politikası” kriteri ülke düzeyinde politika geliştirme süreçlerini esas almaktadır ve bu bakımdan, bu kriterin firma düzeyine uyarlanması kavramsal açıdan gerilim yaratmaktadır. Sözü edilen bu gerilim, “iklim politikası” kriterinin, ulusal iklim politikalarının yerine; kuruluşların emisyon azaltım hedeflerinin, iklim politikası taahhütlerinin, kurumsal iklim yönetim mekanizmalarının ve iklim riski yönetim çerçevelerinin yansıtılmasına yönelik yeniden kavramsallaştırılarak giderilmiştir. Kavramsal açıdan yapılan yeni çerçevenin çalışmaya yönelik bir sınırlılık oluşturduğu kabul edilmekle birlikte; gelecek araştırmalarda “iklim politikası” kriterinin firma düzeyindeki karşılığını net olarak fonksiyonel hale getirecek gösterge setlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Tablo 3. Araştırma Kapsamında Kullanılan Performans Kriterleri ve Kodları

Kriterler	Su Tüketimi ve Verimliliği	Sera gazı Emisyonu ve Azaltımı	Atık Yönetimi ve Azaltımı	İklim Politikası	Enerji Kullanımı ve Verimliliği	Yenilenebilir Enerji	Malzeme, Ürün ve Hizmet Verimliliği
Kriter Kodu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7

Tablo 3’te, çalışmanın gösterge setine ve çalışma içerisinde kullanılan kısa kodlarına yer verilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında, sözü edilen yedi kriter, kısa kodları ile gösterilecektir.

4.3. İçerik Analizi Süreci

Kuruluşların sosyal ve çevresel açıklamalarının değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan araştırma yöntemi içerik analizidir. İçerik analizi, bir yazının metnini (veya içeriğini) seçilen kriterlere bağlı olarak çeşitli gruplara (veya kategorilere) kodlama yöntemidir (Weber, 1988, akt. Milne & Adler, 1999). Nitel analiz yöntemlerinden olan içerik analizi yardımıyla makale, kitap, kitapta bölüm, rapor, mülakat, tartışmalar, gazete başlıkları, tarihi belgeler, konuşmalar, reklam gibi dokümanlar içerisinde araştırma yoluyla bir çıkarımda bulunulması mümkündür (Ng, 1985, akt. Aras vd., 2016; Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022; Hackston & Milne 1996; Milne & Adler 1999). Son yıllarda kurumsal raporların incelenmesi amacıyla sıklıkla kullanılan içerik analizi, incelenen doküman içerisindeki kelimelerin ve anlamların mevcut olup olmadığının araştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Sözü edilen raporlarda yer alan bir kelime, bir kavram ya da bir cümleden oluşan finansal olmayan bilgilerin metindeki sayfa sayısı, açıklama miktarı, kelime sayısı veya cümle sayısının nicel veriler haline getirilmesi sonucunda, karşılaştırmalar yapılarak çıkarımda bulunulmasına uygun hale getirilmektedir (Ng, 1985, akt. Aras vd., 2016; Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022; Hackston & Milne 1996; Milne & Adler 1999).

Bir konuya ilişkin yeni içgörüler sağlayan bir araştırma tekniği olarak içerik analizi, araştırmacının belirli olgular hakkındaki anlayışını artırmakla birlikte uygulamalara yönelik bilgiler de vermektedir. Sözü edilen bu bilgiler, açıklamaların miktarı, sayfa sayısı, kelime sayısı ve cümle sayısı (Hackston ve Milne 1996) ile ölçülebilmektedir (Aras vd., 2017). Hackston ve Milne (1996) bir ölçü birimi olarak cümlelerin kullanımını savunmuştur. Ayrıca, basit bir “evet/hayır” yaklaşımında, tek bir çevresel açıklama yapan bir kuruluşla, 50 adet çevresel açıklama yapan bir kuruluşun eşdeğer tutulması anlamına geleceği ve bu durumun oldukça yanıltıcı olabileceği savunulmuştur (Hackston & Milne, 1996; Milne & Adler 1999). Ayrıca, kodlama ve ölçüm için cümlelerin kullanılmasının, diğer

analiz birimlerinden daha güvenilir olduğu da savunulmaktadır (Milne & Adler, 1999; Aras vd., 2017). Diğer yandan Clarkson ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmada, metin analizinin kullanıldığı Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS) literatürüyle tutarlı olarak, KSS performansı ile kelime ve cümle sayısı yoluyla ölçülen açıklama düzeyleri arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle, raporlama yapan kuruluşlarda yaygın olarak kullanılan kelime sayısı ile cümle sayısının, tek başına, KSS performansını tahmin etmek için %81 doğrulukla kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, KSS performansı ile en çok ilişkili olan ilk 50 dilsel özelliğin tahmin modeline eklenmesi sonucunda, tahmin doğruluğunun %96'ya yükseldiği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, açıklama düzeyi dışındaki dilsel özelliklerin, kuruluşların gerçek KSS performans türünün ortaya çıkarılmasında önemli olduğu ortaya konulmuştur.

Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşların, finansal olmayan (döngüsel ekonomi ile CCPI kriterlerine yönelik) açıklamaları, içerik analizi yöntemiyle nicel veriler haline getirilmiştir. İçerik analizinin tercih edildiği çalışmalardan; Gray ve diğerleri (1995), Hackston ve Milne (1996), Milne ve Adler (1999), Zulkifli ve Amran (2006), Sobhani ve diğerleri (2009), Sobhani ve diğerleri (2012), Aras ve diğerleri (2018) tarafından, tek bir kelimenin kendi başına bir anlamının olmadığı kabul edilerek, açıklanan bilgilerin kapsamı cümle sayısı ile ölçülmüştür. Hackston ve Milne (1996), Milne ve Adler (1999) ile Sobhani ve diğerleri (2012), bir ölçüm birimi olarak cümlelerin, kelimelere nazaran daha güvenilir ölçümler sağlamanın mümkün olduğunu savunmuşlardır. Düzer ve Önce (2017), Boulhaga vd. (2022), Ece Çokmutlu (2023) ile Aracı ve Yüksel (2016) tarafından skorlama tekniği kullanılırken; Susanto ve Meiryani (2019) tarafından anket yöntemi kullanılmıştır.

Cümle sayılarının performans göstergesi olarak kullanımı, KSS ve sürdürülebilirlik raporlaması ile ilgili araştırmalarda çok eski zamanlardan itibaren kullanılmaktadır (Hackston & Milne, 1996; Milne & Adler, 1999). Bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni, söylemsel yoğunluğun, kuruluşlar tarafından ilgili konulara verilen stratejik önemi gösterdiği ve kurumsal raporlarda, çeşitli kriterlere ayrılan alanların, o alandaki faaliyet seviyesini göreceli olarak temsil ettiği varsayımına dayanmasıdır. Literatürde, cümle yoğunluğuna dayanan ölçümler gerçek operasyonel başarıyı yansıtsa da kurumsal iletişim stratejisini ya da raporlama iştahını yansıtabileceği de tartışılmaktadır (Clarkson vd., 2020). Clarkson ve diğerleri (2020) tarafından, kelime ve cümle sayısının KSS performansını belirli ölçüde tahmin edebilmesinin yanı sıra, dilsel özelliklerin bütünüyle değerlendirilmesi sonucunda performansa yönelik tahmin gücünün önemli ölçüde arttığı da ortaya konulmuştur. Salt söylem yoğunluğuna dayanan ölçümlerin sınırlılıklarına işaret ettiği için bu bulgular önem taşımaktadır. Al-Shaer ve Hussainey (2022) de benzer şekilde, sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde kurumsal raporlarda yer alan bilginin miktarından çok niteliğinin belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle, raporlarda yer alan açıklama sayıları doğrudan mutlak bir performans göstergesi olarak değerlendirilmemelidir. Bu çalışmada cümle sayılarının tercih edilmesinin nedeni, yöntemin ölçüm kolaylığı sağlaması ve kuruluşlar arasında standart bir karşılaştırma yapılmasına olanak tanınmasıyla açıklanmaktadır. Raporlardan sağlanan cümle sayıları, döngüsel ekonomi kriterlerine yönelik raporlama yoğunluğunun göreceli bir göstergesi olarak ele alınmıştır. Bu nedenle sözü edilen ölçüm, kuruluşların raporlarında ilgili konulara verdikleri göreceli ağırlığı karşılaştırmalı olarak yansıtmaktadır; ancak tek başına gerçek operasyonel performansı göstermemektedir. Bu nedenle, tercih edilen yaklaşımın yöntemsel bir sınırlılık oluşturduğu kabul edilmekte ve gelecek araştırmalarda söylemsel içerik analizinin nicel ve nitel boyutlarının birlikte ele alındığı karma yöntemlerin kullanılması önerilmektedir.

4.4. ENTROPİ Yöntemi

1865 yılında, Rudolph Clausius tarafından termodinamik alanında tanımlanan ENTROPİ kavramı, Shannon (1948) tarafından bilgi teorisi ile bir araya getirilerek (Acer & Kalender, 2020) “İletişimin Matematiksel Teorisi” adlı makalesinde ortaya atılmıştır. Daha sonra mühendislik ve yönetim gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan ENTROPİ (Wu vd., 2011), “bilginin içerisindeki belirsizliğin hesaplanması” şeklinde tanımlanmaktadır (Abdullah ve Otheman, 2013; Acer & Kalender, 2020).

Wang ve Lee (2009) tarafından ağırlıklandırma yöntemi olarak kullanımı önerilen (Ece Çokmutlu, 2023) ENTROPİ yöntemi, çeşitli karar verme süreçlerinde karşılaşılan farklı ölçme veya değerlendirme düzeylerinde uygulanabilen bir ölçektir (Lotfi & Fallahnejad, 2010; Wu vd., 2011; Beller Dikmen, 2023). ENTROPİ yöntemi,

karar vericilerin kişisel katkılarını (ikili karşılaştırma, eşik değeri, vb.) içermeyen objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olarak üstünlüğe sahiptir (Shannon, 1948; Acer & Kalender, 2020). Karar probleminin alternatiflerine ilişkin kriterlerin bilgi entropisi, karar matrisinde yer alan nicel bilgilerden yola çıkılarak hesaplanmaktadır (Zhou vd., 2019). ENTROPİ yönteminin ana düşüncesi, mevcut bilginin, karar matrisindeki zıtlıklardan var olmasıdır. Niteliklerin ağırlıkları, alternatiflerin kriterler bakımından ortaya koyduğu çıktıların farklılıklarını belirleyen unsurlardır (Aksakal & Çalışkan, 2023).

Çalışmada, ENTROPİ yöntemi ile ağırlıklandırma sürecinde aşağıdaki adımlar sırası ile takip edilmiştir (Shannon, 1948; Acer & Kalender, 2020; Ateş & Topal, 2021; Beller Dikmen, 2023; Korga & Dirik, 2023):

1. Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar problemine ilişkin alternatif değerinin i , kriter değerinin j , alternatif sayısının m , kriter sayısının n ile temsil edildiği Denklem (1)'de; i alternatifinin j kriterine göre aldığı değer x_{ij} ile ifade edilmektedir.

$$D = x_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. Adım: Standart Karar Matrisinin Oluşturulması: Birbirinden farklı endeks boyutlarının birlikte kullanılabilmesi için karar matrisindeki endekslerin standartlaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, fayda endeksli kriterler Denklem (2) ile maliyet endeksli kriterler ise Denklem (3) ile standardize edilmektedir. Matriste, r_{ij} sembolü, normalize edilmiş i alternatifinin j kriterini ifade etmektedir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_{ij}}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_{ij}}{x_{ij}}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

3. Adım: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması: Farklı ölçü birimlerinden oluşan aykırı değerlerin ortadan kaldırılması amacıyla karar değişkenleri Denklem (4) yardımıyla normalize edilmektedir. f_{ij} sembolü, normalize edilmiş değerleri ifade etmektedir.

