

# Lojistik İncelemelerde Yeni Paradigmalar ve Çözüm Önerileri

Editör: Dr. Öğr. Üyesi İlker İbrahim Avcı

# Lojistik İncelemelerde Yeni Paradigmalar ve Çözüm Önerileri

**Editör:**

Dr. Öğr. Üyesi İlker İbrahim Avşar



Published by

**Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.**

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

---

## Lojistik İncelemelerde Yeni Paradigmalar ve Çözüm Önerileri

Editör: Dr. Öğr. Üyesi İlker İbrahim Aşar

---

Language: Turkish-English

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

**ISBN (PDF):** 978-625-5958-47-1

**DOI:** <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub688>

---



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

---

Suggested citation:

Aşar, İ. İ. (ed) (2025). *Lojistik İncelemelerde Yeni Paradigmalar ve Çözüm Önerileri*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub688>. License: CC-BY-NC 4.0

---

*The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>*

---



## Ön Söz

Lojistik, küreselleşen ekonomi ile giderek artan bir öneme sahip olmaktadır. Küresel lojistik ekosisteminde sayısal dönüşüm ve sürdürülebilirlik gibi dinamiklere uyum sağlamak, rekabet avantajı elde etmek ve operasyonel verimliliği artırmak açısından kritik bir gereklilik hâline gelmiştir. Bu bağlamda, lojistik süreçlerini ve sistemlerini değerlendirmek amacıyla yenilikçi çözüm önerileri sunmak büyük bir önem taşımaktadır.

Günümüzde lojistik işletmeleri, tedarik zinciri yönetiminin temel unsurlarından biri olarak hızla değişen ekonomik ve teknolojik koşullara uyum sağlamak zorundadır. Blok Zinciri, Yapay Zekâ, Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik ve Büyük Veri Analitiği gibi ileri teknolojiler, lojistik süreçlerini daha verimli ve şeffaf hâle getirmektedir. Yeni bakış açıları, söz konusu teknolojilerin lojistik sektörüne uyarlamasını kolaylaştırarak süreçlerin eniyilemesine katkıda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, lojistik alanında geliştirilen yeni bakış açıları ve çözüm önerileri, sektördeki dönüşümlere uyum sağlamak ve gelecekte karşılaşılabilecek zorlukları aşmak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşımlar, lojistik sistemlerini daha dayanıklı, sürdürülebilir ve müşteri odaklı hâle getirerek sektörün geleceğini şekillendirmektedir.



# İçindekiler

Ön Söz iii

## Bölüm 1

---

Otonom Lojistiğin Mevcut Durumu, Zorlukları ve Geleceğe Dair Beklentiler 1  
*Irmak Hatipoğlu*

## Bölüm 2

---

Lojistikte Yeni Paradigmalar: Endüstri 4.0 ve Dijitalleşme 17  
*Fatmanur Avar Çalışkan*

## Bölüm 3

---

Dijitalleşen Lojistik İş Süreçlerinde Siber Güvenlik 37  
*Ömer Cengiz*

## Bölüm 4

---

Otomotiv Yedek Parça Sektöründe Güncel Eğilimler 59  
*Yağmur Güney*  
*Aytuğ Sözüer*

## Bölüm 5

---

Yeşil Lojistik Üzerine Kavramsal İnceleme: Türkiye'deki Sektörel Yaklaşımlar 75  
*Muhammed Turgut*  
*Bensu Narin*

## Bölüm 6

---

Sayısal İkiz Üzerine Bir Literatür Taraması	87
<i>İlker İbrahim Açıkar</i>	
<i>Dilara Berrak Tarhan</i>	

## Bölüm 7

---

A Review on Logistics and Supply Chain Agenda in the “Supply Chain Forum” Journal	107
<i>İlker İbrahim Açıkar</i>	

# Otonom Lojistiğin Mevcut Durumu, Zorlukları ve Geleceğe Dair Beklentiler

Irmak Hatipoğlu<sup>1</sup>

## Özet

Son yıllarda yapay zekâ, robotik ve otomasyon teknolojilerindeki ilerlemelerin, lojistik sektörünü köklü bir değişime doğru yönlendirdiği görülmektedir. Otonom lojistik, taşımacılık süreçlerinde verimlilik, maliyet tasarrufu ve sürdürülebilirlik sağlamayı amaçlayan yenilikçi çözümler sunmaktadır. Sürücüsüz kamyonlar, insansız hava araçları (İHA) ve robotik depo sistemleri gibi teknolojiler, lojistik operasyonlarını daha hızlı, hatasız ve optimize edilmiş hale getirme potansiyeline sahiptir. Ancak, bu sistemlerin benimsenmesi ve yaygınlaşması teknik, düzenleyici, ekonomik ve toplumsal engellerle karşı karşıyadır. Otonom lojistik sistemlerinin başarısı, güvenilirlik, altyapı gereksinimleri, siber güvenlik tehditleri ve düzenleyici çerçeveler gibi faktörlere bağlıdır. Bu çalışma, otonom lojistiğin mevcut durumunu ve sağladığı avantajları ele alarak, karşılaştığı temel zorlukları incelemekte ve gelecekte sektör üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Otonom lojistik sistemlerinin lojistik sektöründe kalıcı bir dönüşüm yaratabilmesi için düzenleyici süreçlerin hızlandırılması, altyapı yatırımlarının artırılması ve iş gücünün bu dönüşüme uyum sağlaması büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, otonom lojistiğin küresel tedarik zincirleri, şehir planlaması ve lojistik iş modelleri üzerinde dönüştürücü bir etkisi olacağı öngörülmektedir.

