



OECD Ülkelerinde Veri Tabanlı LPI, Ekolojik Ayak İzi ve CO2 Kriterlerine Dayalı Entropi-TOPSIS Yöntemleri ile Ulusal Yeşil Lojistik Performansının Analizi

Okan Kekül¹

Öz

Bu çalışmada, OECD ülkelerinin yeşil lojistik performanslarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırmada, OECD ülkelerinin 2023 yılına ait veri tabanlı lojistik performans endeksi ile ekolojik ayak izi ve kişi başına düşen karbon emisyon verileri kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada ilk olarak Entropi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde, kişi başına düşen karbon emisyon kriteri ile ekolojik ayak izi kriterinin en yüksek öneme sahip olan kriterler olduğu tespit edilmiştir. Bu kriterleri önem düzeyi bağlamında gümrük işlemleri etkinliği ile altyapı kalitesi kriterlerinin takip ettiği ortaya konulmuştur. İzleme ve Takip Kapasitesi kriterinin ise en az öneme sahip olan kriter olduğu gözlemlenmiştir. TOPSIS yöntemiyle ülkelerin yeşil lojistik performanslarına yönelik sıralama gerçekleştirilmiştir. Bu sıralamaya göre; Danimarka, İsviçre, Finlandiya, Kanada ve İsveç'in yeşil lojistik performanslarında en başarılı ülkeler olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın Türkiye, Çek Cumhuriyeti, Şili, Kosta Rika, Macaristan, Kolombiya ve Meksika ülkelerine ait yeşil lojistik performanslarının diğer ülkelere göre daha zayıf düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Lojistik, Lojistik, Sürdürülebilir Çevre, Ekolojik Ayak İzi, LPI, Entropi, TOPSIS.

JEL Kodları: Q01, Q56, R41, C44, C65, M11.

Analysis of National Green Logistics Performance in OECD Countries with Data-Based LPI, Ecological Footprint and CO2 Criteria-Based Entropy-TOPSIS Methods

Abstract

This study aims to determine the green logistics performance of OECD countries. The research utilizes the data-based logistics performance index for OECD countries for the year 2023, along with ecological footprint and per capita carbon emission data. In this study, which employs multi-criteria decision-making methods, the criterion weights were first determined using Entropy. Upon examining the obtained values, it was determined that the per capita carbon emissions criterion and the ecological footprint criterion were the most important criteria. It was revealed that these criteria were followed by customs processing efficiency and infrastructure quality criteria in terms of importance. The tracking & tracing score criterion was observed to be the least important criterion. A ranking of countries' green logistics performance was conducted using the TOPSIS method. According to this ranking, Denmark, Switzerland, Finland, Canada, and Sweden were found to be the most successful countries in terms of green logistics performance. In contrast, the green logistics performance of Turkey, the Czech Republic, Chile, Costa Rica, Hungary, Colombia, and Mexico were found to be weaker than that of other countries.

Keywords: Green Logistics, Logistics, Sustainable Environment, Ecological Footprint, LPI, Entropy, TOPSIS.

JEL Codes: Q01, Q56, R41, C44, C65, M11.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, İrfan Can Köse Meslek Yüksekokulu, Lojistik Programı, okankekul@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0517-6577>

Sorumlu yazar / Corresponding author, okankekul@hotmail.com

Giriş

Son yıllarda ülkeler, teknolojik gelişmeler ve küreselleşme neticesinde birçok yenilik ve değişimle karşı karşıya kalmıştır. Bu durum birçok unsuru etkilemektedir. Örneğin insanların talep ve isteklerinde ortaya çıkan değişim, işletmelerin karlılık ve devamlılık politikası ile birleşmekte ve önemli düzeyde bir üretim-tüketim miktarı meydana getirmektedir. Fakat Dünya, söz konusu değişimlerin çevre üzerindeki yarattığı baskıya önemle vurgu yapmakta; küresel ısınma, iklim değişikliği vb. olumsuzlukların etkilerini en aza indirmek adına ülkelerin (OECD, UNEP, G20 vb.) oluşturduğu topluluklar aracılığıyla politikalar geliştirmektedir. Paris antlaşması ile başlayan süreçte söz konusu politikalar çerçevesinde sürdürülebilir çevre üzerinde durulmakta ve sürdürülebilirliğin inşa edilme sürecinde “yeşil” kavramı dikkatleri üzerine çekmektedir.

Lojistik, tedarik zincirinin önemli bir unsuru olarak ön plana çıkmaktadır. Lojistik sektörü, mal ve hizmetlerin, kaynaklardan hedef noktaya taşınma sürecinin yönetimini, organizasyonunu ve kontrollü bir şekilde tüketicilere ulaşmasını sağlamaktadır. Fakat lojistik faaliyetlerinin yüksek miktarda enerjiye olan bağlılığı, fosil yakıt tüketimi, çevreye ciddi düzeyde zararlar vermektedir (Navickas vd., 2011: 234-236). 2014 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) yayınlanan raporda yük taşımacılığının ulaşımda kullanılan toplam enerjinin %43’ünü ve küresel toplam enerjinin yaklaşık %12’sini oluşturduğu belirtilmiştir. Söz konusu bu değerler incelendiğinde Dünya çapında enerjiyle ilgili karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %10’una karşılık geldiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda depolama ve malzeme taşıma faaliyetlerinin de bu toplamın yaklaşık %2-3’ünü oluşturduğu tahmin edilmiştir. Birleşik Krallık İklim Değişikliği Komitesinin tahminlere göre, deniz taşımacılığında sınırsız büyümenin, 2050 yılına kadar küresel karbondioksit emisyonlarının mevcut seviyelerin iki ya da üç katına çıkmasına sebep olabileceği aynı zamanda 2050 yılında hedeflenen küresel emisyon azaltım senaryosu kapsamında izin verilen tüm emisyonların %15-30’una denk geleceği ön görülmüştür (McKinnon, 2015: 1).

Mevcut koşullar ve gelecek için yapılan öngörüler ülkeleri endişelendirerek, çevreye olan ilgilerini arttırmış ve sürdürülebilirlik paradigmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu bağlamda Birleşmiş Milletler (BM) tarafından sürdürülebilir kalkınma hedefleri belirlenmiştir. Söz konusu hedefler arasında 12. Hedef, sorumlu üretim ve tüketim üzerine yoğunlaşmakta ve yeşil lojistiğin faaliyetleri içerisinde yer alan akıllı ulaşım, geri dönüşüm gibi kavramlara vurgu yapmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2015). Bu tarz gelişmeler ışığında kurum ve kuruluşlar, lojistik faaliyetlerinin çevreye olan etkisini azaltılması konusunda giderek artan bir baskı ile karşı karşıya kalmıştır. Dolayısıyla sadece operasyonel başarı ve devamlılık değil aynı zamanda çevre unsuru göz önünde bulundurularak faaliyetlerin yürütülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Dünyanın ve ülkelerin sürdürülebilir çevreye yönelik kararlılığı, yeşil lojistik kavramının ortaya çıkmasında öncülük etmiştir. Yang ve diğerlerine (2019) göre yeşil lojistik, kaynakları ve çevreyi koruma düşüncesiyle birlikte lojistik faaliyetlerinin gerçekleşmesi, ekolojik yapının zarar görmemesi adına geleneksel lojistik faaliyetlerin geliştirilmesi olarak tanımlanmıştır. Diğer bir ifadeyle yeşil lojistik; nakliye, depolama ve dağıtım gibi lojistik süreçlerinin çevre dostu hale getiren aynı zamanda atık geri dönüşümü ve bertaraf edilmesi gibi tersine lojistiğin yeşil geri dönüşümünü de içeren çevre dostu bir lojistik sistemidir. Khan ve diğerlerine (2018) göre yeşil lojistiğin amacı, sera gazlarını ve fosil enerji kaynaklarının azaltılması ve ömrünü

tamamlamış malzemelerin geri dönüşümünü sağlamaktır (Khan vd., 2018: 588-590). Bu vizyon çerçevesinde kentsel alanlarda uygulanan lojistik hizmetlerinde elektrikli araçlar, e-kargo bisikletleri, hibrit araçlar şeklinde birçok teknolojik gelişme ön plana çıkmıştır. Geleneksel lojistik hizmetlerinin ne denli geçmişe dayandığını düşünürsek bu tarz değişimler işletmeler için oldukça zorlayıcı olabilmektedir. Fakat yeşil lojistik ile meydana gelen değişim işletmelere çok sayıda avantaj sağlamaktadır. Örneğin içten yanmalı araçların sıfır emisyonlu teknoloji ile değiştirilmesi, işletmeler için bakım ve işletme maliyetinin düşmesi, ulaşımı zor olan tarihi şehir merkezlerine ve trafiğe kapalı yaya bölgelerine ulaşım gibi avantajlar ve kolaylıklar sağlamaktadır (Taefi vd., 2015).

Yeşil lojistik, lojistik faaliyetlerinin çevresel etkisini sistematik olarak ölçülerek analiz edilmesini kapsamakta ve nihayetinde söz konusu etkilerin azaltılması anlamına gelmektedir. Lojistik faaliyetlerinde çevresel dışsallıkları azaltmaya yönelik gösterilen bu çaba, yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimini, hava emisyonlarını, sera gazlarını ve atıkları azaltmayı içermektedir (Blanco & Sheffi, 2024: 101-102). Bu süreçlerin gerçekleşmesindeki başarı oranı, sürdürülebilir çevrenin oluşmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Fakat lojistik sektörü büyük çapta hizmet sağlayan bir alan olduğu için yeniliklerin ve dönüşümlerin oluşmasında bazı engeller meydana gelebilmektedir. Roy ve Mohanty'e (2024) göre yetersiz finansman, zayıf kamu talebi ve etkisiz teşvik sistemi, ülkelerden oluşan OECD gibi toplulukların belirlemiş olduğu strateji ve politikaları zedelemekte ve yeşil lojistiği uygulama aşamasında bazı sınırlamalar getirmektedir (Roy & Mohanty, 2024: 1448).