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

4. Adım: ENTROPİ Değerlerinin Hesaplanması: Hesaplanan f_{ij} değerlerinin Denklem (5)'te kullanılması sonucunda, tüm kriterlere ait ENTROPİ (e_{ij}) değerleri hesaplanmaktadır. Denklemde yer alan k değeri bir katsayıdır ve $0 \leq e_j \leq 1$ olmasını garanti etmektedir.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln(f_{ij}), \quad k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (5)$$

5. Adım: Kriterlerin (Bilginin) Farklılaşma Derecelerinin Hesaplanması: Denklem (6) yardımıyla kriterlerin farklılaşma dereceleri (d_j) hesaplanmaktadır. Her bir kriterin zıt yoğunluğunu temsil eden d_j değerlerinin yüksek olması, kriterlere ilişkin alternatifler arasındaki farklılaşmanın veya uzaklığın fazla olduğunu yansıtmaktadır.

$$d_j = 1 - e_j, \quad 1 - e_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

6. Adım: Kriter Ağırlıklarının (ENTROPİ Olasılık Değerinin) Hesaplanması: Belirlenen tüm kriterlerin beklenen en iyi ağırlık (ENTROPİ olasılık) değerleri (w_j), Denklem (7) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (7)$$

ENTROPİ olasılık değerlerinin toplamı daima 1'e eşittir (Denklem 8).

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = I, \quad \sum_{j=1}^n w_j = I \quad (8)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda ENTROPİ yöntemi yardımıyla belirlenen w_j değerleri, alternatiflerin sıralanması amacıyla ORESTE yönteminde kriter ağırlıkları olarak kullanılmaktadır.

4.5. ORESTE Yöntemi

ORESTE yöntemi, Roubens (1979) tarafından kriter ağırlıklarının ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilmiştir (Jafari, 2013; Pastijn & Leysen, 1989; Xingli & Huchang, 2018; Er & Yıldız, 2018). Kriterlerin kesin ağırlıklarını belirlemenin olanaksız ya da zor olduğu ÇKKV problemlerinin çözümünde, güvenilir bir alternatifi seçmeyi kolaylaştıran ORESTE yönteminden faydalanılmaktadır (Xingli & Huchang, 2018). Bu yönüyle, karar vericilerin karar verme sürecini hızlandırması, yöntemin temel faydası olarak öne çıkmaktadır. Alternatiflerin ve kriterlerin sıralamasına odaklanan ORESTE yöntemi, niteliksel, niceliksel veya karma veri türlerine uygulanabilmektedir (Chatterjee & Chakraborty, 2012; Er & Yıldız, 2018). Yöntemin temel avantajı, karar verme sürecinin hızlandırılması amacıyla karar vericiler tarafından kriter ağırlıklarının belirlenmesini gerektirmemesidir (Chatterjee & Chakraborty, 2012; Tuş Işık, 2016).

Kriter ağırlıklarının ve kesin sayısal değerlerin bulunmadığı durumlarda, çelişkili alternatiflere sahip kararların desteklenmesine yönelik uygulanan bir yöntem olarak ORESTE, alternatif çiftlerinin değerlendirilmesine dayanan sıralama yöntemidir (Chatterjee & Chakraborty, 2012; Pastijn & Leysen, 1989). Karşılaştırılmazlığa dayanarak, karar problemi alternatiflerinin tam ya da kısmi sıralamasını vermektedir (Dinçer, 2011; Chatterjee & Chakraborty, 2012; Tuş Işık, 2016). Değerlendirmelerin gösterilmesi için Besson-sıra değerleri kullanılmaktadır (Xingli & Huchang, 2018; Ozdemir vd., 2026).

Karar verme problemlerinin ORESTE yöntemiyle çözümünde yararlanılan iki ayrı aşama bulunmaktadır (Ana, 2009; Eroğlu vd., 2014):

1. Kriterlerin sırası ile kriterlerin bağlı olduğu alternatiflerin sıralamasına dayanarak alternatiflerin global tam ön sıralamasının oluşturulması (ORESTE I)
2. Çelişki ve kayıtsızlık analizlerinin sonrasında, alternatiflere yönelik kısmi ön sıralamanın oluşturulması (ORESTE II).

ORESTE I yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Pastijn ve Leysen, 1989; Pastijn ve Leysen, 2003; Tuş Işık, 2016; Arslan, 2018; Eroğlu vd., 2014):

1. Adım: Karar Probleminin Tespit Edilmesi: Karar vericiler olarak kabul edilen kriterlerin ve alternatiflerin belirlendiği aşamadır. Örneğin; 3 alternatiften ($a = a_1, a_2, a_3$) ve 4 kriterden ($C = C_1, C_2, C_3, C_4$) oluşan bir karar problemi A ve C kümelerinden oluşmaktadır.

2. Adım: Görelî Önemlerine Göre Ön Sıralama Yapısının Belirlenmesi: Karar verici kriterlerin ve kriterlere göre alternatiflerin sıralandığı aşamadır. Kriterlerin görelî önemlerinin belirlenmesi amacıyla, “tam ön sıralama” şeklinde tanımlanan tercih yapısı aşağıdaki gibi belirlendiğinde;

$$C_1 P C_2 I C_3 P C_4$$

Kriterler arasındaki ilişki ($S = I$ ya da P) tam ve geçişlidir. Simetrik bir ilişkiyi ifade eden I (farksızlık), bir kriter ile diğer kriter arasında fark bulunmamasını; asimetrik bir ilişkiyi ifade eden P (tercih) ise bir kriterin diğer kriterlere tercih edilmesini göstermektedir (Eroğlu vd., 2014). Yukarıda verilen kriterlerin ön sıralamasında; en önemli ve en tercih edilen kriterin C_1 , en az önemli kriterin ise C_4 olduğu görülmektedir. C_2 ve C_3 ise birbirlerine üstünlükleri olmayan (birbirinden farksız olan) kriterlerdir (Chatterjee & Chakraborty, 2012; Tuş Işık, 2016).

4 kriterden ve 3 alternatiftan oluşan karar problemi için; alternatifler arasındaki ilişkiler ve alternatiflerin ön sıralaması aşağıdaki gibi belirlendiğinde;

$$C_1: a_2 P a_3 P a_1$$

$$C_2: a_1 P a_2 I a_3$$

$$C_3: a_1 I a_2 I a_3$$

$$C_4: a_3 I a_1 P a_2$$

Yukarıda verilen alternatiflerin ön sıralamasında; C_1 kriterinin alternatiflerinin arasındaki ilişkiye göre, en yüksek öneme sahip kriterden en az öneme sahip olana doğru a_2, a_3, a_1 şeklinde sıralanmıştır. Kriter C_2 'nin; a_1 alternatifinin a_2 alternatifinden üstün olduğu, a_2 ile a_3 'ün ise eşit önemde olduğu şeklinde ifade edilmektedir.

3. Adım: Kriterlerin Besson-Sıra Değerlerinin Belirlenmesi: M. Besson tarafından uygulanan sıralama sonuçları hesaplanmaktadır. Sıralamada aynı değerlere sahip olan kriterlerin ve alternatiflerin bulunması halinde, Besson-sıra değerinin atanması için aritmetik ortalama hesaplanmaktadır. Örneğin; 1. sırada yer alan kriter ile 2. sırada yer alan kriter aynı öneme (kriterler arasında simetrik ilişki bulunuyorsa) sahip ise ($C_1 I C_2$); Besson-sıra değerleri “ $(1+2) / 2 = 1,5$ ” şeklinde hesaplanmaktadır. Bu bağlamda; sözü edilen her iki kriter için Besson-sıra değeri “1,5” olmaktadır.

Kriterlere ait Besson-sıra değerleri rC_i şeklinde, C_i kriterine göre değerlendirilen a_j alternatifinin Besson-sıra değeri ise $rC_i(a_j)$ şeklinde ifade edilmektedir. 2. adımda örnek olarak verilen “tam ön sıralaması” yapılan kriterler ($C_1 P C_2 I C_3 P C_4$) için hesaplanan Besson-sıra değerleri;

$$rC_1 = 1 \quad rC_2 = 2,5 \quad rC_3 = 2,5 \quad rC_4 = 4$$

şeklinde gösterilmektedir.

Aynı örnekte, ön sıralaması verilen 4 kriterden ve 3 alternatiften oluşan karar problemi için hesaplanan Besson-sıra değerleri;

$$\begin{array}{ccc} rC_1(a_1) = 1 & rC_1(a_2) = 2 & rC_1(a_3) = 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ rC_4(a_3) = 1,5 & rC_4(a_1) = 1,5 & rC_4(a_2) = 3 \end{array}$$

şeklinde gösterilmektedir.

4. Adım: Alternatiflerin Projeksiyon Uzaklıklarının Belirlenmesi: Önceki adımda hesaplanan Besson-sıra değerlerine göre problemin karar yapısı dikkate alınarak R değeri belirlenir. Pastijn ve Leysen (1989); ORESTE uygulamasında, belirlenen R değerine göre farklılık gösteren projeksiyon uzaklığı hesaplama yöntemini önermişlerdir.

Bu adımda belirlenen R değeri ($R \in R_0$);

R = 1 olması durumunda; ağırlıklı aritmetik ortalamaya göre sıralama (average rank),

R = (-1) olması durumunda; harmonik ortalamaya göre sıralama (harmonic rank),

R = 2 olması durumunda; ikinci dereceden ortalamaya göre sıralama (kuadratik rank) kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın temel veri setinden yola çıkılarak, güvenilir sonuçlar elde edilmesi açısından daha uygun olacağı gerekçesiyle, hesaplamada ortalama sıra yönteminden yararlanılmıştır (R=1). R değeri yardımıyla alternatiflerin projeksiyon uzaklıkları Denklem (9) yardımıyla tespit edilmiştir (Pastijn & Leysen, 1989; Arslan, 2018).

$$DR_i(a_j) = \left[\frac{1}{2} r(C_i)^R + \frac{1}{2} rC_i(a_j)^R \right]^{\frac{1}{R}} \quad (9)$$

2. adımda ve 3. adımda verilen örnek problemde her kriter ve alternatif için projeksiyon uzaklıkları; örneğin, C_1 kriterinin a_1 alternatifi için $rC_1 = 1$ ve $rC_1(a_1) = 1$ parametreleri kullanılarak;

$$D_1(a_1) = \frac{1}{2} (1+1) = 1$$

şeklinde gösterilmektedir.