OECD ülkelerindeki ticaret hacmi göz önünde bulundurulduğunda, lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonu çevresel bağlamda dikkat çekici bir boyuta ulaşmaktadır. Dolayısıyla küresel ısınma, iklim değişikliği vb. çevresel sorunlarla mücadele kapsamında lojistik faaliyetlerinde yeşil lojistik uygulamalarının, OECD ülkelerinde ulusal düzeyde ne seviyede benimsendiğinin tespit edilmesi ve mevcut tablonun ortaya çıkartılması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması açısından değerlendirildiğinde oldukça önemlidir. Ayrıca bu tarz bir kıyaslama, yeşil lojistik kapsamında düşük seviyede bulunan ülkelerin, yüksek düzeyde başarı gösteren ülkelerde uygulanan politika ve stratejileri benimseyerek ulusal lojistik faaliyetlerinde uyguladığı politikalarda değişiklik gerçekleştirmelerine zemin hazırlaması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda ülkelerin ulusal düzeydeki yeşil lojistik performansları dikkat çekici bir hale gelmekte ve gerçekleştirilen bu çalışmanın en önemli motivasyon kaynağını meydana getirmektedir. Bu çalışmada, OECD ülkelerine ait veriler kullanılarak, ulusal boyutta yeşil lojistik performansının ölçülmesi ve ülkelerin sıralama yapılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, ülkelere ait lojistik performans göstergeleri (LPI), çevrenin sürdürülebilirliği kapsamında ise ekolojik ayak izi (EAI) ve karbon emisyonları (CO2) ile oluşturulan veri seti ile birlikte yeşil lojistik performansı nicel bağlamda analiz edilmiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi esas alınarak, Entropi – TOPSIS yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Literatürde genellikle LPI verileriyle ülkelerin yalnızca lojistik performanslarının değerlendirildiği veya çevresel göstergeler ile sadece sürdürülebilir çevrenin yapısı veya gelişim düzeyi ele alınarak incelendiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada LPI, EAI ve CO2 şeklinde belirlenen göstergeler birleştirilerek çok boyutlu bir şekilde analiz gerçekleştirilmiş ve bu niteliğiyle birlikte çalışmanın literatüre

özgün bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada ilk olarak konuyla ilgili olarak kapsamlı bir literatür araştırılmasına yer verilmiştir. Takip eden bölümde veri seti; kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde açıklanmıştır. Metodoloji kısmında ise, çalışmada gerçekleştirilen Entropi ve TOPSIS yöntemi teorik bağlamda ele alınmış ve sonrasında elde edilen bulgular raporlanmıştır. Çalışma, elde edilen bulguların değerlendirildiği sonuç bölümü ile tamamlanmıştır.

1. Literatür Araştırması

Uygulama aşamasına geçilmeden önce çalışmanın konusu ile ilişkilendirilen ve geçmiş dönemlerde gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların kapsamına ve bulgularına değinmek oldukça önem arz etmektedir. Bu bağlamda lojistik ile çevre unsurları çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalara ait bilgiler tablo hâlinde aşağıda verilmiştir.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazarlar	Örneklem	Dönem	Metodoloji	Bulgular
Thanh Ha (2025)	Seçilmiş 44 ülke	2006 – 2021	Panel Veri Analizi	Yeşil lojistik ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki bağın uzun vadede ortaya çıkacağı belirlenmiştir.
Özekenci (2025a)	Asya – Pasifik Ülkeleri	-	MPSI Genişletilmiş AROMAN	Singapur'un en yüksek; Pakistan, Nepal ve Bangladeş en düşük yeşil lojistik performans gösteren ülkeler olduğu tespit edilmiştir. Altyapı, sevkiyat ve izlenebilirlik kriterleri en baskın ağırlığa sahip olduğu tespit edilmiştir.
Özekenci (2025b)	OECD	2023	SD CRITIC MEREC AWM CRADIS	İzleme ve takip, lojistik yeterliliği ve kalite unsurlarının en önemli kriterler olduğu tespit edilmiştir. En iyi lojistik performansına sahip olan ülkenin Finlandiya olduğu belirlenmiştir.
Khan ve diğerleri (2025)	Suudi Arabistan	1990 – 2022	DARDL	Sürdürülebilir lojistiğin çevre performansını iyileştirdiği tespit edilmiştir.
Seyranlioglu ve Han (2025)	Orta ve Doğu Avrupa	1990 – 2022	AMG	Ar-Ge yatırımlarının yeşil lojistik performansı üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.
Silva ve Diğerleri (2025)	Avrupa Birliği	2023	CRITIC MARCOS SAW	Yapılan çalışmada Avrupa Birliğinde bulunan ülkelerde lojistik performansını etkileyen en baskın kriterin uluslararası sevkiyat olduğu tespit edilmiştir.
Tetteh ve diğerleri (2025)	Gana (208 Lojistik Firması)	2024	CB-SEM	Yeşil lojistik faaliyetlerinin çevreyi olumlu yönde etkilediği ortaya konmuştur.
Wang ve diğerleri (2025)	Çin	2007 – 2022	PSM-Aşamalı Farkların Farkı (PSM-DID) Yöntemi	Yeşil tedarik zinciri yönteminin firmaların enerji tüketiminde azalma yarattığı belirlenmiştir.
Yürüyün ve Topal (2025)	G7	2023	PSI – COBRA	G7 ülkelerinin lojistik performanslarının incelendiği çalışmada en yüksek önem düzeyine sahip kriterin “zamanındalık”; en düşük önem düzeyine sahip olan kriterin “altyapı” olduğu tespit edilmiştir. Almanya en iyi performans gösteren ülke olurken, en düşük performans gösteren ülkenin İngiltere olduğu belirlenmiştir.
Ellison ve diğerleri (2024)	Gana (220 Üretim Firması)	2024	PLS-SEM	Çevresel baskı işletmeleri, yeşil lojistik uygulamalarına yönlendirdiği ve bu durumun çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığı gözlemlenmiştir.
Abdul Mumin ve diğerleri (2024)	43 Afrika ülkesi	1990 – 2021	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	Lojistik performansının CO2 emisyonları üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
Kara ve diğerleri (2024)	72 ülke	2023	ARLON	Elde edilen bulgulara göre, posta faaliyetleri için ortalama teslimat süresinin en önemli kriter olduğu tespit edilmiştir.
Popescu ve diğerleri (2024)	Romanya	2024	GHG Protocol Tabanlı Karbon Ayak İzi Analizi	Lojistik faaliyetlerinin çevre üzerinde olumsuz yönde etkili olduğu aynı zamanda lojistik üzerine yatırımlar yapılırsa dahi çevre üzerindeki etkinin azda olsa süreceği gözlemlenmiştir.
Stević ve diğerleri (2024)	118 ülke	2010 – 2023	Entropi MCRAT	Almanya'nın en iyi lojistik performansı gösterdiği belirlenen çalışmada en önemli kriterin altyapı olduğu tespit edilmiştir.
Kaya Samut (2023)	OECD	2007 – 2018	İlişkili Korelasyon ve Regresyon	LPI endekslerinde yer alan tüm unsurların CO2 emisyonu ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.
Topal ve Ulutaş (2024)	G8	2023	AROMAN	Almanya'nın en yüksek lojistik performansına sahip olduğu tespit edilen çalışmada zamanında teslimatın en önemli kriter olduğu ortaya konmuştur.

Tablo 1. Devamı

Çalık ve diğerleri (2023)	OECD	-	AHP FAHP PFAHP TOPSIS VIKOR CODAS BCM	OECD ülkesinin lojistik performansını değerlendiren çalışmasında, "Altyapı" en önemli kriter olarak belirlenmiştir.
Lu ve Li (2023)	Çin	2023	Gri Kurt Optimizasyonu	Lojistikte elektrikli araçların kullanımının CO2 emisyonlarını azalttığı tespit edilmiştir.
Wang ve Ozturk (2023)	Çin (358 İmalat Firması)	2022	PLS-SEM	Elde edilen bulgular, yeşil tedarik zincirinin (müşterilerle işbirliği ve yeşil tedarik) ekolojik performansı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.
Arıkan Kargı (2022)	OECD	2018	Entegre Entropi WASPAS	OECD ülkelerinde altyapı kriterinin lojistik performanslarını karşılaştırmada en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. En iyi performansın Almanya'ya ait olduğu belirlenmiştir.
Mešić ve diğerleri (2022)	Batı Balkan Ülkeleri	2018	CRITIC – MARCOS	Sevkiyat teslimatı, en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Batı Balkan ülkelerinde en başarılı olan ülkenin Sırbistan olduğu belirlenmiştir.
Suki ve diğerleri (2021)	Asya Ülkeleri	2010 – 2018	CS-ARDL	Lojistik faaliyetlerinin karbon emisyonunu azalttığı tespit edilmiştir.
Yu ve diğerleri (2021)	Asya Ülkeleri	2007 – 2018	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	Elde edilen bulgular, yeşil lojistik faaliyetlerinin çevreye olumsuz etkileri azaltacağını göstermiştir.
Yıldırım ve Mercangoz (2020)	OECD	2010-2018	Fuzzy AHP ARAS -G	Almanya'nın en yüksek; Letonya'nın ise en düşük lojistik performansına sahip olduğu ortaya konulmuştur.
Zhang ve diğerleri (2020)	7 Uzman Görüşü	-	Fuzzy DEMATEL ISM DELPHI	Hükümet politikaları, kamu destekleri, yasalar ve düzenlemeler, yeşil teknoloji yenilikleri, yeşil lojistik üzerinde etkili faktörler olduğu belirlenmiştir.
Al-Sheyadi ve diğerleri (2019)	Umman (138 firma)	2019	Yapısal Eşitlik Modeli	Yeşil lojistik uygulamalarının firmaların çevresel performansını olumlu etkilemektedir.
Ozmen (2019)	OECD	2016	Geliştirilmiş TODIM	Lojistik rekabetçiliğini yönelik gerçekleştirilen çalışmada Almanya, Fransa, Birleşik Krallık ve İsveç en yüksek performansa sahip ülkeler olduğu belirlenmiştir.
Ulutaş ve Karaköy (2019)	Avrupa Birliği	2018	Swara CRITIC	Lojistik performanslarına yönelik yürütülen çalışmada "altyapı" en önemli kriter olduğu tespit edilmiştir.
Rezaei ve diğerleri (2018)	107 Uzman Görüşü	2017-2018	BWM	LPI bileşenlerinin önem ağırlıklarının belirlendiği çalışmada en önemli kriterin "altyapı" olduğu tespit edilmiştir.
Liu ve diğerleri (2018)	42 Asya ülkesi	2007 – 2016	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi	Lojistik Performans Endeksi (LPI) ile karbon salınımı arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Tablo 1’de bulunan literatür özeti incelendiğinde yeşil lojistik, lojistik ve çevre, ülkelere ait lojistik performanslarının değerlendirilmesine yönelik birçok çalışmanın gerçekleştiği ve çalışmaların genellikle panel veri analizi ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile yürütüldüğü gözlemlenmiştir. Yapılan literatür incelemesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin genellikle ülkelerin lojistik performanslarının ölçülmesinde yönelik kullanıldığı tespit edilmiştir. Tian ve diğerlerine (2023) göre çok kriterli karar verme tekniklerine ilişkin birçok inceleme halihazırda mevcut olmasına rağmen, düşük karbonlu ulaşım ve yeşil lojistik alanında çok kriterli karar verme konusunda bütünsel inceleme çalışmaları eksiktir. Literatür özeti ile ortaya çıkan tablo, söz konusu eksikliğin geçerliliğini hala koruduğunu göstermektedir. Bu bilgilere dayanarak, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan Entropi ve TOPSIS yöntemleri ile yürütülen bu çalışmada, literatürde yer alan mevcut çalışmalarından farklı olarak OECD ülkelerine ait lojistik performans göstergelerinin yanı sıra çevresel göstergeler içerisinde bulunan kişi başına düşen karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi kriterleri de sürece dahil edilmiştir. Sonuç olarak lojistik ve çevre kapsamında OECD ülkelerine yönelik bütüncül bir değerlendirmenin gerçekleşmesi ve ülkelere ait yeşil lojistik performanslarının sıralama yapılarak değerlendirilmesi, yürütülen bu çalışmaya özgün bir değer katmaktadır.

2. Veri seti ve Yöntem

2.1. Veri seti

Bu çalışmada OECD kapsamında 37 ülkeye ait lojistik ile çevresel göstergeler birleştirilerek ulusal bazda yeşil lojistik başarılarının ölçümü hedeflenmiştir. Bu bağlamda ilk olarak ülkelerin lojistik faaliyetleri kapsamında karşılaştıkları zorlukları, engelleri ve fırsatları belirleyebilme imkânı sağlayan, aynı zamanda lojistik performanslarını ortaya koyan ve Dünya Bankası (World Bank) tarafından 2023 yılında yayımlanan Lojistik Performans Endeksi (LPI) çalışmaya dahil edilmiştir. Bu aşamadan sonra çevresel faktörler kapsamında ülkelere ait ekolojik ayak izi (EAI) ve karbon emisyon (CO₂) göstergelerinden faydalanılmış ve böylelikle araştırmada kullanılacak kriterler belirlenmiştir. İlgili kriterlerin literatürde bazı çalışmalarda (Santosa ve diğerleri, 2022; Özçelik ve Töngür, 2024) farklı yöntemlerle kullanıldığı gözlemlenmiştir. Söz konusu kriterlere ait betimleyici bilgiler aşağı sunulan tabloda belirtilmiştir.

Tablo 2: Kriterlere Ait Betimleyici Bilgiler

Kriter Kodu	Kriter Adı (İngilizce)	Kriter Adı (Türkçe)	Veri Kaynağı	Yönü	Açıklama
C1	Customs Score	Gümrük İşlemlerinin Etkinliği	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Gümrük faaliyetlerinde hız düzeyi ile maliyet ve şeffaflık seviyesi.
C2	Infrastructure Score	Altyapı Kalitesi	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Lojistik faaliyetlerindeki altyapının kalitesi.
C3	International Shipments Score	Uluslararası Gönderilerin Kolaylığı	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Uluslararası kapsamda taşımacılığın sıklığı ve maliyet etkinliği.
C4	Logistics Competence Score	Lojistik Hizmet Kalitesi	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Lojistik alanında hizmet verenlerin profesyonellik düzeyi.
C5	Tracking & Tracing Score	İzleme ve Takip Kapasitesi	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Gönderilerin dijital platformda izlenebilirlik düzeyi.
C6	Timeliness Score	Zamanında Teslimat Düzeyi	Dünya Bankası LPI (2023)	Fayda	Gönderilerin tahmin edilen süreçte teslim edilme düzeyi.
C7	Ecological Footprint (EAI)	Ekolojik Ayak İzi	Küresel Ayak izi Ağı (2023)	Maliyet	Tüketim faaliyetlerinin ülkelerin ekosistemi üzerindeki baskısını ölçer (gha/k kişi).
C8	CO ₂ Emissions (per capita) (CO ₂)	Kişi Başına Düşen CO ₂ Emisyonu	Dünya Bankası (2023)	Maliyet	Lojistik faaliyetleri ve enerji kullanımından kaynaklanan sera gazı salım düzeyi.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriterler, fayda ve maliyet kriterleri olarak sınıflandırılmaktadır. Yüksek değer beklentisi olan kriterler fayda, düşük değer beklentisinde

olan kriterler ise maliyet olarak değerlendirilmektedir (Vassoney vd., 2021). Bu bağlamda lojistik performansına ait kriterler fayda kriteri, çevresel göstergeler ise maliyet kriteri olarak belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada ülkelerin ulusal düzeyde yeşil lojistik performanslarını belirlemek adına Entropi ve TOPSIS yöntemleri olmak üzere iki aşamalı metodoloji kullanılmıştır.

2.2.1. Entropi Yöntemi

TOPSIS yönteminin uygulamasına geçmeden önce kriter ağırlıklarının seçimi önemli bir aşama olarak değerlendirilmektedir. Literatürde ağırlıkların belirlenmesine yönelik kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Fakat bu çalışmada ağırlıkların seçimi aşamasında, veri odaklı bir yaklaşım sergileyen Entropi yöntemi benimsenmiştir. İlk olarak 1865 yılında Clausis tarafından geliştirilen Entropi yöntemi, Shannon (1948) tarafından enformasyon teorisine uyarlanmıştır. Entropi yöntemi, veri temelli bir ağırlıklandırma gerçekleştirilmesi sebebiyle uzman görüşü ile belirlenen sübjektif ağırlıklandırma aşamalarını ortadan kaldırarak nesnel bir yaklaşım ve veri setinde çeşitliliğin az olması durumlarında hassas ölçümler yapabilmesi, araştırma aşamasında önemli avantajlar sağlamaktadır (Mao vd., 2016: 542; Shannon, 1948 – 393-394; Zhu vd., 2020: 1-2; Wu vd., 2022: 5).

Entropi yönteminin aşamaları aşağıda yer alan eşitliklerle açıklanmaktadır (Ayçin, 2023: 132-134):

1. Adım: Eşitlik (1)'de yer alan şekilde x_{ij} oluşturan Karar matrisi (D) oluşturulmaktadır. A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) karar alternatifi temsil etmektedir. Ayrıca x_{ij} j . değerlendirme kriterine göre i . alternatifi aldığa değer şeklinde tanımlanmaktadır.

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \vdots & A_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

2. Adım: Bu aşamada, karar matrisinin normalizasyonu gerçekleştirilmektedir. Farklı birimlerde bulunan kriter değerleri, normalizasyon işlemi ile $[0,1]$ arasında değerler almaktadır. Bu adımın formüle edilmiş hali Eşitlik 2'de sunulmaktadır. p_{ij} teriminde bulunan j . değerlendirme kriterine göre i . alternatifinin aldığa normalize değeri ifade etmektedir.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall i, j \quad (2)$$

3. Adım: Bu adımda kriterlere yönelik entropi değerleri bulunmaktadır. Eşitlik (3)'de ile hesaplanan e_j bileşeni entropi değerini göstermektedir.

$$e_j = -k \cdot \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}) \quad (3)$$

4. Adım: 3. Adımda elde edilen entropi değeri ile birlikte farklılaşma değeri olan d_j elde edilmektedir. Değerin elde edilmesinde kullanılan Eşitlik (4) aşağıda verilmiştir.

$$d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

5. Adım: Son aşamada araştırmaya dahil edilen her kriterin farklılaşma derecesi ile toplam farklılaştırma derecesi oranlanmaktadır. Bu sayede kriterlere ait ağırlık değerleri elde edilmektedir. Yapılan işlemin formüle edilmiş hali Eşitlik (5)'de sunulmuştur.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