5. Adım: *Alternatiflerin Global ve Ortalama Sıralamasının Belirlenmesi*: Önceki adımda belirlenen uzaklık değerlerine göre alternatifler sıralandıktan sonra, matristeki tüm değerlere yeni Besson-sıra değeri atanarak yeni bir sıralama yapılmaktadır. Kriterler arasındaki tercih yapısını yansıtan alternatifler kümesi (a) üzerindeki global sıralamanın (global dizilimin) bulunması amacıyla, her alternatife ait her bir kriter için en son belirlenen sıra değerleri toplanmaktadır. Global sıra değerlerinin her bir alternatif için toplanması sonucunda, ortalama sıra değeri hesaplanmaktadır. Ortalama sıra değerleri;

$$r(a_j) = \sum_{i=1}^m r_i(a_j) \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Buradaki $r_i(a_j)$ her bir kriter için a_j alternatifine atanan yeni sıra değerini; $r(a_j)$ ise a alternatifinin tüm kriterlere atanan yeni sıra değerlerinin toplamını göstermektedir.

4.6. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, karar vericiler tarafından önerilen metodolojinin geliştirilmesine, doğrulanmasına ve iyileştirilmesine yönelik olarak gerçekleştirilen ve tahmin edilen sonuçların sağlamlığını belirlemeye olanak sağlayan testlerdir (Dwivedi vd., 2023; Ece Çokmutlu, 2023).

Duyarlılık analizinde, seçilen kriterlerin ağırlıkların değiştirilmesi sonucunda alternatiflere ilişkin sıralamaların çok fazla değişkenlik göstermemesi, modelin kararlı olduğuna işaret ederken; sıralamanın değişmesine neden olması ise modelin ağırlık değişimlerine karşı duyarlı olduğunu göstermektedir (Biswas vd., 2019; Korga & Dirik, 2023). Bu nedenle, ÇKKV modelinin kararlılığının sağlanması için model tarafından belirlenen sıralamanın, duyarlılık analizinden sonra da büyük ölçüde etkilenmemesi istenmektedir (Biswas vd., 2019). ORESTE yönteminde, alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarının belirlenmesi aşamasında kullanılan R parametresine ilişkin farklı sıralama yöntemlerinden ($R = 1$, $R = (-1)$ ve $R = 2$) yola çıkılarak denklem (9) yardımıyla alternatiflerin kararlılık dereceleri test edilebilmektedir (Pastijn & Leysen, 1989).

5. BULGULAR

Bu başlıkta; verilerin toplanmasında yararlanılan içerik analizine, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan ENTROPİ yöntemine, alternatiflerin sıralanmasında kullanılan ORESTE yöntemine ve modelin sağlamlığının test edilmesi amacıyla uygulanan duyarlılık analizine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

5.1. İçerik Analizine İlişkin Bulgular

BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşlara ilişkin verilerin toplanması sürecinde içerik analizinden yararlanılmıştır.

BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen 11 kuruluşun 2021 yılına ilişkin raporlarının içerik analizi yöntemiyle incelenmesi sonucunda Tablo 4'te yer alan açıklama sayılarına ulaşılmıştır.

Tablo 4. 2021 Yılına İlişkin İçerik Analizi Sonuçları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	3	37	43	15	31	27	9
AKFEN	24	28	101	34	15	153	16
AYDEM	7	14	34	37	158	109	17
BIOTREND	2	9	70	3	104	17	1
ENERJISA	62	128	83	45	74	60	19
GALATA W.	1	27	2	15	11	34	26
HUN	1	1	1	2	11	36	6
KARTAL	4	6	2	4	99	22	8
NATUREL	1	1	1	1	178	44	2
PAMEL	12	4	3	3	13	12	9
ZORLU	34	16	62	36	111	23	26

Buna göre; “ENERJISA” toplam açıklama sayısı bakımından ilk sırada (471), “PAMEL” son sırada (56) yer almaktadır. Performans göstergelerinden, toplam açıklama sayısı bakımından “Enerji Kullanımı ve Verimliliği” kriteri (805) ilk sırada; “Malzeme, Ürün ve Hizmet Verimliliği” kriteri (139) son sırada yer almaktadır.

Tablo 5. 2022 Yılına İlişkin İçerik Analizi Sonuçları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	24	102	72	56	30	52	10
AKFEN	9	32	105	34	18	108	10
AYDEM	11	18	31	61	271	150	24
BIOTREND	9	37	141	28	23	43	11
ENERJİSA	30	171	115	94	115	104	86
GALATA W.	44	73	57	58	44	283	58
HUN	4	1	1	1	92	30	7
KARTAL	3	8	2	1	65	34	7
NATUREL	1	13	1	2	160	49	4
PAMEL	3	4	4	5	12	19	8
ZORLU	30	38	80	35	105	26	27

Yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşların 2022 yılına ilişkin içerik analizi sonuçları Tablo 5’te yer almaktadır. Tablo 5’e göre; kuruluşların 2022 yılına ilişkin açıklama sayıları bakımından yapılan sıralamasında toplam açıklama sayısı bakımından “ENERJİSA” ilk sırada (715); “PAMEL” ise son sırada (55) yer almaktadır. Performans göstergeleri bakımından toplam açıklama sayısı en fazla (935) olan “Enerji Kullanımı ve Verimliliği” kriteri iken, “Su Tüketimi ve Verimliliği” açıklama sayısı (168) bakımından son sırada yer alan kriterdir.

Tablo 6. 2023 Yılına İlişkin İçerik Analizi Sonuçları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	29	125	83	25	25	43	42
AKFEN	11	40	65	19	33	53	30
AYDEM	15	89	78	88	305	94	68
BIOTREND	9	73	126	24	23	28	51
ENERJİSA	65	271	179	119	165	122	114
GALATA W.	14	150	93	55	28	121	25
HUN	4	1	1	1	97	26	7
KARTAL	3	8	2	1	102	38	6
NATUREL	18	43	51	65	55	75	41
PAMEL	5	4	1	1	24	15	8
ZORLU	56	58	101	49	151	54	45

Yenilenebilir enerji kuruluşlarının 2023 yılına ilişkin içerik analizi sonuçları Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6’ya göre; kuruluşların 2023 yılına ilişkin açıklama sayıları bakımından yapılan sıralamasında toplam açıklama sayısı bakımından “ENERJİSA” ilk sırada (1035); “PAMEL” son sırada (58) yer almaktadır. Performans göstergelerinden, toplam açıklama sayısı bakımından “Enerji Kullanımı ve Verimliliği” kriteri (1008) ilk sırada, “Su Tüketimi ve Verimliliği” kriteri (229) son sırada yer almaktadır.

Tablo 7. 2024 Yılına İlişkin İçerik Analizi Sonuçları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	29	92	84	29	160	72	43
AKFEN	6	6	3	2	8	7	1
AYDEM	26	49	57	104	77	202	104
BIOTREND	7	115	268	10	40	16	33
ENERJİSA	3	13	2	1	68	6	8
GALATA W.	79	67	88	39	221	72	22
HUN	5	4	2	1	15	4	3
KARTAL	4	2	2	1	9	2	3
NATUREL	4	6	2	1	11	4	4
PAMEL	4	2	2	1	9	2	2
ZORLU	11	26	171	59	399	42	74

Yenilenebilir enerji kuruluşlarının 2024 yılına ilişkin içerik analizi sonuçları Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7’ye göre; kuruluşların 2024 yılına ilişkin açıklama sayıları bakımından yapılan sıralamasında toplam açıklama sayısı bakımından “ZORLU” ilk sırada (782); “PAMEL” son sırada (22) yer almaktadır. Performans göstergelerinden, toplam açıklama sayısı bakımından “Enerji Kullanımı ve Verimliliği” kriteri (1017) ilk sırada, “Su Tüketimi ve Verimliliği” kriteri (178) son sırada yer almaktadır.

5.2. ENTROPİ Analizine İlişkin Bulgular

Karar probleminin 2021 yılına ilişkin normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. 2021 Yılı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	0,0199	0,1365	0,1070	0,0769	0,0385	0,0503	0,0647
AKFEN	0,1589	0,1033	0,2512	0,1744	0,0186	0,2849	0,1151
AYDEM	0,0464	0,0517	0,0846	0,1897	0,1963	0,2030	0,1223
BIOTREND	0,0132	0,0332	0,1741	0,0154	0,1292	0,0317	0,0072
ENERJİSA	0,4106	0,4723	0,2065	0,2308	0,0919	0,1117	0,1367
GALATA W.	0,0066	0,0996	0,0050	0,0769	0,0137	0,0633	0,1871
HUN	0,0066	0,0037	0,0025	0,0103	0,0137	0,0670	0,0432
KARTAL	0,0265	0,0221	0,0050	0,0205	0,1230	0,0410	0,0576
NATUREL	0,0066	0,0037	0,0025	0,0051	0,2211	0,0819	0,0144
PAMEL	0,0795	0,0148	0,0075	0,0154	0,0161	0,0223	0,0647
ZORLU	0,2252	0,0590	0,1542	0,1846	0,1379	0,0428	0,1871

BİST yenilenebilir enerji sektöründe listelenen 11 kuruluş tarafından yayınlanan raporların açıklama sayılarından yola çıkılarak elde edilen 2021 yılının içerik analizi sonuçları (Tablo 4) çalışmanın 11 alternatiften ve 7 kriterden oluşan karar matrisini oluşturmaktadır. 2021 yılına ilişkin karar matrisinde yer alan tüm alternatiflere ilişkin tüm kriterler, Denklem (4) yardımıyla normalize edilmiştir.

Karar probleminin 2022 yılına ilişkin normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 9’da sunulmuştur. 2022 yılına ilişkin karar matrisinde (Tablo 5) yer alan tüm alternatiflere ilişkin tüm kriterler, Denklem (4) yardımıyla normalize edilmiştir.

Tablo 9. 2022 Yılı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	0,1429	0,2052	0,1182	0,1493	0,0321	0,0579	0,0397
AKFEN	0,0536	0,0644	0,1724	0,0907	0,0193	0,1203	0,0397
AYDEM	0,0655	0,0362	0,0509	0,1627	0,2898	0,1670	0,0952
BIOTREND	0,0536	0,0744	0,2315	0,0747	0,0246	0,0479	0,0437
ENERJİSA	0,1786	0,3441	0,1888	0,2507	0,1230	0,1158	0,3413
GALATA W.	0,2619	0,1469	0,0936	0,1547	0,0471	0,3151	0,2302
HUN	0,0238	0,0020	0,0016	0,0027	0,0984	0,0334	0,0278
KARTAL	0,0179	0,0161	0,0033	0,0027	0,0695	0,0379	0,0278
NATUREL	0,0060	0,0262	0,0016	0,0053	0,1711	0,0546	0,0159
PAMEL	0,0179	0,0080	0,0066	0,0133	0,0128	0,0212	0,0317
ZORLU	0,1786	0,0765	0,1314	0,0933	0,1123	0,0290	0,1071

Karar probleminin 2023 yılına ilişkin normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 10’da sunulmuştur. 2023 yılına ilişkin karar matrisinde (Tablo 6) yer alan tüm alternatiflere ilişkin tüm kriterler, Denklem (4) yardımıyla normalize edilmiştir.