2.2.2. TOPSIS Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan ve literatürde birçok çalışmada kullanılan TOPSIS yöntemi, nicel sonuçlar üreterek objektif ve ölçülebilir bir değerlendirme imkanı sunmaktadır (Tabatabaei, 2024). Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen yöntem, ideal çözüme en yakın ve negatif ideale en uzak olma prensibiyle sonuçlar üretmektedir. TOPSIS yönteminin uygulama süreci aşağıda yer alan aşamalarla özetlenmiştir (Ayçin, 2023: 292 - 295):

1. Adım: TOPSIS yönteminin ilk aşamasında karar matrisinin oluşturulması yer almaktadır. Karar matrisindeki satır bölümünde üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları; sütunlarda ise karar verme kısmında faydalanılacak olan değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Eşitlik (7)'de bulunan m terimi karar alternatif sayısını temsil ederken, n değerlendirme kriter sayısını ifade etmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2. Adım: Karar matrisinin oluşturulmasından sonra bu matrisin normalleştirilmesi aşamasına geçilmektedir. Bu adımda literatürde farklı tarzda birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu bağlamda gerçekleştirilen bu araştırmada TOPSIS yönteminde sıklıkla kullanılan vektör normalizasyonu kullanılmıştır. Bu bağlamda 2. Adıma ait gerçekleştirilen işlemin formüle edilmiş hali Eşitlik (8)'de gösterilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (8)$$

3. Adım: Bu adımda belirlenen kriterlere yönelik ağırlık değerleri (w_j) toplamaları $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ şeklinde belirlenmektedir. Elde edilen ağırlık değerleri sayesinde TOPSIS yönteminin subjektif yönü ortaya konmaktadır. Standart karar matrisinde bulunan her bir eleman ilgili kritik ağırlıklar ile çarpılmaktadır. Böylelikle ağırlıklandırılmış standart karar matrisi (V) elde edilmektedir. Ağırlıklandırılmış standart karar matrisinin elde edilmesinde kullanılan denklem Eşitlik (9)'da verilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

4. Adım: Ağırlıklandırılmış karar matrisinin elde edilmesi ile birlikte ideal çözüm değerleri elde edilmektedir. İdeal çözüm değerleri “pozitif ve negatif ideal çözüm” şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Maksimizasyon yönlü bir durumun olması halinde pozitif ideal çözüm setinin elde edilmesi için V matrisinde bulunan ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin en büyükleri seçilmektedir. Bu işlem Eşitlik (10)’da ifade edilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (10)$$

Maksimizasyon yönlü bir durumun olması halinde negatif ideal çözüm setinin elde edilmesi için V matrisinde bulunan ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin en küçükleri seçilmektedir. Yapılan işlemin formüle edilmiş hali Eşitlik (11)’de ifade edilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (11)$$

5. Adım: Karar alternatifleri için pozitif ve negatif ideal çözüm setinden meydana gelebilecek sapmaların bulunması için Öklidyen Uzaklık Yaklaşımından faydalanılmaktadır. Bu bağlamda pozitif ve negatif ideal noktalara olan uzaklığın belirlenmesinde Eşitlik (12)’den yararlanılmaktadır.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (12)$$

TOPSIS yönteminde her bir karar alternatifi için ideal olan ve ideal olmayan noktalara olan uzaklığın elde edilmesi için Eşitlik (13) ve Eşitlik (14)’den faydalanılmaktadır. Eşitlik (13) pozitif ideal uzaklığın denklemini gösterirken, Eşitlik (14) negatif ideal uzaklığın hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (13)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

6. Adım: Son olarak ideal çözüme göreceli yakınlık değeri elde edilmektedir. Bu değer hesaplanmasında Eşitlik (15)’de belirtilen formül kullanılmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (15)$$

C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında bir değere sahip olacaktır. Ayrıca $C_i^* = 1$ değeri söz konusu karar alternatifinin pozitif ideal çözüme olan mutlak yakınlığını temsil etmektedir. $C_i^* = 0$ ise negatif ideal çözüme mutlak yakınlığı göstermektedir.

3. Bulgular

Bu bölümde araştırmada kullanılan Entropi ve TOPSIS yöntemlerine ait bulgulara değinilmiştir. İlk olarak Tablo 3’de araştırma için belirlenen kriterlere ait karar matrisine yer verilmiştir.

Tablo 3: Karar Matrisi

Ülkeler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Finlandiya	4	4,2	4,1	4,2	4,3	4,2	6,09	5,65
Danimarka	4,1	4,1	3,6	4,1	4,1	4,3	6,95	4,58
Almanya	3,9	4,3	3,7	4,2	4,1	4,2	4,24	7,05
Hollanda	3,9	4,2	3,7	4,2	4	4,2	3	6,56
İsviçre	4,1	4,4	3,6	4,3	4,2	4,2	4,2	3,69
Avusturya	3,7	3,9	3,8	4	4,3	4,2	5,95	6,42
Belçika	3,9	4,1	3,8	4,2	4,2	4	5,43	7,12
Kanada	4	4,3	3,6	4,2	4,1	4,1	8,24	13,98
İsveç	4	4,2	3,4	4,2	4,2	4,1	5,86	3,46
Fransa	3,7	3,8	3,7	3,8	4,1	4	4,82	4,1
Japonya	3,9	4,2	3,3	4,1	4	4	4,05	7,95
İspanya	3,6	3,8	3,7	3,9	4,2	4,1	3,52	4,63
Güney Kore	3,9	4,1	3,4	3,8	3,8	3,8	5,55	2,3
Amerika	3,7	3,9	3,4	3,9	3,8	4,2	7,65	14,3
Avusturya	3,7	4,1	3,1	3,9	3,6	4,1	7,42	14,48
Yunanistan	3,2	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,53	5,39
İtalya	3,4	3,8	3,4	3,8	3,9	3,9	4,41	5,27
Norveç	3,8	3,9	3	3,8	4	3,7	4,58	7,05
İngiltere	3,5	3,7	3,5	3,7	3,7	4	3,85	4,4
Estonya	3,2	3,5	3,4	3,7	4,1	3,8	9,03	7,33
İrlanda	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	5,35	6,63
İsrail	3,4	3,7	3,5	3,8	3,8	3,7	4,72	6,43
Lüksemburg	3,6	3,6	3,6	3,9	3,5	3,5	11,63	10,52
Yeni Zelanda	3,4	3,8	3,2	3,7	3,8	3,8	5,5	5,82
Polonya	3,4	3,5	3,3	3,6	3,9	3,8	4,53	7,46
Letonya	3,3	3,3	3,2	3,7	4	3,6	7,96	3,46
Litvanya	3,2	3,5	3,4	3,6	3,6	3,1	6,51	4,37
Portekiz	3,2	3,6	3,1	3,6	3,6	3,2	4,29	3,57
Türkiye	3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5	3,46	4,95
Çek Cum.	3	3	3,4	3,6	3,7	3,2	5,46	7,92
Slovak Cum.	3,2	3,3	3	3,4	3,5	3,3	4,23	5,57
Slovenya	3,4	3,6	3,4	3,3	3,3	3	5,26	5,37
Macaristan	2,7	3,1	3,4	3,1	3,6	3,4	3,07	4,15
Şili	3	2,8	2,7	3,1	3,2	3	4,25	3,93
Kolombiya	2,5	2,9	3	3,1	3,2	3,1	1,97	2,01
Kosta Rika	2,8	2,7	2,8	2,9	3,2	2,9	2,53	1,62
Meksika	2,5	2,8	2,8	3	3,5	3,1	1,2	3,72

Bu aşamadan sonra kriterlerin, vaka birimlerinden ayrışması ve bağımsız hale getirilmesi adına normalize işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 4’de belirtilmiştir.

Tablo 4: Normalleştirilmiş Karar Matrisi

Ülkeler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Finlandiya	0,188328	0,197744	0,193036	0,197744	0,202452	0,197744	0,286729	0,266013
Danimarka	0,193036	0,193036	0,169495	0,193036	0,193036	0,202452	0,327219	0,215635
Almanya	0,183619	0,202452	0,174203	0,197744	0,193036	0,197744	0,199627	0,331927
Hollanda	0,183619	0,197744	0,174203	0,197744	0,188328	0,197744	0,141246	0,308857
İsviçre	0,193036	0,207160	0,169495	0,202452	0,197744	0,197744	0,197744	0,173732
Avusturya	0,174203	0,183619	0,178911	0,188328	0,202452	0,197744	0,280137	0,302266
Belçika	0,183619	0,193036	0,178911	0,197744	0,197744	0,188328	0,255655	0,335223
Kanada	0,188328	0,202452	0,169495	0,197744	0,193036	0,193036	0,387955	0,658205
İsveç	0,188328	0,197744	0,160078	0,197744	0,197744	0,193036	0,275900	0,162903
Fransa	0,174203	0,178911	0,174203	0,178911	0,193036	0,188328	0,226935	0,193036
Japonya	0,183619	0,197744	0,155370	0,193036	0,188328	0,188328	0,190682	0,374301
İspanya	0,169495	0,178911	0,174203	0,183619	0,197744	0,193036	0,165728	0,217989
Güney Kore	0,183619	0,193036	0,160078	0,178911	0,178911	0,178911	0,261305	0,108288
Amerika	0,174203	0,183619	0,160078	0,183619	0,178911	0,197744	0,360177	0,673271
Avusturya	0,174203	0,193036	0,145954	0,183619	0,169495	0,193036	0,349348	0,681746
Yunanistan	0,150662	0,174203	0,178911	0,178911	0,183619	0,183619	0,166199	0,253771
İtalya	0,160078	0,178911	0,160078	0,178911	0,183619	0,183619	0,207631	0,248122
Norveç	0,178911	0,183619	0,141246	0,178911	0,188328	0,174203	0,215635	0,331927
İngiltere	0,164787	0,174203	0,164787	0,174203	0,174203	0,188328	0,181265	0,207160
Estonya	0,150662	0,164787	0,160078	0,174203	0,193036	0,178911	0,425150	0,345110
İrlanda	0,160078	0,164787	0,169495	0,169495	0,174203	0,174203	0,251888	0,312153
İsrail	0,160078	0,174203	0,164787	0,178911	0,178911	0,174203	0,222227	0,302737
Lüksemburg	0,169495	0,169495	0,169495	0,183619	0,164787	0,164787	0,547562	0,495302
Yeni Zelanda	0,160078	0,178911	0,150662	0,174203	0,178911	0,178911	0,258950	0,274017
Polonya	0,160078	0,164787	0,155370	0,169495	0,183619	0,178911	0,213281	0,351231
Letonya	0,155370	0,155370	0,150662	0,174203	0,188328	0,169495	0,374772	0,162903
Litvanya	0,150662	0,164787	0,160078	0,169495	0,169495	0,145954	0,306503	0,205748
Portekiz	0,150662	0,169495	0,145954	0,169495	0,169495	0,150662	0,201981	0,168082
Türkiye	0,141246	0,160078	0,160078	0,164787	0,169495	0,164787	0,162903	0,233055
Çek Cum.	0,141246	0,141246	0,160078	0,169495	0,174203	0,150662	0,257067	0,372889
Slovak Cum.	0,150662	0,155370	0,141246	0,160078	0,164787	0,155370	0,199156	0,262246
Slovenya	0,160078	0,169495	0,160078	0,155370	0,155370	0,141246	0,247651	0,252830
Macaristan	0,127121	0,145954	0,160078	0,145954	0,169495	0,160078	0,144541	0,195390
Şili	0,141246	0,131829	0,127121	0,145954	0,150662	0,141246	0,200098	0,185032
Kolombiya	0,117705	0,136538	0,141246	0,145954	0,150662	0,145954	0,092751	0,094635
Kosta Rika	0,131829	0,127121	0,131829	0,136538	0,150662	0,136538	0,119117	0,076273
Meksika	0,117705	0,131829	0,131829	0,141246	0,164787	0,145954	0,056498	0,175145