Tablo 10. 2023 Yılı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	0,1266	0,1450	0,1064	0,0559	0,0248	0,0643	0,0961
AKFEN	0,0480	0,0464	0,0833	0,0425	0,0327	0,0792	0,0686
AYDEM	0,0655	0,1032	0,1000	0,1969	0,3026	0,1405	0,1556
BIOTREND	0,0393	0,0847	0,1615	0,0537	0,0228	0,0419	0,1167
ENERJİSA	0,2838	0,3144	0,2295	0,2662	0,1637	0,1824	0,2609
GALATA W.	0,0611	0,1740	0,1192	0,1230	0,0278	0,1809	0,0572
HUN	0,0175	0,0012	0,0013	0,0022	0,0962	0,0389	0,0160
KARTAL	0,0131	0,0093	0,0026	0,0022	0,1012	0,0568	0,0137
NATUREL	0,0786	0,0499	0,0654	0,1454	0,0546	0,1121	0,0938
PAMEL	0,0218	0,0046	0,0013	0,0022	0,0238	0,0224	0,0183
ZORLU	0,2445	0,0673	0,1295	0,1096	0,1498	0,0807	0,1030

Karar probleminin 2024 yılına ilişkin normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 11’de sunulmuştur. 2024 yılına ilişkin karar matrisinde (Tablo 7) yer alan tüm alternatiflere ilişkin tüm kriterler, Denklem (4) yardımıyla normalize edilmiştir.

Tablo 11. 2024 Yılı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	0,1629	0,2408	0,1233	0,1169	0,1573	0,1678	0,1448
AKFEN	0,0337	0,0157	0,0044	0,0081	0,0079	0,0163	0,0034
AYDEM	0,1461	0,1283	0,0837	0,4194	0,0757	0,4709	0,3502
BIOTREND	0,0393	0,3010	0,3935	0,0403	0,0393	0,0373	0,1111
ENERJİSA	0,0169	0,0340	0,0029	0,0040	0,0669	0,0140	0,0269
GALATA W.	0,4438	0,1754	0,1292	0,1573	0,2173	0,1678	0,0741
HUN	0,0281	0,0105	0,0029	0,0040	0,0147	0,0093	0,0101
KARTAL	0,0225	0,0052	0,0029	0,0040	0,0088	0,0047	0,0101
NATUREL	0,0225	0,0157	0,0029	0,0040	0,0108	0,0093	0,0135
PAMEL	0,0225	0,0052	0,0029	0,0040	0,0088	0,0047	0,0067
ZORLU	0,0618	0,0681	0,2511	0,2379	0,3923	0,0979	0,2492

Denklem (5) yardımıyla, normalize karar matrisinde yer alan her kriterin alternatiflerine ilişkin değeri kendisiyle çarpılarak, tüm çarpım sonuçları toplandıktan sonra; elde edilen sonucun, hesaplanan “k” katsayısıyla çarpımı ENTROPİ değerini vermektedir.

Denklemde yer alan k katsayısı, $[k = 1/\ln(11)] = 0,4170$ şeklinde hesaplanmıştır. Kriterlerin ENTROPİ değerleri (e_j) elde edildikten sonra denklem (6) yardımıyla kriterlerin (bilginin) farklılaşma derecesi hesaplanmıştır.

Denklem (6)’ya göre; her ENTROPİ değeri 1 sayısından çıkarıldıktan sonra, tüm sonuçlar toplanmaktadır. Birinci kriterin ENTROPİ değeri, elde edilen toplam değere bölünmektedir.

Ardından, ikinci kriterin ENTROPİ değeri toplam sonuca bölünmekte ve bu işlem, bütün kriterlere uygulanmaktadır. Her kriter için belirlenen değer, o kriterin ağırlık (ENTROPİ Olasılık) değeridir.

Denklem (6) yardımıyla, belirlenen en iyi kriter ağırlıkları (w_j), Tablo 12’de sunulmuştur.

Tablo 12. ENTROPİ Yöntemi Aracılığıyla Hesaplanan Kriter Ağırlıkları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Yıllar							
2021	0,2198	0,2067	0,1702	0,1358	0,1043	0,0904	0,0729
2022	0,1338	0,1761	0,1599	0,1455	0,1151	0,1142	0,1553
2023	0,1616	0,1840	0,1455	0,1820	0,1456	0,0684	0,1129
2024	0,1220	0,1165	0,1656	0,1707	0,1317	0,1628	0,1307

Tablo 12’ye göre 2021 yılında “Su Tüketimi ve Verimliliği” (0,2198), 2022 (0,1761) ve 2023 (0,1840) yılında “Sera gazı Emisyonu ve Azaltımı”, 2024 yılında İklim Politikası” (0,1707) kriteri en önemli performans kriterleri olarak görülmektedir.

5.3. ORESTE Analizine İlişkin Bulgular

Çalışmaya konu olan karar probleminin çözümünde ÇKKV yöntemlerinden ORESTE’nin uygulanmasında, kriter ağırlıkları ENTROPİ yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. ORESTE bulguları, Denklem (9) ve Denklem (10) yardımıyla elde edilmiştir.

2021-2024 dönem aralığı için ENTROPİ yöntemi yardımıyla hesaplanan performans kriterlerinin ağırlıklarından yola çıkılarak, kuruluşların ideal çözüme göreli yakınlık skorları belirlenmiştir. Ardından, kriterlere ilişkin hesaplanan Besson-sıra değerleri Tablo 13’te sunulmuştur.

Tablo 13. Kriterlere İlişkin Besson-Sıra (Rank) Değerleri

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Yıllar							
2021	1,5	1,5	3,0	4,0	5,5	5,5	7,0
2022	5,0	1,0	2,5	4,0	6,5	6,5	2,5
2023	3,0	1,5	4,5	1,5	4,5	7,0	6,0
2024	6,5	6,5	1,5	1,5	4,5	3,0	4,5

Denklem (9) yardımıyla hesaplanan, projeksiyon uzaklıklarının hesaplanması aşamasında, “ortalama rank” yöntemi kullanılmıştır (R=1) (Tuş Işık, 2016). Besson-sıra değerlerine göre sıralanan 2021 yılına ilişkin alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarına Tablo 14’te yer verilmiştir.

Tablo 14. 2021 Yılı Projeksiyon Uzaklıkları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler							
AKENERJİ	4,00	2,00	4,00	4,75	6,00	6,50	6,75
AKFEN	2,00	2,50	2,00	4,00	6,50	3,50	6,00
AYDEM	3,00	4,00	4,50	3,00	3,50	4,00	5,50
BIOTREND	4,50	4,50	3,00	6,25	4,50	8,00	9,00
ENERJİSA	1,00	1,50	2,50	2,50	5,50	4,50	5,00
GALATA W.	5,50	3,00	5,75	4,75	7,75	6,00	4,25
HUN	5,50	6,25	6,75	7,00	7,75	5,50	8,00
KARTAL	3,50	5,00	5,75	5,50	5,00	7,50	7,50
NATUREL	5,50	6,25	6,75	7,50	3,00	5,00	8,50
PAMEL	2,50	5,50	5,00	6,25	7,00	8,50	6,75
ZORLU	1,50	3,50	3,50	3,50	4,00	7,00	4,25

Besson-sıra değerlerine göre sıralanan 2022 yılına ilişkin alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarına Tablo 15’te yer verilmiştir.

Tablo 15. 2022 Yılı Projeksiyon Uzaklıkları

Kriterler	K2	K3	K7	K4	K1	K6	K5
Alternatifler							
AKENERJİ	1,50	3,50	4,75	4,00	4,50	5,50	7,50
AKFEN	3,50	2,50	4,75	5,00	5,75	4,50	8,50
AYDEM	4,00	4,50	3,50	3,00	5,00	4,00	4,00
BIOTREND	3,00	1,50	4,00	5,50	5,75	6,50	8,00
ENERJİSA	1,00	2,00	2,00	2,50	3,75	5,00	5,00
GALATA W.	2,00	4,00	2,50	3,50	3,00	3,50	7,00
HUN	6,00	6,25	6,25	7,25	6,50	7,50	6,00
KARTAL	5,00	5,50	6,25	7,25	7,25	7,00	6,50
NATUREL	4,50	6,25	7,00	6,50	8,00	6,00	4,50
PAMEL	5,50	5,00	5,50	6,00	7,25	8,50	9,00
ZORLU	2,50	3,00	3,00	4,50	3,75	8,00	5,50

Besson-sıra değerlerine göre sıralanan 2023 yılına ilişkin alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarına Tablo 16’da yer verilmiştir.

Tablo 16. 2023 Yılı Projeksiyon Uzaklıkları

Kriterler	K2	K3	K7	K4	K1	K6	K5
Alternatifler							
AKENERJİ	2,00	4,00	3,00	6,50	5,00	5,50	7,00
AKFEN	4,50	5,00	5,00	5,50	6,00	6,50	6,50
AYDEM	2,50	2,00	4,00	2,50	5,50	4,00	5,00
BIOTREND	3,00	4,50	5,50	7,50	3,50	4,50	8,00
ENERJİSA	1,00	1,50	2,00	3,00	3,00	3,50	4,00
GALATA W.	1,50	3,00	4,50	6,00	4,50	7,00	4,50
HUN	6,00	6,00	6,50	4,50	7,75	8,00	8,50
KARTAL	5,00	6,00	7,00	4,00	7,00	8,50	7,50
NATUREL	4,00	2,50	3,50	5,00	6,50	6,00	5,50
PAMEL	5,50	6,00	6,00	7,00	7,75	7,50	9,00
ZORLU	3,50	3,50	2,50	3,50	4,00	5,00	6,00

Besson-sıra değerlerine göre sıralanan 2024 yılına ilişkin alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarına Tablo 17’de yer verilmiştir.

Tablo 17. 2024 Yılı Projeksiyon Uzaklıkları

Kriterler	K4	K3	K6	K5	K7	K2	K1
Alternatifler							
AKENERJİ	2,50	3,00	2,75	3,50	4,00	4,00	4,50
AKFEN	3,50	4,00	4,50	7,50	8,00	6,75	6,50
AYDEM	1,00	3,50	2,00	4,00	3,00	5,00	5,00
BİOTREND	3,00	1,50	4,00	5,00	4,50	3,50	6,00
ENERJİSA	5,00	5,50	5,00	4,50	5,50	6,00	9,00
GALATA W.	2,00	2,50	2,75	3,00	5,00	4,50	4,00
HUN	5,00	5,50	5,75	5,50	6,75	7,50	7,00
KARTAL	5,00	5,50	6,75	6,75	6,75	8,25	8,00
NATUREL	5,00	5,50	5,75	6,00	6,00	6,75	8,00
PAMEL	5,00	5,50	6,75	6,75	7,50	8,25	8,00
ZORLU	1,50	2,00	3,50	2,50	3,50	5,50	5,50

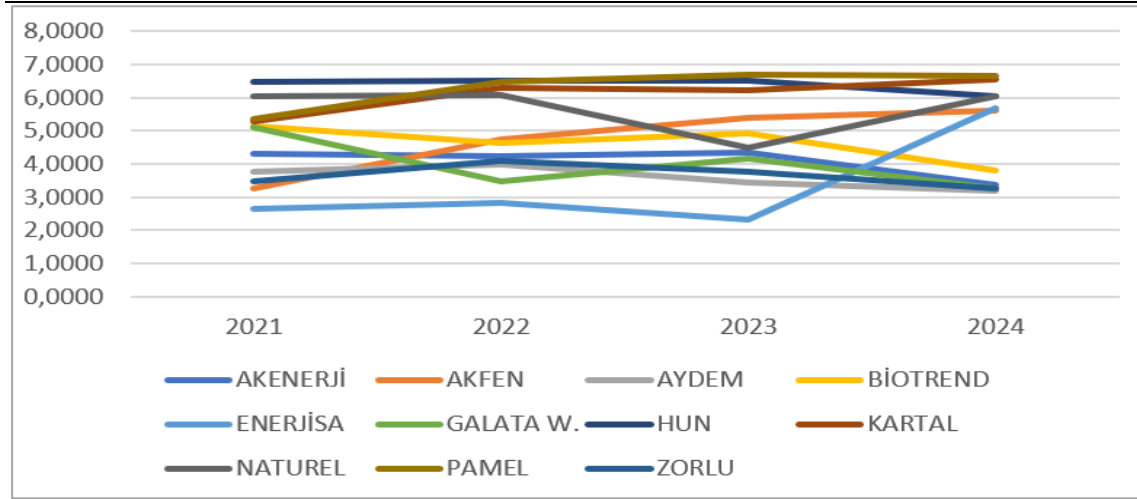
Denklem (10) yardımıyla hesaplanan, 2021-2024 dönemlerine ilişkin alternatiflerin performans puanları ve sıralamalarına (global ve ortalama rank) ilişkin sonuçlara Tablo 18’de yer verilmiştir.