Karar matrisinin normalleştirilmesi ile birlikte TOPSIS yönteminde kullanılmak üzere ağırlık değerleri Entropi yöntemi değerlendirilmiş ve Tablo 5’de söz konusu değerlere yer verilmiştir.

Tablo 5: Ülkelerin Göstergelerine ait Farklılaşma Dereceleri, Entropi ve Kriter Ağırlık Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
<i>ej</i>	0,998	0,998	0,999	0,999	0,999	0,998	0,979	0,968
<i>dj</i>	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,021	0,032
<i>wj</i>	0,036	0,035	0,019	0,022	0,015	0,029	0,337	0,507

Tablo 5’de Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kriterlerin önem düzeylerinde asimetrinin bulunduğu gözlemlenmiştir. Karar problemindeki en baskın kriterin 0,507 ağırlık değeriyle kişi başına düşen karbon emisyonu (C8) kriterinin olduğu ortaya konulmuştur. Diğer kriterler incelendiğinde ise C8 kriterini, 0,337 ağırlık değeri ile ekolojik ayak izi (C7) kriterinin takip ettiği belirlenmiştir. Lojistik Performans Endeksi (LPI) bileşenlerine ait ağırlık değerleri incelendiğinde ise 0,036 değeri ile Gümrük İşlemlerinin Etkinliği (C1) ve 0,035 değeri ile altyapı kalitesi (C2) kriterlerinin ön plana çıktığı fakat LPI kapsamında çalışmaya dahil edilen kriterlerin ağırlık değerlerinin düşük seviyede kaldığı gözlemlenmiştir. En düşük ağırlık değerine sahip olan kriterin ise İzleme ve Takip Kapasitesi (C5) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6: Entropi Ağırlıkları ile Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Ülkeler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Finlandiya	0,006725	0,006958	0,003591	0,004350	0,003048	0,005700	0,096668	0,134995
Danimarka	0,006894	0,006793	0,003153	0,004246	0,002906	0,005836	0,110319	0,109430
Almanya	0,006557	0,007124	0,003241	0,004350	0,002906	0,005700	0,067302	0,168445
Hollanda	0,006557	0,006958	0,003241	0,004350	0,002835	0,005700	0,047620	0,156738
İsviçre	0,006894	0,007290	0,003153	0,004454	0,002977	0,005700	0,066667	0,088165
Avusturya	0,006221	0,006461	0,003329	0,004143	0,003048	0,005700	0,094445	0,153392
Belçika	0,006557	0,006793	0,003329	0,004350	0,002977	0,005429	0,086191	0,170118
Kanada	0,006725	0,007124	0,003153	0,004350	0,002906	0,005565	0,130795	0,334023
İsveç	0,006725	0,006958	0,002978	0,004350	0,002977	0,005565	0,093017	0,082669
Fransa	0,006221	0,006296	0,003241	0,003936	0,002906	0,005429	0,076509	0,097961
Japonya	0,006557	0,006958	0,002891	0,004246	0,002835	0,005429	0,064286	0,189949
İspanya	0,006053	0,006296	0,003241	0,004039	0,002977	0,005565	0,055874	0,110624
Güney Kore	0,006557	0,006793	0,002978	0,003936	0,002693	0,005158	0,088096	0,054954
Amerika	0,006221	0,006461	0,002978	0,004039	0,002693	0,005700	0,121430	0,341669
Avusturya	0,006221	0,006793	0,002715	0,004039	0,002552	0,005565	0,117779	0,345969
Yunanistan	0,005380	0,006130	0,003329	0,003936	0,002764	0,005293	0,056032	0,128783
İtalya	0,005717	0,006296	0,002978	0,003936	0,002764	0,005293	0,070001	0,125916
Norveç	0,006389	0,006461	0,002628	0,003936	0,002835	0,005022	0,072699	0,168445
İngiltere	0,005885	0,006130	0,003066	0,003832	0,002622	0,005429	0,061112	0,105129
Estonya	0,005380	0,005799	0,002978	0,003832	0,002906	0,005158	0,143335	0,175135
İrlanda	0,005717	0,005799	0,003153	0,003729	0,002622	0,005022	0,084921	0,158410
İsrail	0,005717	0,006130	0,003066	0,003936	0,002693	0,005022	0,074921	0,153631
Lüksemburg	0,006053	0,005964	0,003153	0,004039	0,002481	0,004750	0,184605	0,251353
Yeni Zelanda	0,005717	0,006296	0,002803	0,003832	0,002693	0,005158	0,087302	0,139057
Polonya	0,005717	0,005799	0,002891	0,003729	0,002764	0,005158	0,071905	0,178241
Letonya	0,005549	0,005467	0,002803	0,003832	0,002835	0,004886	0,126350	0,082669
Litvanya	0,005380	0,005799	0,002978	0,003729	0,002552	0,004207	0,103334	0,104412
Portekiz	0,005380	0,005964	0,002715	0,003729	0,002552	0,004343	0,068096	0,085298
Türkiye	0,005044	0,005633	0,002978	0,003625	0,002552	0,004750	0,054921	0,118270
Çek Cum.	0,005044	0,004970	0,002978	0,003729	0,002622	0,004343	0,086668	0,189232
Slovak Cum.	0,005380	0,005467	0,002628	0,003521	0,002481	0,004479	0,067144	0,133084
Slovenya	0,005717	0,005964	0,002978	0,003418	0,002339	0,004072	0,083493	0,128305
Macaristan	0,004540	0,005136	0,002978	0,003211	0,002552	0,004615	0,048731	0,099156
Şili	0,005044	0,004639	0,002365	0,003211	0,002268	0,004072	0,067461	0,093899
Kolombiya	0,004203	0,004805	0,002628	0,003211	0,002268	0,004207	0,031270	0,048025
Kosta Rika	0,004708	0,004473	0,002453	0,003004	0,002268	0,003936	0,040159	0,038707
Meksika	0,006725	0,006958	0,003591	0,004350	0,003048	0,005700	0,096668	0,134995

Ağırlıklandırılmış karar matrisinin oluşturulmasından sonra TOPSIS yönteminin en önemli aşamaları arasında yer alan pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilmiş ve söz

konusu değerler Tablo 7’de belirtilmiştir.

Tablo 7: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A*	0,00689	0,00729	0,00359	0,00445	0,00305	0,00584	0,01905	0,03871
A ⁻	0,00420	0,00447	0,00237	0,00300	0,00227	0,00394	0,18461	0,34597

Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilerek gerçekleştirilen araştırmanın önemli bir aşaması tamamlanmıştır. Bu işlemten sonra TOPSIS yönteminin son aşamalarından biri olan ideal noktalara uzaklık değerleri belirlenmiş ve bu değerlere Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo 8: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Uzaklık Değerleri

Ülkeler	S_i^*	S_i^-
Finlandiya	0,006725	0,006958
Danimarka	0,006894	0,006793
Almanya	0,006557	0,007124
Hollanda	0,006557	0,006958
İsviçre	0,006894	0,007290
Avusturya	0,006221	0,006461
Belçika	0,006557	0,006793
Kanada	0,006725	0,007124
İsveç	0,006725	0,006958
Fransa	0,006221	0,006296
Japonya	0,006557	0,006958
İspanya	0,006053	0,006296
Güney Kore	0,006557	0,006793
Amerika	0,006221	0,006461
Avusturya	0,006221	0,006793
Yunanistan	0,005380	0,006130
İtalya	0,005717	0,006296
Norveç	0,006389	0,006461
İngiltere	0,005885	0,006130
Estonya	0,005380	0,005799
İrlanda	0,005717	0,005799
İsrail	0,005717	0,006130
Lüksemburg	0,006053	0,005964
Yeni Zelanda	0,005717	0,006296
Polonya	0,005717	0,005799
Letonya	0,005549	0,005467
Litvanya	0,005380	0,005799
Portekiz	0,005380	0,005964
Türkiye	0,005044	0,005633
Çek Cum.	0,005044	0,004970
Slovak Cum.	0,005380	0,005467
Slovenya	0,005717	0,005964
Macaristan	0,004540	0,005136
Şili	0,005044	0,004639
Kolombiya	0,004203	0,004805
Kosta Rika	0,004708	0,004473
Meksika	0,006725	0,006958

Tablo 9’da her bir ülkenin (alternatifin) ideal çözüme göreceli yakınlık değerini temsil eden C_i^* değerleri belirtilmiştir. Bu değerler ile yeşil lojistik kapsamında ülkelerin performans sıralamaları gerçekleştirilmiştir. C_i^* değerinin 1 değerine yaklaşması alternatifin ideal çözüme

o ölçüde yakın olduğunu ifade etmekte; 0 değerine yaklaşması ise ideal çözüme o derece uzak olduğunu göstermektedir (Hwang & Yoon, 1981: 128).