Tablo 18. ORESTE Performans Puanları (Global Rank) ve Sıralamaları (Ortalama Rank)

Yıllar	2021		2022		2023		2024	
Alternatifler	Puan	Sıra	Puan	Sıra	Puan	Sıra	Puan	Sıra
AKENERJİ	4,3235	5	4,2375	5	4,3545	5	3,3700	4
AKFEN	3,2713	2	4,7435	7	5,3982	8	5,6052	6
AYDEM	3,7867	4	3,9906	3	3,4281	2	3,1872	1
BİOTREND	5,1266	7	4,6225	6	4,9165	7	3,7982	5
ENERJİSA	2,6396	1	2,8187	1	2,3222	1	5,6868	7
GALATA W.	5,1128	6	3,4965	2	4,1757	4	3,2639	3
HUN	6,4882	11	6,4988	11	6,5136	10	6,0347	8
KARTAL	5,2741	8	6,3037	9	6,2166	9	6,5715	10
NATUREL	6,0520	10	6,0989	8	4,4838	6	6,0372	9
PAMEL	5,3763	9	6,4724	10	6,6827	11	6,6695	11
ZORLU	3,4838	3	4,0892	4	3,7514	3	3,2554	2

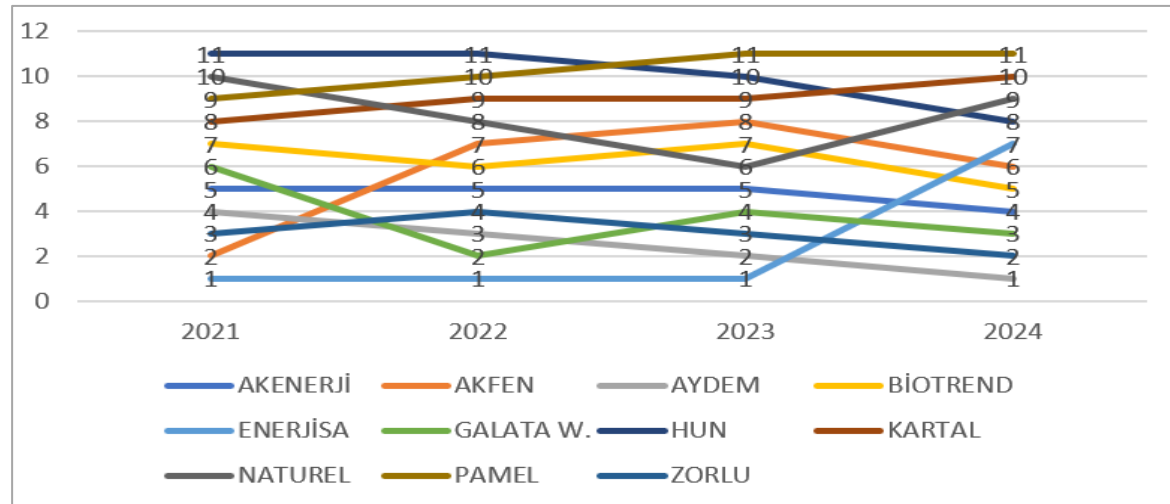
ORESTE yöntemi yardımıyla yenilenebilir enerji kuruluşları için yapılan sıralamanın sonuçlarını yansıtan Tablo 18’de yer alan performans puanlarına göre; 2021-2023 yılları arasında ENERJİSA (puan değerleri sırasıyla 2,6396; 2,8187 ve 2,3222), 2024 yılında AYDEM (puan değeri 3,1872) ilk sırada yer almaktadır. Diğer yandan; 2021 ve 2022 yıllarında HUN (puan değerleri sırasıyla 6,4882 ve 6,4988), 2023 ve 2024 yıllarında PAMEL (puan değerleri sırasıyla 6,6827 ve 6,6695) son sırada yer almaktadır.

Tabloya göre, 2021-2024 dönemleri için sözü edilen kuruluşların döngüsel ekonomi performansları bakımından, belirgin farklılıkların bulunmadığı gibi görülse de Şekil 2 ile Şekil 3’te yıllar itibarıyla yaşanan değişimlerle bazı kuruluşların sıralamalarında farklılıklar ortaya konulmuştur.



Şekil 2. 2021-2024 Dönemleri Arasındaki ORESTE Performans Puanları (Global Rank)

Şekil 2’de analiz kapsamındaki kuruluşların döngüsel ekonomi performans puanları, Şekil 3’te ise performans puanlarından hareketle oluşturulan sıralamadaki değişimler, özellikle 2021-2022 döneminde AKFEN’in, 2023-2024 döneminde ise ENERJİSA’nın performansında meydana gelen gerilemeleri göstermektedir. Bunun yanı sıra, 2021-2022 döneminde GALATA WIND’in performansında meydana gelen ilerleme de görülmektedir.



Şekil 3. 2021-2024 Dönemleri Arasındaki ORESTE Performans Sıralamaları (Ortalama Rank)

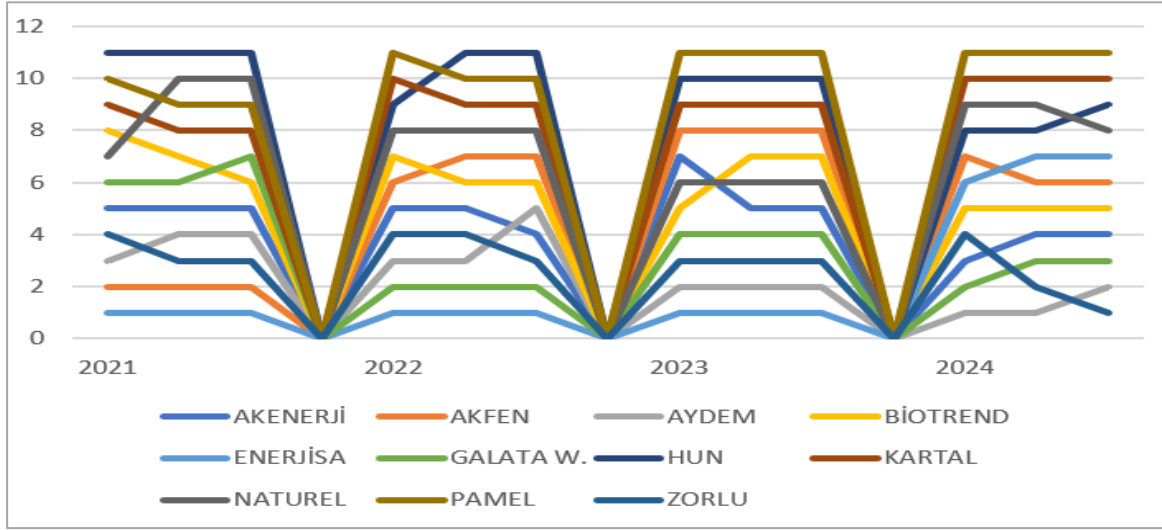
2021-2024 dönemleri arasında performans sıralamasında nispeten istikrarlı olan kuruluşun AKENERJİ olduğu da Şekil 2 ve Şekil 3’ten görülmektedir.

5.4. Duyarlılık Analizi Bulguları

ORESTE yöntemiyle elde edilen sıralamaların (Tablo 18) güvenilirliğinin ve kararlılığının teyit edilmesi amacıyla duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. ORESTE projeksiyon parametresinin (R değerinin) farklılaştırıldığı senaryo analizi, Microsoft Office Excel ortamında, 2021–2024 dönemine ait verilere uygulanmıştır.

ORESTE yönteminde, projeksiyon uzaklığının hesaplanmasında kullanılan R parametresi, sıralama mantığını doğrudan etkilemektedir: Başlık 4.5’te ifade edildiği gibi 4. adımda denklem (9) yardımıyla “alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarının belirlenmesi” aşamasında ağırlıklı aritmetik ortalama (baz senaryo: $R = 1$) esas alınmıştır (Pastijn & Leysen, 1989). Bu çalışmada baz senaryoda “ $R = 1$ ” esas alınmakla birlikte, duyarlılık analizi çalışmasında “ $R = (-1)$ ” ve “ $R = 2$ ” olduğu senaryolar için alternatiflerin projeksiyon uzaklıklarının hesaplanması

sonucunda elde edilen yeni sıralamalar karşılaştırılmıştır. Şekil 4'te duyarlılık analizi kapsamında, R parametresi senaryolarına göre alternatiflere ilişkin sıralamaların yıllık değişimini gösteren grafiğe yer verilmiştir.



Şekil 4. Duyarlılık Analizi Senaryolarına Göre ORESTE Sıralamaları

R parametresi duyarlılık analizi sonuçları incelendiğinde, üst sıralardaki kuruluşlardan 2021 yılında ENERJİSA (1. sıra) ve AKFEN (2. sıra) olarak gerçekleşen ilk iki sıralamanın $R = (-1)$ ve $R = 2$ senaryolarında da korunduğu görülmektedir. 2022 yılında ENERJİSA (1. sıra) ve GALATA W. (2. sıra); 2023 yılında ENERJİSA (1. sıra), AYDEM (2. sıra) ve ZORLU (3. sıra) sıralamaları R parametresine göre değişmemiştir. BİOTREND'e ait R değerleri, 2024 yılı haricindeki tüm dönemlerde dalgalanma göstermiştir. Ayrıca, üst sıralarda yer alan bazı kuruluşlar (örneğin; AYDEM, AKENERJİ ve ZORLU) ve alt sıralarda yer alan bazı kuruluşlar (örneğin; NATUREL, HUN ve) R değerine bağlı olarak küçük dalgalanmalar sergilemiş olsa da; bu dalgalanmaların sıralamanın bütünsel yapısını bozacak nitelikte olmadığı görülmektedir. Araştırma bulgularının kararlılığının test edilmesi amacıyla, R parametreleri değiştirilerek gerçekleştirilen duyarlılık analizi, Entropi tabanlı ORESTE modeli ile elde edilen döngüsel ekonomi performans sıralamalarının R parametresi seçimine karşı yüksek düzeyde kararlı (robust) olduğuna işaret etmektedir (Eroğlu vd., 2014; Chatterjee & Chakraborty, 2012).

6. SONUÇ

Bu çalışmada, 2021-2024 yılları arasında BİST Sürdürülebilirlik Endeksi yenilenebilir enerji sektöründe listelenen kuruluşların, döngüsel ekonomi performansları iklim değişikliği ekseninde ölçülerek, karşılaştırmalı şekilde sıralanmıştır. Bu amaçla, döngüsel ekonomi kriterleri ile CCPI bileşenlerinin temel alındığı yedi boyutlu gösterge seti oluşturulmuş; sözü edilen kuruluşların kurumsal raporlarından (sürdürülebilirlik/entegre/faaliyet raporları) içerik analizi yöntemiyle elde edilen frekans verileri, ENTROPİ tabanlı ORESTE yöntemiyle analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, kuruluşların döngüsel ekonomi performanslarının karşılaştırılması amacıyla ORESTE yöntemiyle yapılan sıralama, kuruluşların kurumsal raporlarında yer alan; sera gazı emisyonu ve azaltımı, enerji kullanımı ve verimliliği, atık yönetimi ve azaltımı, su tüketimi ve verimliliği, iklim politikası, yenilenebilir enerji ile malzeme, ürün ve hizmet verimliliği gibi kriterlere ayırdıkları açıklama yoğunluğunu, cümle sayıları aracılığıyla yansıtmaktadır. Bu nedenle yüksek sıralama, doğrudan ölçülmüş fiili bir çevresel performans düzeyine yönelik kesin bir çıkarım yapma olanağı vermemekte; sözü edilen konularda görece daha kapsamlı raporlama yapıldığını göstermektedir (Clarkson vd., 2020; Al-Shaer & Hussainey, 2022). Bir başka ifadeyle; bu çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerji kuruluşlarının, kurumsal raporlarında iklim değişikliği ekseninde döngüsel ekonomi boyutlarına yönelik verdikleri ağırlığın karşılaştırmalı olarak ortaya konulduğu raporlama temelli bir performans değerlendirmesi olarak değerlendirilmelidir.

Yıllar itibarıyla kriterlerin önem düzeylerindeki değişimleri gösteren ENTROPİ analizi bulgularına göre; dönemler arasında kriter ağırlıklarının anlamlı bir şekilde farklılaştığı ortaya konulmaktadır. 2021 yılında, su tüketimi ve verimliliği (K1) en yüksek ağırlığa (0,2198) sahip iken, 2022 ve 2023 yıllarında sera gazı emisyonu ve azaltımı (K2) kriterinin öne çıktığı; 2024 yılında ise iklim politikasının (K4) en belirleyici kriter konumuna yükseldiği belirlenmiştir. Kriterler arasındaki bu dinamik yapı, yenilenebilir enerji sektöründeki kuruluşların raporlama konularının iklim yönetişimine doğru eğilim gösterdiğine işaret etmektedir. Bu doğal eğilimin, iklim politikası taahhütlerine yönelik kurumsal bir farkındalıktan kaynaklandığı şeklinde değerlendirilebilir (Khan vd., 2020).

ORESTE analizi bulgularına göre; 2021, 2022 ve 2023 dönemlerinde performans düzeyi en iyi olan kuruluş ENERJİSA iken; 2024 yılında AYDEM (3,1872) birinci sıraya yükselmiştir. Performans sıralamasının sonunda yer alan HUN (2021-2022) ve PAMEL'in (2023-2024) bu konumlarını büyük ölçüde korumuş olmaları, sözü edilen bu kuruluşların raporlama düzeylerinin sınırlı kalmış olabileceği veya sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi uygulamalarının henüz yeterince gelişmediği şeklinde yorumlanabilir. Ancak, 2024 döneminde ENERJİSA'nın yedinci sıraya gerilemesi; raporlama yoğunluğunun görece olarak azalmasına ya da diğer kuruluşların raporlama kapsamlarını genişleterek ENERJİSA ile aralarındaki farkı kapatmış olmalarına bağlı olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Dinamik yetenek teorisi (Khan vd., 2020) perspektifinden bakıldığında; sektörde, iklim politikalarına yönelik kurumsal uyum kapasitesinin belirgin olarak farklılaştığı vurgulanmaktadır. Şöyle ki; bazı kuruluşların döngüsel ekonomi açıklamalarında sürdürülebilir bir şekilde genişleme eğilimi görülürken, diğerlerinin raporlama stratejilerinde daralma eğilimi hissedilmektedir. Esasen, kuruluşların sadece uygulama boyutunda değil, aynı zamanda kapsamlı ve şeffaf raporlama konusunda da gelişim göstermeleri gerektiği açıkça görülmektedir.

Döngüsel ekonomi performansı ile iklim değişikliğine yönelik direnç arasındaki etkileşim, bu çalışmanın temel araştırma sorusudur. Araştırma bulguları ile raporlama yoğunluğu yüksek olan kuruluşların raporlarında, iklim politikası, sera gazı azaltımı ve enerji verimliliği kriterlerine yönelik daha kapsamlı açıklamalar yapıldığı ortaya konulmuştur. Sinyal teorisi açısından değerlendirildiğinde, raporlama kalitesinin, sürdürülebilirlik taahhütlerine ilişkin yatırımcı güveninin ve kurumsal itibarın önemli bir göstergesi olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Al-Shaer & Hussainey, 2022). Anlam verme teorisi kapsamında, kurumsal raporların döngüsel ekonomi uygulamalarına ilişkin “anlam üretme” ve “paydaş yönlendirme” fonksiyonu sağladığını desteklemektedir (Hong vd., 2024). Anlam verme ve sinyal teorilerinin birlikte ele alındığı bir bakış açısıyla, ORESTE sıralamaları yüksek olan kuruluşların, daha fazla raporlama yapmalarının yanı sıra, iklim değişikliğiyle mücadele hedefleri ile kurumsal sürdürülebilirlik stratejilerinin entegrasyonuna yönelik bir kapasiteye sahip oldukları söylenebilmektedir.

ENTROPİ-ORESTE modeliyle oluşturulan döngüsel ekonomi performans sıralamaları, üst yönetim açısından iklim değişikliği ekseninde kuruluşların sürdürülebilirliğine yönelik önceliklerinin belirlenmesinde, raporlamaya ilişkin eksiklerinin tespitinde ve kaynak tahsisinin yönlendirilmesinde bir kaldıraç görevi görebilmektedir (Porter & Kramer, 2011). Özellikle enerji kullanımı ve verimliliği (K5) ile sera gazı emisyonu ve azaltımı (K2) kriterlerine yönelik, görece düşük raporlama yoğunluğu gösteren kuruluşların, bu alanlardaki açıklama kalitesinin artırılması amacıyla yapılandırılmış iç denetim mekanizmasının geliştirilmesi önemlidir. Kurumsal itibarın ve yatırımcıların ilgisinin bakımından rekabet avantajı sağlamaya yardımcı olması nedeniyle, kuruluşların raporlama stratejilerini iklim hedefleriyle uyumlu olarak belirlemelerinin yanı sıra (Al-Shaer & Hussainey, 2022), ENTROPİ tabanlı ağırlıklandırma yönteminin kuruluşların çevresel yönetim panolarına entegre edilmesi raporlamaya yönelik kalitenin artışına katkı sağlayabilecektir. Ayrıca, farklı rapor türlerinin (sürdürülebilirlik/entegre/faaliyet raporu) döngüsel ekonomiye ilişkin konuların açıklanma yoğunluğu üzerindeki etkisinin dengelenmesini sağlayacak standartlaştırılmış zorunlu raporlama çerçevesinin uygulamaya konulması, sektördeki karşılaştırılabilirliğe katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda, Türkiye sermaye piyasaları için Avrupa Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları'nın (ESRS) uyarlanması sürecinde BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'ne ilişkin kılavuz ilkelerin güncellenmesi değerlendirilmelidir (European Financial Reporting Advisory Group [EFRAG], 2023). Diğer taraftan, zorunlu olarak CCPI göstergelerinin firma düzeyinde izlenmesinin sağlanması ve iklim uyum çerçevesinin denetlenebilir göstergelerle desteklenmesi sonucunda, yenilenebilir enerji kuruluşlarının fiili çevresel performansları ile raporlama performanslarının tutarlı olmasını destekleyeceği öngörülmektedir.

Döngüsel ekonomi performansını iklim değişikliği (CCPI) kriterleriyle bütünleştiren bu çalışma, ENTROPİ tabanlı ORESTE yöntemini BİST yenilenebilir enerji sektörüne uygulayan özgün bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Literatürde, döngüsel ekonomi performansının ölçümüne odaklanan çalışmalarda ağırlıklı olarak TOPSIS yönteminin kullanıldığı (Sürmen & Ece Çokmutlu, 2022; Ece Çokmutlu, 2023; Korga & Dirik, 2023) ve ülke düzeyindeki analizlerin firma düzeyiyle entegre edildiği çalışmalara rastlanmadığı dikkate alındığında, bu çalışma ile metodolojik boşluğu doldurulması sağlanmaktadır. Önerilen ENTROPİ tabanlı ORESTE modeli; içerik analizinden elde edilen frekans verileriyle uyumluluğu, küçük sayısal dalgalanmalara karşı sağlamlığı ve karar problemindeki kriterleri, alternatiflerin projeksiyon uzaklıkları aracılığıyla bütünleştirme kapasitesi açısından mevcut alternatifler arasında metodolojik olarak üstünlüğünü ortaya koymaktadır (Chatterjee & Chakraborty, 2012; Aras vd., 2018).

Araştırmanın başlıca sınırlılıklarından biri performans ölçümünün cümle sayısına dayandırılmasıdır. Cümle sayısı, raporlama yoğunluğunu ölçerken; fiili çevresel konuları doğrudan yansıtmamaktadır. Örneklemin, BİST Sürdürülebilirlik Endeksi ile sınırlı tutulması sonucunda, bulguların tüm yenilenebilir enerji sektörüne genellenememesi, araştırmanın bir başka kısıtı olarak göze çarpmaktadır. Sürdürülebilirlik, entegre ve faaliyet raporlarının tek havuzda değerlendirilmesi bağlamında, rapor türüne bağlı olarak söylemsel yoğunluk farklılıklarının kontrol altına alınmasına engel olmaktadır. Son olarak, CCPI kriterlerinden “iklim politikası”nın firma düzeyine uyarlanması, kavramsal açıdan geliştirilerek yeni bir çerçevenin oluşturulmasını gerektirmektedir.

Gelecek araştırmalarda; doğrudan çevresel ölçüm verileri (karbon salım miktarı, enerji tüketimi, su kullanım hacmi vb.) ile raporlamadan elde edilen puanların karşılaştırılması, her iki performans boyutu arasındaki boşluğun ampirik olarak ortaya konulmasına olanak sağlayacaktır. Nitel ve nicel içerik analizlerinin entegre edildiği karma yöntem tasarımları, söylemsel yoğunluğun ötesindeki anlam katmanlarını açığa çıkarabilecektir. Farklı ülkeler veya sektörler arasında karşılaştırmalı ENTROPİ tabanlı ORESTE uygulamaları, modelin genellenebilirliğini test edebilmesi bakımından önerilmektedir. Döngüsel ekonomi performansı ile finansal performans göstergelerini (ROA, Tobin Q, hisse getirisi vb.) ilişkilendiren ampirik çalışmalar, sürdürülebilirlik raporlamasının kuruluşların piyasa değeri üzerindeki etkisinin belirlenmesi bakımından özgün katkılar sunabilecektir (Flammer, 2021).

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Etik Onay: Bu makale, insan veya hayvanlar ile ilgili etik onay gerektiren herhangi bir araştırma içermemektedir.

Yazar Katkısı: Seher Meral Çeviren (%100)

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Funding: The author received no financial support for the research, authorship and/or publication of this article.