Tablo 9: İdeal Çözüme Göreceli Yakınlık Değerleri ve Ülke Sıralamaları

Ülkeler	C_i^*	Sıralamalar
Danimarka	1	1
İsviçre	1	1
Finlandiya	0,995575221	3
Kanada	0,995575221	3
İsveç	0,995575221	3
Almanya	0,98	6
Hollanda	0,98	6
Belçika	0,98	6
Japonya	0,98	6
Güney Kore	0,98	6
Norveç	0,949438202	11
Avusturya	0,9	12
Fransa	0,9	12
Amerika	0,9	12
Avusturya	0,9	12
İspanya	0,828767123	16
Lüksemburg	0,828767123	16
İngiltere	0,735294118	18
İtalya	0,623076923	19
İrlanda	0,623076923	19
İsrail	0,623076923	19
Yeni Zelanda	0,623076923	19
Polonya	0,623076923	19
Slovenya	0,623076923	19
Letonya	0,5	25
Yunanistan	0,376923077	26
Estonya	0,376923077	26
Litvanya	0,376923077	26
Portekiz	0,376923077	26
Slovak Cum.	0,376923077	26
Türkiye	0,171232877	31
Çek Cum.	0,171232877	31
Şili	0,171232877	31
Kosta Rika	0,050561798	34
Macaristan	0,02	35
Kolombiya	0	36
Meksika	0	36

OECD ülkelerinin yeşil lojistik performanslarının karşılaştırılması adına gerçekleştirilen bu çalışmada, Tablo 9’da görülen bulgular ile araştırma tamamlanmış ve önemli düzeyde sonuçlar elde edilmiştir. Bu bağlamda OECD ülkeleri içerisinde yer alan Danimarka, İsviçre, Finlandiya, Kanada ve İsveç’in ilk 5 ülke arasında yer aldığı ve en başarılı yeşil lojistik uygulamalarına sahip olduğu kanaati yapılan bu çalışma ile belirlenmiştir. Diğer açıdan bakıldığında; Türkiye, Çek Cumhuriyeti, Şili, Kosta Rika, Macaristan, Kolombiya ve Meksika’nın yeşil lojistik uygulamalarında henüz istenilen seviyede olmadığı ve başarı sıralamasında son 5 ülke içerisinde yer aldıkları gözlemlenmiştir.

Sonuç

Son yıllarda sürdürülebilir bir çevrenin inşa edilmesi, uluslararası düzeyde ele alınan bir konudur. Bu durum özellikle literatürde birçok çalışmaya konu olmuş ve üretim, ekonomik büyüme, lojistik gibi alanlarda “yeşil” unsurunun ön plana çıkmasına imkan sağlamıştır. Bu doğrultuda yürütülen bu çalışmada, OECD ülkeleri yeşil lojistik bağlamında ele alınmış ve yeşil lojistik performanslarına göre ülkelerin göre sıralanması gerçekleştirilerek, karşılaştırılması amaçlanmıştır.

OECD ülkelerinin 2023 yılına ait verileriyle gerçekleştirilen çalışmada, lojistik performans endeksi (LPI), ekolojik ayak izi (EAI) ve kişi başına düşen karbon emisyon (CO₂) değerleri kullanılarak araştırmanın veri seti oluşturulmuştur. Araştırmada metodolojik olarak çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan Entropi ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. İlk olarak veri setinde bulunan kriterlerin ağırlıkları, Entropi yöntemi ile objektif bir şekilde belirlenmiştir. Bu doğrultuda her kriterin bilgi düzeyi dikkate alınmış ve karar aşamasında öznel yargılardan bağımsız bir süreç meydana gelmiştir.

Entropi yöntemi ile elde edilen bulgulara bakıldığında 0,507 ağırlık değeri ile kişi başına düşen karbon emisyonu (C8) en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriterin ağırlık değerine en yakın kriterin 0,337 ağırlık değerine sahip olan ekolojik ayak izi (C7) kriteri olduğu gözlemlenmiş ve iki kriterinin toplam ağırlığının %84,4 olduğu belirlenmiştir. Lojistik performans endeksi (LPI) verileri kullanılarak çalışmaya dahil edilen kriterlerin ağırlık düzeyleri incelendiğinde ise 0,036 ağırlık değerine sahip olan gümrük işlemlerinin etkinliği (C1) ile 0,035 ağırlık değeri bulunan altyapı kalitesi (C2) kriteri ön plana çıkmıştır. En düşük ağırlık değerine sahip olan kriterin, izleme ve takip kapasitesi (C5) olduğu tespit edilmiştir. Kriter ağırlıklarına genel çerçevede bakıldığında, çevresel göstergeleri temsil eden kriterlerin ağırlık düzeylerinin yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum OECD ülkelerinin çevresel göstergelerde farklılaştıklarını, lojistik süreçlerinde ise homojen bir yapıya sahip olduklarını ortaya koymuştur. Dolayısıyla ülkelerin yeşil lojistik performans sıralamasında lojistik faaliyetlerini temsil eden değerlerin birbirine yakın olması sebebiyle belirleyici olmadığı, ana faktörün çevresel göstergeleri temsil eden kriterler olduğu uygulanan Entropi yöntemi ile tespit edilmiştir.

Entropi yönteminde elde edilen karar matrisi ile pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklar belirlenmiş ve TOPSIS yöntemi için gerekli zemin hazırlanmıştır. Araştırmanın son aşamasında TOPSIS yöntemi uygulanmış ve OECD ülkelerinin yeşil lojistik performanslarına yönelik değerler elde edilmiştir. Elde edilen bulgular ile oluşturulan sıralamada Danimarka, İsviçre, Finlandiya, Kanada ve İsveç’in yeşil lojistik performanslarının yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu ülkelere ait LPI değerlerinin yüksek seviyede bulunması ve çevresel sürdürülebilirlik politikalarını benimseyen ekonomiler olmaları, gerçekleştirilen sıralamanın doğruluğunu ve tutarlılığını desteklemektedir. Buna karşın Türkiye, Çek Cumhuriyeti, Şili, Kosta Rika, Macaristan, Kolombiya ve Meksika ülkelerine ait yeşil lojistik performanslarının diğer ülkelere göre daha zayıf olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkelerin LPI değerlerine bakıldığında lojistik faaliyetlerinde istenilen verimliliğe ulaşamadıkları gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu süreçte söz konusu ülkelerde lojistik faaliyetleri gerçekleştirirken kaynak tüketimi artmakta ve bu artış çevreye daha fazla zarar verebilmektedir. Bu durum çevresel

sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını zorlaştırarak, ilgili ülkelerin yeşil lojistikte istenilen düzeyin gerisinde kalmasına yol açtığı düşünülmektedir.

Araştırma bulgularında çevresel göstergelerle oluşturulan kriterlerin ağırlık değerlerindeki baskınlık sebebiyle LPI kapsamındaki kriterlere (C1-C6) ait ağırlık değerleri düşük hesaplanmıştır. Fakat LPI grubu kendi içerisinde değerlendirildiğinde, operasyonel boyutta gümrük işlemlerinin etkinliği ve altyapı kriterlerinin diğer kriterlere göre önem düzeyi yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Dünya Bankası'nın güncel lojistik performans endeksi raporunda bulunan değerlendirmeler, araştırmada elde edilen sonuçları desteklenmektedir. Raporda düşük performanslı ülkelerin genel puanını yükseltmesi için gümrük ve altyapılarında iyileştirmelere gitmesi gerektiği belirtilmiştir (Arvis vd. 2023). Ayrıca LPI boyutunda bulunan kriterler arasında altyapının ön plana çıkması, literatürde yer alan bazı çalışmalarla (Özekenci, 2025a; Stević vd., 2024; Çalık vd., 2023; Arıkan Kargı, 2022; Ulutaş ve Karaköy, 2019; Rezaei vd., 2018) paralellik göstermektedir. Analiz sonuçlarında dikkat çeken diğer bir husus Almanya'nın literatürdeki çoğu çalışmada (Yürüyen ve Topal, 2025; Stević vd., 2024; Topal ve Ulutaş, 2024; Arıkan Kargı, 2022; Yildirim ve Mercangoz, 2020; Ozmen, 2019) en yüksek lojistik performansına olduğu gözlemlenmekte fakat Almanya'nın bu çalışmada 6. sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Almanya, lojistik faaliyetleri açısından değerlendirildiğinde Dünya'nın en gelişmiş sistemine sahip ülkeler arasında yer almasına rağmen bu araştırmada kişi başına düşen karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi kriterlerinin ağırlık değerlerinin yüksek olması nedeniyle yeşil lojistik performansı bağlamında Danimarka, İsviçre, Finlandiya ve Kanada gibi ülkelerin gerisinde kalmıştır. Bu durum Mariano ve diğerleri (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile desteklenmiş; LPI kapsamında gerçekleştirilen sıralamada Almanya'nın lider olan ülkeler arasında bulunduğu fakat çevresel faktörleri sürece dahil edildiğinde sıralamada gerileme yaşadığı belirtilmiştir.

Elde edilen bulgular ile yeşil lojistik performansı kapsamında birtakım politikalar geliştirmek mümkün hale gelmiştir. Yeşil lojistik performansının yükselmesi adına ülkelerin, lojistik faaliyetlerinde yeşil dönüşümün sağlanması ve fosil yakıt tüketen araçlar yerine elektrikli araçların benimseme gereksinimi ön plana çıkmıştır. Aynı zamanda birçok avantajlar sunan akıllı ulaşım sistemlerine gereken önemin verilmesi beklenmektedir. Böylelikle ideal rota, trafik yoğunluğunun belirlenmesi vb. unsurların sürece katkı sağlaması mümkün hale gelebilmektedir. Bu tarz inovasyonların benimsenerek AR-GE çalışmaları ile desteklenmesi, yeşil lojistik hedeflerine ulaşılmasını kolaylaştıracağı ön görülmektedir. Ayrıca ülkelerin lojistik sektöründe çevresel sürdürülebilirlik hedefi kapsamında gerekli yasal düzenlemeleri ve teşvik sistemini sürece dahil etmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle ekonomik büyüme hedefiyle kaynak ve enerji tüketiminde kontrolsüz bir yaklaşımın önüne geçilmesi adına ülke yönetimleri gerekli görülen reformların gerçekleşmesi, yeşil lojistik hedefi kapsamında önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilmektedir. Uluslararası çerçevede, çevreye yönelik belirlenen strateji ve politikalara uygun faaliyetlerin yürütülmesinde kararlı bir duruşun sergilenmesinin sürece katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu araştırmada, ülkelerin yeşil lojistik performanslarına yönelik önemli bulgular sunulmasının yanı sıra bazı kısıtlılıklar bulunmaktadır. Araştırmada kullanılan veri seti, Dünya Bankası tarafından 2023 yılı için yayınlanan değerler ile oluşturulmuştur. Aynı zamanda bazı ülkeler, verilerinin eksik olması sebebiyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Gelecekteki araştırmalar daha güncel ve eksiksiz verilerle gerçekleştirilebilir ve elde edilen bulgular bu araştırmanın sonuçları ile karşılaştırılabilir. Bu araştırma homojen bir yapının oluşturulması

adına OECD ülkeleri kapsamında gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda gelişmekte olan ülkeler değerlendirilebilir ve böylelikle literatüre önemli katkılar sunulabilir. Son olarak literatürdeki çalışmalar incelendiğinde araştırmalarda genellikle geleneksel lojistik performans karşılaştırılmasının yapıldığı gözlemlenmiştir. Gelecekteki çalışmalarda, bu araştırmada kullanılan kriterlerin farklı ÇKKV yöntemleriyle değerlendirilmesinin literatüre önemli katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Extended Abstract

In recent years, climate change, global warming, and increased carbon emissions have had a serious impact on the environment. This situation has prompted countries to take action and adopt strategies and policies aimed at environmental sustainability. As a result of this process, innovations and developments have emerged in a sectoral context to minimize the impact on the environment. The concept of green logistics has emerged during this process and has brought about changes in the logistics sector, which accounts for a significant portion of greenhouse gas emissions. In this context, green logistics advocates a system in which logistics activities such as transportation are carried out using renewable energy instead of fossil fuels. Thus, while carrying out logistics activities, environmental sustainability will also be ensured. However, it does not seem possible for green logistics practices to be implemented at the same level in every country. Indeed, the level of development of countries plays an important role at this stage. This study aims to determine the green logistics performance of OECD countries. Furthermore, by adopting the multi-criteria decision-making (MCDM) method, it aims to analyze the relationship between logistics efficiency and environmental sustainability.

The study first established its dataset by accessing the logistics performance index (customs efficiency, infrastructure quality, international transport, logistics competence, tracking and tracing, on-time delivery) for OECD countries for 2023, along with environmental indicators such as ecological footprint and carbon emissions per capita. These criteria, when considered together, reflect both the efficiency of logistics systems and their environmental impacts. The data was obtained from the World Bank and the Global Footprint Network, sources recognized for their reliability internationally. Among the Multi-Criteria Decision Making Methods, the Entropy and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methods were used in the study. After determining the methods to be used in the research, the Entropy method was used to determine the weights of the criteria. After obtaining the relevant values, the TOPSIS process was initiated, and at the end of this process, findings regarding the green logistics performance of OECD countries were obtained.

When the values obtained using the entropy method are examined, it is determined that the per capita carbon emission criterion and the ecological footprint criterion are the most important criteria. It is revealed that the customs operations efficiency and infrastructure quality criteria follow these criteria in terms of importance level. The monitoring & tracking score criterion is observed to be the least important criterion. Furthermore, the findings reveal differences in the green logistics performance of OECD countries. This study determined that Denmark, Switzerland, Finland, Canada, and Sweden, which are among the OECD countries and have developed their logistics infrastructure, rank among the top five countries and have the most successful green logistics practices. On the other hand, Turkey, the Czech Republic,

Chile, Costa Rica, Hungary, Colombia, and Mexico were observed to have relatively low green logistics performance.

The findings of the study provide important insights for national governments and businesses in the logistics sector. National governments need to develop policies that encourage low-carbon logistics activities (such as maritime transport and carbon pricing mechanisms) in the logistics sector. From the perspective of businesses, the adoption of green logistics practices is important both in terms of supply chain efficiency and reducing environmental impacts. Countries within the OECD that have weak performance should pay attention to these issues when making decisions, as this will enable them to manage the process more effectively.

A review of the literature reveals that studies using LPI data have either assessed countries' logistics performance alone or examined environmental indicators solely in terms of the structure and development level of environmental sustainability. In this study, indicators defined as LPI, EAI, and CO2 are combined and analyzed in a multidimensional manner, and it is believed that this study will make a unique contribution to the literature with this quality.

This study presents important findings on countries green logistics performance, but there are some limitations. The dataset used in the study was compiled using values published by the World Bank for 2023. Furthermore, some countries were not included in the study due to missing data. Future studies can be conducted with more up-to-date and complete data, and the findings obtained can be compared with the results of this study. This study was conducted within the scope of OECD countries to create a homogeneous structure. Future studies can evaluate developing countries and thus make important contributions to the literature. Finally, a review of the literature reveals that studies generally compare traditional logistics performance. It is anticipated that future studies evaluating the criteria used in this research with different LTV methods will make important contributions to the literature.

In conclusion, this study highlights the key role of logistics in the transition to a sustainable economy. An objective and data-driven ranking was achieved by using the Entropy and TOPSIS methods to determine the green logistics performance of OECD countries. While contributing to the literature with theoretical insights, this study also provides information that can assist the logistics sector in practical applications. Furthermore, it has been demonstrated that green logistics, due to its nature of combining environmental and logistics concepts, should be evaluated within the scope of sustainable development planning. It is thought that country administrations, taking these issues into account, could contribute to the preservation of the ecological structure by also evaluating their logistics performance in decisions made with an emphasis on sustainability.

Etik Beyanı	: Çalışmanın tüm hazırlık aşamalarında etik kurallara uyulduğu yazar tarafından beyan edilir. Aksi bir durumun tespiti hâlinde, Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi herhangi bir sorumluluk kabul etmez ve tüm sorumluluk yazara aittir.
Etik Onayı	: Çalışmada katılımcılardan anket, görüşme, gözlem ya da deney yoluyla birincil veri veya kişisel veri içeren herhangi bir içerik kullanılmamıştır. Bu nedenle etik kurul onayı gerekmemektedir.
Çıkar Çatışması	: Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.
Yazar Katkısı	: Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır. Tüm katkı (%100) Okan KEKÜL'e aittir.
Finansman	: Yoktur.
Teşekkür	: Yoktur.
Yapay Zekâ Kullanımı	: Yapay zekâ destekli herhangi bir araç kullanılmamıştır.

Ethical Approval	: The author declares that all stages of the study were conducted in accordance with ethical research principles. In the event of any misconduct, Artvin Çoruh University Journal of International Social Sciences assumes no responsibility and all responsibility lies with the author.
Ethical Approval	: The study did not involve the collection of primary data or any content containing personal data through surveys, interviews, observations, or experiments with participants. Therefore, ethical approval was not required.
Conflict of Interest	: No conflict of interest exists.
Author Contributions	: This is a single-author study. All contributions (100%) belong to xxxxx.
Funding	: None.
Acknowledgements	: None.
AI Use Statement	: No artificial intelligence tools were used in the preparation of this study.