Ethical Approval: This article does not contain any studies with human participants or animals performed by the authors.

Author Contributions: Seher Meral Çeviren (100%)

KAYNAKÇA

- Abdullah, L., & Otheman, A. (2013). A New Weight for Sub-Criteria in Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS and Its Application. *IJ Intelligent Systems and Applications*, 2, 25-33. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijisa.3>.
- Acer, A. & Kalender, S. (2020). Antrepoların performansının ENTROPİ ve TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 65, 1-20.
- Akman, G., Pamuk, K. C., & Karabıçak, Ç. (2021). Yeni ürün geliştirme sürecinde bulanık AHP & ORESTE bütünleşik yöntemi ile tedarikçi seçimi: savunma sanayisinde bir uygulama. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 788-807.

-
- Aksakal, E. & Çalışkan, E. (2023). Olimpiyatlara aday şehirlerin seçim sürecinde dikkate alınacak kriterlerin entropi yöntemi ile değerlendirilmesi. İçinde M. Kabak & Y. Çınar (Ed.), *Çok kriterli karar verme yöntemleri, MS Excel çözümlü uygulamalar* (ss. 169-191). Nobel Yayıncılık.
- Al-Shaer, H., & Hussainey, K. (2022). Sustainability reporting beyond the business case and its impact on sustainability performance: UK evidence. *Journal of Environmental Management*, 311, 114883.
- Altıntaş, F. F. (2021). G7 grubu ülkelerin iklim değişikliği koruma performanslarının CODAS ve EDAS yöntemleri ile incelenmesi. *Turkish Studies*, 16(4), 1181-1201. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.51022>
- Altıntaş, C., & Türker, D. (2012). Sürdürülebilir tedarik zincirleri: sürdürülebilirlik raporlarının içerik analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 39-64.
- Ana, E. (2009). *Sewer asset management*. Sewer structural deterioration modelling and multicriteria decision making in sewer rehabilitation projects prioritization. <https://researchportal.vub.be/>
- Aracı, H., & Yüksel, F. (2016). Şeffaflık ve Hesap Verilebilirliğin Sağlanmasında Sürdürülebilirlik Raporları: BİST Sürdürülebilirlik Endeksindeki Şirketlerin Sürdürülebilirlik Raporlarının İncelenmesi. *World of Accounting Science*, 18 (özel sayı-1), 103-130.
- Aras, G., & Crowther, D. (2008). Developing sustainable reporting standards. *Journal of Applied Accounting Research*, 9(1), 4-16.
- Aras, G., A., Tezcan, N. & Kutlu Furtuna, Ö. (2016). Geleneksel bankacılık ve katılım bankacılığında kurumsal sürdürülebilirlik performansının TOPSIS yöntemiyle karşılaştırılması. *İstanbul Management Journal*, 27(81), 58-81.
- Aras, G., Tezcan, N., Kutlu Furtuna, O., & Hacıoglu Kazak, E. (2017). Corporate sustainability measurement based on entropy weight and TOPSIS: A Turkish banking case study. *Meditari Accountancy Research*, 25(3), 391-413.
- Aras, G., (2018). Aras, G., Tezcan, N., & Furtuna, Ö. K. (2018). Geleneksel bankacılık ve katılım bankacılığında kurumsal sürdürülebilirlik performansının TOPSIS yöntemiyle karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 27(81), 58-81
- Ari, Y. O. (2021, Ocak 22–23). *Uluslararası Sosyal, Politik ve Ekonomik Endeksler Işığında Vişegrad Grubu Ülkeleri ve Türkiye Analizi* [Tam Metin Bildiri]. Pearson Journal International Conference on Social Sciences & Humanities, Ankara. https://www.researchgate.net/publication/349053458_Uluslararası_Sosyal_Politik_ve_Ekonomik_Endeksler_Işığında_Vişegrad_Grubu_Ulkeleri_ve_Türkiye_Analizi
- Arslan, H. M. (2018). AHP ve ORESTE yöntemleri ile en etkin yakıt türünün belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 160-170.
- Ateş, S. & Topal, A. (2021). ENTROPİ temelli TOPSIS, ARAS ve MOOSRA yöntemleri ile güneş enerji santrali kuruluş yeri seçimi: Kop bölgesi örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(4), 1099-1119.
- Beller Dikmen, B. (2023). Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığı sektöründe hizmet veren işletmelerin finansal performans analizi: Entropi temelli topsis uygulaması. E. Uzun & H. Özbaş (Ed.), *Uluslararası Ticaret ve Lojistik Kapsamında Yönetim, Finans ve Muhasebe Yaklaşımları* (ss. 23-41). Özgür Yayıncılık.
- Biswas, T. K., Chaki, S. & Das, M. C. (2019). MCDM technique application to the selection of an Indian institute of technology. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(3), 65-76.
- BORSA İSTANBUL (BİST) (2025, Kasım 11). <https://www.borsaistanbul.com/tr/sayfa/472/surdurulebilirlik>.
-

- Boulhaga, M., Bouri, A., Elamer, A. A. & Ibrahim, B. A. (2022). Environmental, social and governance ratings and firm performance: The moderating role of internal control quality. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. Advance online publication. DOI: 10.1002/csr.2343
- Büyükkelik, A. & Afşar, Y. (2023). Döngüsel Ekonomi ve Verimlilik: Sosyal Bilimler Kapsamında Bir Literatür İncelemesi. *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 127-150.
- Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2012). Material selection using preferential ranking methods. *Materials & Design*, 35, 384-393.
- Clarkson, P. M., Ponn, J., Richardson, G. D., Rudzicz, F., Tsang, A., & Wang, J. (2020). A textual analysis of US corporate social responsibility reports. *Abacus*, 56(1), 3-34.
- Çıray, D., Özdemir, Ü., & Mete, S. (2024). An evaluation of the logistics performance index using the ENTROPY-based ORESTE method. *Journal of Transportation and Logistics*, 9(1), 68-82.
- De Leeneer, I., & Pastijn, H. (2002). Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 327-338.
- Delhay, C., Teghem, J., & Kunsch, P. (1991). Application of the ORESTE method to a nuclear waste management problem. *International Journal of Production Economics*, 24(1-2), 29-39.
- Diñçer, S. E. (2011). The structural analysis of key indicators of Turkish manufacturing industry: ORESTE and MAPPAC applications. *European Journal of Scientific Research*, 60(1), 6-18.
- Diwan, H., & Amarayil Sreeraman, B. (2023). From financial reporting to ESG reporting: a bibliometric analysis of the evolution in corporate sustainability disclosures. *Environment, Development and Sustainability*, 1-37.
- Doğan, H. (2022). Seçilmiş ülkelerin çevresel performanslarının bütünleşik CRITIC - MABAC yöntemleriyle ölçülmesi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(2), 433-448.
- Düzer, M., & Önce, S. (2017). Kurumsal sürdürülebilirlik raporlaması ve finansal performans: BİST'te işlem gören şirketler için karşılaştırmalı bir analiz. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 637-648.
- Dwivedi, A., Goel, V., Pathak, S. K., & Kumar, A. (2023). Prioritization of potential barriers to the implementation of solar drying techniques using MCDM tools: A case study and mapping in INDIA. *Solar Energy*, 253, 199-218.
- Ece Çokmutlu, M. (2023). Sürdürülebilir kalkınma temelinde döngüsel ekonomi performansı. *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 151-170.
- EFRAG (2023). *European Sustainability Reporting Standards – ESRS Set 1*. European Financial Reporting Advisory Group.
- EMF (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/3d4eba36b0311c08/original/Growth-within-A-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe.pdf>.
- Er, F., & Yıldız, E. (2018). Türkiye girişimci ve yenilikçi üniversite endeksi 2016 ve 2017 sonuçlarının ORESTE ve faktör analizi ile incelenmesi. *Alphanumeric Journal*, 6(2), 293-310. DOI: 10.17093/alphanumeric.431034.
- Erdoğan, S. T. & Esmeray, A. (2023). Finansal Olmayan Raporlamada İklim Değişikliğinin Yeri Üzerine Bir İnceleme: BİST Sürdürülebilirlik Endeksi Örneği. İçinde H. Karadal, E. Diñçer & M. Ş. Karadal (Ed.), *Girişimcilik & Yönetim Güncel Gelişmeler*, (ss. 131-150). Özgür Yayınevi.

-
- Eroğlu, E., Yıldırım, B., Yıldırım, B. F., & Özdemir, M. (2014). Çok kriterli karar vermede “ORESTE” yöntemi ve personel seçiminde uygulanması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 25(76).
- Fasanghari, M., Mohamedpour, M., & Mohamedpour, M. A. (2009, April 27–29). *A novel method combining ORESTE, Fuzzy set theory, and TOPSIS method for ranking the Information and communication technology research centers of Iran* [Tam Metin Bildiri]. 2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, Las Vegas, Nevada, USA. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5070885>
- Flammer, C. (2021). Corporate green bonds. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 499–516.
- Fragkos, P. (2022). Analysing the systemic implications of energy efficiency and circular economy strategies in the decarbonisation context. *AIMS Energy*, 10(2), 191-218.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Germanwatch (2020), *Climate Change Performance Index 2021*, New Climate Institute & Climate Action Network, Bonn.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S., (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balances interplay of environment and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 2015–2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gray, R., Kouhy, R., & Lavers, S. (1995). Corporate social and environmental reporting: a review of the literature and a longitudinal study of UK disclosure. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 8(2), 47-77.
- Güngör, N. (2023). Sürdürülebilirlik raporlarında döngüsel ekonomi: Borsa İstanbul’da bir araştırma. *Denetim ve Güvence Hizmetleri Dergisi*, 3(1), 36-47.
- Hackston, D. & Milne, M.J. (1996), Some determinants of social and environmental disclosures in New Zealand companies. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 9(1), 77-108.
- Hardiyansah, M., Agustini, A. T., & Purnamawati, I. (2021). The effect of carbon emission disclosure on firm value: environmental performance and industrial type. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(1), 123-133.
- Haywood, L. K., De Lange, W., Musvoto, C., & De Wet, B. (2021). What do South African supermarket retailers disclose about the sustainability of suppliers?. *Journal of Contemporary Management*, 18(1), 173-193.
- Hong, T., Ou, J., Jia, F., Chen, L., & Yang, Y. (2024). Circular economy practices and corporate social responsibility performance: the role of sense-giving. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27(11), 2208-2237.
- Hüseyin, A., & Çetin, A. (2024). Analyzing Corporate Sustainability Reports With Topsis Method: Evidence From Bist Sustainability Index. *Journal of Economics Business and International Relations-JEBI*, 3(1), 96-135.
- Jafari, R. (2013). A new hybrid GA-PSO method for solving multi-period inventory routing problem with considering financial decisions. *JTEM*. 6(4), 909-929. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.629>.
- Karaca, C., & Ulutaş, A. (2018). Entropi ve Waspas yöntemleri kullanılarak Türkiye için uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi. *Ege Academic Review*, 18(3), 483-494.
- Kazan, G., & Kocamış, T. U. (2026). Exploring Sustainable Tax Policy in Türkiye: A Qualitative Analysis of Corporate and Public Discourse in the Energy Sector. *Corporate Governance and Sustainability Review*, 10(2), 44-55.
-