Kaynakça

- Ayçin, E. (2023). *Çok kriterli karar verme: Bilgisayar uygulamalı çözümler*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Abdul Mumin, M., Yakubu, I. N., & Adam, I. O. (2025). The synthesis of logistics performance and technological innovation on environmental quality. *Technological Sustainability*, 4(1), 114–129.
- Al-Sheyadi, A., Muyldermans, L., & Kauppi, K. (2019). The complementarity of green supply chain management practices and the impact on environmental performance. *Journal of Environmental Management*, 2(4), 186–198. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.078>
- Arıkan Kargı, V. S. (2022). Evaluation of logistics performance of the OECD member countries with integrated ENTROPY and WASPAS method. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 29(4), 801-811. <https://doi.org/10.18657/yonveek.1067480>
- Arvis, J. F., Wiederer, C., Ojala, L., Shepherd, B., Saslavsky, D., & Dairabayeva, K. (2023). *Connecting to compete 2023: Trade Logistics in An Uncertain Global Economy*. Washington, DC: World Bank.
- Birleşmiş Milletler. (2015). *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <http://sdgs.un.org/2030agenda> adresinden 15.10.2025 tarihinde alınmıştır.
- Blanco, E. E. & Sheffi, Y. (2024). Green logistics. In *Sustainable Supply Chains* (Springer Series in Supply Chain Management, 23, Springer.
- Çalık, A., Erdebilli, B., & Özdemir, Y. S. (2023). Novel integrated hybrid multi-criteria decision-making approach for logistics performance index. *Transportation Research Record*, 2677(2), 1392-1400.
- Ellison, O., Nuertey, D., Poku, E., Agbemude, S., & Owusu, F. (2024). Environmental pressure, green logistics strategy and sustainability performance: the moderating role of competitive intensity. *Benchmarking: An International Journal*, 32(9), 3631-3658.
- Thanh Ha, L. (2025). Is it a good idea to select green logistics to enhance environmental sustainability? Insights from global sample. *InternThaational Journal of Logistics Research and Applications*, 28(5), 558-579.
- Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications: A state-of-the-art survey*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.
- Kara, K., Yalçın, G. C., Simic, V., Baysal, Z., & Pamucar, D. (2024). The alternative ranking using two-step logarithmic normalization method for benchmarking the supply chain performance of countries. *Socio-Economic Planning Sciences*, 92, 101822.
- Kaya Samut, P. (2023). OECD ülkelerinin yeşil lojistik performansı ile enerji, sağlık ekonomisi ve çevre ilişkisinin analizi. *Verimlilik Dergisi, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı*, 67–83.
- Khan, M. S., Aziz, G., Bakoben, H. B. M., & Saeed, A. (2025). Implications of sustainable logistics on economic, environment, and social dimensions: Pre-and post-implementation of saudi vision 2030. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-30.
- Khan, S. A. R., Zhang, Y., Anees, M., Golpîra, H., Lahmar, A., & Qianli, D. (2018). Green supply chain management, economic growth and environment: a GMM based evidence. *Journal of Cleaner Production*, 185, 588–599.
- Liu, J., Yuan, C., Hafeez, M., & Yuan, Q. (2018). The relationship between environment and logistics performance: evidence from asian countries. *Journal of Cleaner Production*, 204, 282–291.

- Lu, Y. & Li, S. (2023). Green transportation model in logistics considering the carbon emissions costs based on improved grey wolf algorithm. *Sustainability*, 15(14), 11090. <https://doi.org/10.3390/su151411090>
- Mao, N., Song, M. & Deng, S. (2016). Application of TOPSIS method in evaluating the effects of supply vane angle of a task/ambient air conditioning system on energy utilization and thermal comfort. *Applied Energy*, 180, 536–545.
- Mariano, E. B., Gobbo, J. A., Camiato, F. D. C., & Rebelatto, D. A. D. N. (2017). CO2 emissions and logistics performance: a composite index proposal. *Journal of Cleaner Production*, 163, 166–178.
- McKinnon, A. (2010). Green logistics: The carbon agenda. *Electronic Scientific Journal of Logistics*, 6(3), 1-9.
- Mešić, A., Miškić, S., Stević, Ž., & Mastilo, Z. (2022). Hybrid MCDM solutions for evaluation of the logistics performance index of the Western Balkan countries. *ECONOMICS-Innovative and Economics Research Journal*, 10(1), 13-34.
- Navickas, V., Sujeta, L., & Vojtovich, S. (2011). Logistics systems as a factor of country's competitiveness. *Economics & Management*, 16, 231-237.
- Ozmen, M. (2019). Logistics competitiveness of OECD countries using an improved TODIM Method. *Sādhanā*, 44(5), 108.
- Özçelik, S. E. ve Töngür, Ü. (2023). Logistics performance and environmental degradation: The case of MENA countries. *Ekonomi-Tek*, 13(2), 198–229.
- Özekenci E. K. (2025a). A Hybrid MPSI-extended aroman decision-making model for assessing green logistics performance: The case of Asia-Pacific countries. *LogForum*, 21(1), 87-105.
- Özekenci E. K. (2025b). Evaluation of the logistics performance index of OECD countries based on hybrid MCDM methods. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 47(1), 47-76. DOI: 10.14780/muiibd.1469898
- Popescu, C. A., Ifrim, A. M., Silvestru, C. I., Dobrescu, T. G., & Petcu, C. (2024). An evaluation of the environmental impact of logistics activities: A case study of a logistics centre. *Sustainability*, 16(10), 4061.
- Rezaei, J., van Roekel, W. S. ve Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using best worst method, *Transport Policy*, 68, 158-169.
- Roy, S. & Mohanty, R. P. (2024). Green Logistics Operations and its impact on supply chain sustainability: An empirical study. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1447–1476.
- Santosa, W., Nilawati, Y., & Kusuma, R. (2022, January). Analysis of the relationship between logistics performance and carbon emissions in ASEAN. In *LePALISSHE 2021: Proceedings of the First Lekantara Annual Conference on Public Administration, Literature, Social Sciences, Humanities, and Education* (p. 105). European Alliance for Innovation.
- Seyranlioglu O. & Han A., 2025. The impact of R&D investments on green logistics on the path to sustainable development: Evidence from Central and Eastern European Countries. *LogForum*, 21(4), 505-517, <https://doi.org/10.17270/J.LOG.001290>
- Silva, Â., Barros, B., & Rodrigues, H. S. (2025). Multidecision criteria models for logistics performance index in the EU countries. *Croatian Operational Research Review*, 17(1), 1-14.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Stević, Ž., Ersoy, N., Başar, E. E., & Baydaş, M. (2024). Addressing the global logistics performance index rankings with methodological insights and an innovative decision support framework. *Applied sciences*, 14(22), 10334.
- Suki, N. M., Suki, N. M., Sharif, A., & Afshan, S. (2021). The role of logistics performance for sustainable development in top ASIÂN countries: evidence from advance panel estimations. *Sustainable Development*, 29(4), 595-606.
- Tabatabaei, S. (2024). A new model for evaluating the impact of organizational culture variables on the success of knowledge management in organizations using the TOPSIS Multi-Criteria Algorithm: Case Study. *Computers in Human Behavior Reports*, 14, 100417.

- Taefti, T. T., Kreutzfeldt, J., Held, T., & Fink, A. (2015). Strategies to increase the profitability of electric vehicles in urban freight transport. In *e-mobility in EUROPE: Trends and good practice* (pp. 367–388). Cham: Springer International Publishing.
- Tetteh, F. K., Mensah, J., & Owusu Kwateng, K. (2025). Understanding what, how and when green logistics practices influence carbon-neutral supply chain performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 74(6), 2211–2244.
- Thanh Ha, L. (2025). Is it a good idea to select green logistics to enhance environmental sustainability? Insights From Global Sample. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 28(5), 558–579.
- Topal, A., & Ulutaş, A. (2024). Evaluating the logistics performance of G8 nations using multi-criteria decision-making models. *J. Intell. Manag. Decis*, 3, 150-158.
- Tian, G., Lu, W., Zhang, X., Zhan, M., Dulebenets, M. A., Aleksandrov, A., ... & Ivanov, M. (2023). A survey of multi-criteria decision-making techniques for green logistics and low-carbon transportation systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 57279-57301.
- Ulutaş, A., & Karaköy, Ç. (2019). An analysis of the logistics performance index of EU countries with an integrated MCDM Model. *Economics and Business Review*, 5(4), 49-69. <https://doi.org/10.18559/ebr.2019.4.3>
- Vassoney, E., Mammoliti Mochet, A., Desiderio, E., Negro, G., Pilloni, M. G., & Comoglio, C. (2021). Comparing multi-criteria decision-making methods for the assessment of flow release scenarios from small hydropower plants in the alpine area. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 635100.
- Wang, J., Duan, K., & Zheng, Y. (2025). Green supply chain management, green technology innovation and firms' energy consumption intensity. *Energy Economics*, 141, 108133.
- Wang, Y. & Ozturk, I. (2023). Role of green innovation, green internal, and external supply chain management practices: a gateway to environmental sustainability. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(3), 1-19.
- Wu, R. M., Zhang, Z., Yan, W., Fan, J., Gou, J., Liu, B., ..., & Wang, Y. (2022). A comparative analysis of the principal component analysis and entropy weight methods to establish the indexing measurement. *PloS one*, 17(1), e0262261.
- Yang, W., Wang, W., & Ouyang, S. (2019). The influencing factors and spatial spillover effects of CO2 emissions from transportation in China. *Science of the Total Environment*, 696, 133900.
- Yildirim, B. F., & Adiguzel Mercangoz, B. (2020). Evaluating the logistics performance of OECD countries by using fuzzy AHP and ARAS-G. *Eurasian Economic Review*, 10(1), 27-45.
- Yu, Y., Zhu, W., & Tian, Y. (2021). Green supply chain management, environmental degradation, and energy: evidence from asian countries. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021(1), 5179964.
- Yürüyen, A. A., & Topal, B. (2025). G7 ülkelerinin lojistik performanslarının PSI tabanlı COBRA yöntemi ile incelenmesi. *Dicle Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(29), 39-57. <https://doi.org/10.53092/duibfd.1601852>
- Zhu, Y., Tian, D., & Yan, F. (2020). Effectiveness of entropy weight method in decision-making. *Mathematical problems in Engineering*, 2020(1), 3564835.
- Zhang, M., Sun, M., Bi, D., & Liu, T. (2020). Green logistics development decisionmaking: Factor identification and hierarchical framework construction. *IEEE Access*, 8, 127897-127912.