- Khan, O., Daddi, T., & Iraldo, F. (2020). The role of dynamic capabilities in circular economy implementation and performance of companies. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(6), 3018-3033.
- Khan, S., & Haleem, A. (2021). Investigation of circular economy practices in the context of emerging economies: A CoCoSo approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(3), 357-367
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kolk, A., Kourula, A., & Pisani, N. (2017). Multinational enterprises and the sustainable development goals: What do we know and how to proceed?. *Transnational Corporations*, 24(3), 9-32.
- Kolk, A., Levy, D., & Pinkse, J. (2008). Corporate responses in an emerging climate regime: The institutionalization and commensuration of carbon disclosure. *European Accounting Review*, 17(4), 719-745, DOI: 10.1080/09638180802489121.
- Korga, S., & Dirik, C. (2023). Geliştirilmiş entropi tabanlı TOPSIS yöntemiyle imalat sektöründe sürdürülebilirlik performansı ölçümü ve bir gösterge seti önerisi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(1), 561-577.
- Lieder, M., Rashid, A., 2016. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.
- Lotfi, F. H. & Fallahnejad, R. (2010). Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making. *Entropy*, 12, 53-62. doi:10.3390/e12010053.
- Maubane, P., Prinsloo, A., & Van Rooyen, N. (2014). Sustainability reporting patterns of companies listed on the Johannesburg securities exchange. *Public Relations Review*, 40(2), 153-160.
- Milne, M. J., & Adler, R. W. (1999). Exploring the reliability of social and environmental disclosures content analysis. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 12(2), 237-256.
- Ozdemir, U., Mete, S., & Gul, M. (2026). Evaluation and classification of emergency and disaster assembly areas with ORESTE-Sort. *Sustainability*, 18(3), 1281.
- Özuyar, P., & Gürsoy, Ç. (2021). Türkiye'deki bilimsel yayınlarda döngüsel ekonomi teriminin yeri. *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(4), 315-331.
- Panchal, R., Singh, A. & Diwan, H. (2021). Does circular economy performance lead to sustainable development? - A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 293, 112811.
- Pandey, V., Komal, & Dincer, H. (2023). A review on TOPSIS method and its extensions for different applications with recent development: V. Pandey et al. *Soft Computing*, 27(23), 18011-18039.
- Pastijn, H. & Leysen, J. (1989). Constructing an outranking relation with ORESTE. In *Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making*, 12, 1255-1268.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1/2), 62-77.
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product Chain. (Planbureau voor de Leefomgeving; No. 2544). *PBL Publishers*. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
- Puertas, R., & Marti, L. (2021). Eco-innovation and determinants of GHG emissions in OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128739.
- Roubens, M. (1982). Preference relations on actions and criteria in multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 10(1), 51-55.

-
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559.
- Saygın, O., & Önk, H. (2023). The effect of inclusion in the climate index on financial performance: The case of Garanti BBVA climate index. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1199-1215. <http://doi.org/10.25287/ohuibf.1343801>.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Sheikh, A., Simske, S. J., & Chong, E. K. (2024). Evaluating artificial intelligence models for resource allocation in circular economy digital marketplace. *Sustainability*, 16(23), 10601.
- Sobhani, F. A., Amran, A., & Zainuddin, Y. (2009). Revisiting the practices of corporate social and environmental disclosure in Bangladesh. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 16(3), 167-183.
- Sobhani, F. A., Amran, A., & Zainuddin, Y. (2012). Sustainability disclosure in annual reports and websites: a study of the banking industry in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 75-85.
- Stewart, R., & Niero, M. (2018). Circular economy in corporate sustainability strategies: A review of corporate sustainability reports in the fast-moving consumer goods sector. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 1005-1022.
- Susanto, A. & Meiryani, M. (2019). The impact of environmental accounting information system alignment on firm performance and environmental performance: A case of small and medium enterprises s of Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 229-236.
- Sürmen, M., & Çokmutlu, M. E. (2022). Döngüsel ekonomi performans ölçümü üzerine bir araştırma. *Ekonomi İşletme ve Yönetim Dergisi*, 6(2), 209-234
- Şişecam (2022). *Sürdürülebilirlik Raporu*. <https://www.sisecam.com/tr/basin-bultenleri/sisecam-in-2022-surdurulebilirlik-raporu-yayimlandi>.
- Tuş Işık, A. (2016). QUALIFLEX and ORESTE Methods for the insurance company selection problem. *Alphanumeric Journal*, 4(2), 55–68. <https://doi.org/10.17093/aj.2016.4.2.5000194524>
- Yerlikaya, M. A. (2022). Bulanık karar verme problemlerinde ORESTE yöntemi ve bir çözüm önerisi. *Journal of Optimization and Decision Making*, 1(2), 123-133.
- Yerlikaya, M. A., & Arıkan, F. (2016). *Expert systems with applications* KOBİ'lere sağlanan desteklerin performans etkinlik sıralarının Promethee ve Oreste yöntemleri ile belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(4), 1007-1016.
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.
- Wu, J., Sun, J., Liang, L., & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5162-5165.
- Xingli, W. & Huchang, L. (2018). An approach to quality function deployment based on probabilistic linguistic term sets and ORESTE method for multi-expert multi-criteria decision making. *Information Fusion*, 43, 13-26.
- Zhou, J., Wu, Y., Wu, C., He, F., Zhang, B., & Liu, F. (2020). A geographical information system based multi-criteria decision-making approach for location analysis and evaluation of urban photovoltaic charging station: A case study in Beijing. *Energy Conversion and Management*, 205, 112340.
-

Zulkifli, N., & Amran, A. (2006). Realising corporate social responsibility in Malaysia. *Journal of corporate citizenship*, 24(101), 14.

SUMMARY

Introduction

Sustainability and circular economy approaches, which place intergenerational responsibility at their core, are increasingly critical to addressing global environmental problems. Growing stakeholder demand for transparency has driven the worldwide expansion of corporate sustainability reporting. Voluntary disclosure systems such as the Carbon Disclosure Project standardize corporate data on carbon emissions and climate-related risks, while at the macro level the Climate Change Performance Index (CCPI), published by Germanwatch since 2005, ranks countries on emission trends, energy efficiency, climate policy and renewable energy diffusion.

Background

Circular economy practices focus on optimizing resource efficiency, reducing carbon footprints and minimizing waste, and are widely recognized as accelerating the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals, particularly Responsible Consumption and Production. In contrast to the traditional linear "take-make-dispose" model, the circular economy is organized around a hierarchy of R-strategies, from refusing and reducing product use to reuse, repair, remanufacturing and recycling, that slow, close and narrow resource loops. Qualitative disclosures contained in corporate sustainability, integrated and annual reports can be converted into quantitative data through content analysis, after which multi-criteria decision-making (MCDM) techniques allow the resulting performance data to be compared and ranked across organizations.

Research Problem

Although the literature contains numerous applications of entropy-based MCDM methods to circular economy and climate performance, and the ORESTE method has been applied to fields ranging from nuclear waste management to logistics performance ranking, no prior study has integrated circular economy indicators with CCPI dimensions to examine circular economy performance directly through a climate change lens, nor has Entropy-based ORESTE previously been applied to the renewable energy sector. This gap motivates the present study.

Research Questions

The study is structured around three research questions: how the climate-oriented circular economy performance of the sampled organizations trended between 2021 and 2024; whether entropy-derived criterion weights differed meaningfully across periods; and whether, within the framework of sensegiving, dynamic capabilities and signalling theories, organizations with higher reporting quality could empirically be shown to rank higher in ORESTE scores.

Purpose

The study measures the circular economy performance of renewable energy companies included in the BIST Sustainability Index from a climate-change perspective over the 2021–2024 period. It integrates the traditional dimensions of circular economy (product/material use and efficiency, energy use and efficiency, water use and efficiency, emission and reduction disclosures, waste management and recycling) with core CCPI components (greenhouse gas emissions, renewable energy, energy use and climate policy). The study covers eleven organizations listed in the sector that published corporate reports between 2021 and 2024; its scope is limited by its focus on this index rather than the entire renewable energy sector, and by the sampled organizations' varying reporting capacities.

Method

Disclosures relating to the seven performance criteria were collected from corporate reports accessed through the Public Disclosure Platform (KAP) and company websites and were converted into quantitative data through content analysis based on sentence counts. Criterion weights were derived objectively through the Entropy method, and performance was ranked for each year using ORESTE, an outranking-based MCDM technique that relies on

ranking relationships rather than precise numerical values. The stability of the rankings was tested through a sensitivity analysis varying the ORESTE projection parameter ($R = -1$), $R = 1$ and $R = 2$).

Findings

The content analysis showed that ENERJİSA reported the largest number of relevant disclosures from 2021 to 2023, while ZORLU ranked first in 2024; PAMEL consistently reported the fewest disclosures. Energy Use and Efficiency attracted the highest disclosure volume in most years, while Water Use and Efficiency was generally least disclosed. The Entropy analysis showed Water Use and Efficiency carrying the highest weight in 2021, Greenhouse Gas Emissions and Reduction dominating in 2022-2023, and Climate Policy becoming the most heavily weighted criterion in 2024, pointing to a gradual shift in reporting emphasis toward climate governance. ENERJİSA topped the ORESTE rankings from 2021 to 2023, while AYDEM ranked first in 2024; HUN ranked last in 2021-2022 and PAMEL last in 2023-2024. AKFEN's ranking declined markedly in between 2021 and 2022, as did ENERJİSA's between 2023 and 2024. By contrast, GALATA WIND improved between 2021 and 2022, whereas AKENERJİ remained relatively stable overall. The sensitivity analysis confirmed that leading and trailing positions under the baseline scenario ($R = 1$) were largely preserved under $R = -1$ and $R = 2$, confirming the rankings' robustness to the choice of projection parameter.

Conclusions

Because the ORESTE rankings reflect the relative intensity of disclosure on each criterion, a higher ranking should be read as evidence of more extensive reporting on climate-oriented circular economy topics rather than direct proof of superior actual environmental performance. Through dynamic capabilities theory, the shifting importance of criteria over time suggests organizations differ in their capacity to adapt disclosure emphasis to evolving climate priorities. From a signalling theory perspective, higher reporting quality can build investor confidence and reputation around sustainability commitments, while sense giving theory frames disclosures as also guiding stakeholders' understanding of circular economy practices. Overall, higher-ranked organizations appear to combine more extensive reporting with a greater capacity to align circular economy activities with climate objectives.

Implications, Contributions, Limitations, and Future Research

The proposed entropy-based ORESTE model offers management a practical tool for identifying climate-related sustainability priorities, detecting reporting gaps and guiding resource allocation, particularly for organizations with low disclosure intensity on energy use and efficiency and greenhouse gas emissions. Aligning reporting strategies with climate objectives and adopting a standardized mandatory reporting framework across report types would improve reporting quality and sector-wide comparability. By integrating circular economy performance measurement with CCPI criteria, the study contributes an original methodological framework applying entropy-based ORESTE to the BIST renewable energy sector, addressing a gap in a literature that has relied predominantly on TOPSIS-based approaches and has rarely combined country-level and firm-level analysis. Limitations include the use of sentence counts, which capture reporting intensity rather than actual environmental outcomes; a sample restricted to the BIST Sustainability Index; the pooling of different report types; and the conceptual reframing required to adapt the CCPI climate policy criterion to the firm level. Future research is encouraged to compare reporting-based scores with direct environmental measurements, apply mixed-methods designs, test the model's generalizability through cross-country or cross-sector applications, and examine the relationship between circular economy performance and financial performance indicators.