## 1. Giriş

Son yıllarda, yapay zekâ, robotik ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmeler, lojistik sektöründe köklü bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Otonom lojistik, tedarik zinciri süreçlerini daha hızlı, daha verimli ve maliyet açısından daha düşük hale getirmeyi amaçlayan yenilikçi çözümler sunmaktadır. Günümüzde sürücüsüz kamyonların uzun mesafeli taşımacılıkta kullanımı, İHA'ların son kilometre teslimatlarını gerçekleştirebilmesi ve

1 Arş. Gör. Dr. Irmak Hatipoğlu, Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, irmakdaldir@akdeniz.edu.tr, 0000-0001-5244-9115



akıllı depoların robotlar tarafından yönetilmesi gibi uygulamalar, otonom lojistiğin sunduğu dönüşüm potansiyelini gözler önüne sermektedir (Reed vd., 2021)

Otonom lojistik sistemleri, lojistik operasyonlarında insan hatasını en aza indirir. Bu sayede teslimat süreleri kısılırken, yakıt ve iş gücü maliyetleri azalır. Aynı zamanda, lojistik ağlarının daha esnek hale gelmesine katkı sağlar. Özellikle e-ticaretin hızla büyümesi, tüketicilerin daha kısa teslimat süreleri beklemesi ve sürdürülebilir taşımacılık çözümlerine yönelik artan talep, otonom lojistiğin önemini daha da artırmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin lojistik süreçlerine entegrasyonu, sadece taşımacılık ve depolama süreçlerini değil, aynı zamanda şehirlerin altyapısını, istihdam dinamiklerini ve küresel tedarik zinciri yapılarını da dönüştürme potansiyeline sahiptir (He & Csiszár, 2021). Ancak, otonom lojistik sistemlerinin geniş çapta benimsenmesi birtakım zorlukları da beraberinde getirmektedir. Teknolojik gelişmelerin hızına rağmen, bu sistemlerin güvenilirliği, altyapı gereksinimleri, düzenleyici çerçeveler ve iş gücü üzerindeki etkileri gibi kritik konular, sektör paydaşları ve politika yapıcılar açısından önemli tartışma alanlarıdır (Hoffmann & Prause, 2023). Örneğin, otonom kamyonların ve drone'ların farklı ülkelerdeki yasal mevzuata uyum sağlaması, bu teknolojilerin ticari ölçekte benimsenmesini sınırlayan temel faktörlerden biri olarak görülmektedir. Benzer şekilde, siber güvenlik tehditleri ve yapay zekâ tabanlı karar verme mekanizmalarının güvenliği, otonom lojistiğin uygulanabilirliğine dair önemli soru işaretleri doğurmaktadır.

Bu çalışmada, otonom lojistiğin mevcut durumu ve kısa vadeli gelişmeleri analiz edilerek, uzun vadede sektör üzerindeki etkileri değerlendirilecektir. Öncelikle otonom lojistik sistemlerinin sağladığı verimlilik ve maliyet avantajları ele alınacak, ardından bu teknolojilerin karşılaştığı teknik, hukuki, ekonomik ve toplumsal engeller incelenecektir. Son olarak, otonom lojistik sistemlerinin geleceğe yönelik dönüşüm potansiyeli ve sektör üzerindeki uzun vadeli etkileri değerlendirilecektir. Otonom lojistik teknolojileri, yalnızca teorik bir dönüşümden ibaret değildir; aksine, operasyonel verimlilikten maliyet tasarrufuna ve sürdürülebilir taşımacılığa kadar geniş çapta somut faydalar sunmaktadır. Devam eden bölümde, otonom lojistiğin sağladığı temel avantajlar detaylandırılacaktır.

## **2. Otonom Lojistiğin Faydaları**

Otonom lojistik sistemleri, taşımacılık süreçlerinde verimliliği artırarak operasyonel maliyetleri düşürme, teslimat sürelerini kısaltma ve lojistik ağlarının daha esnek hale gelmesini sağlama potansiyeline sahiptir.

Yapay zekâ, büyük veri analitiği ve robotik teknolojilerin entegrasyonu sayesinde, lojistik süreçler daha hızlı, hatasız ve optimize edilmiş bir şekilde yürütülebilmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca işletmelerin rekabet avantajını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir lojistik çözümlerine de zemin hazırlamaktadır.

Geleneksel lojistik sistemlerinde insan hataları, trafik sıkışıklığı, iş gücü maliyetleri ve yakıt tüketimi gibi unsurlar operasyonel verimliliği sınırlayan temel faktörlerdir. Otonom lojistik çözümleri, sürücüsüz kamyonlardan İHA'lara ve robotik depo sistemlerine kadar geniş bir yelpazede inovasyon sunarak bu sorunların büyük ölçüde önüne geçmektedir. Örneğin, otonom taşıma sistemleri sayesinde araçlar, trafik yoğunluğu ve hava durumu gibi değişkenlere göre en uygun rotaları belirleyerek zaman kaybını en aza indirebilmektedir. Benzer şekilde, akıllı depo otomasyonu, sipariş işleme süreçlerini hızlandırarak operasyonel verimliliği artırmaktadır.

Bununla birlikte, otonom lojistik sistemleri, sadece ekonomik kazanımlar değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Elektrikli ve otonom araçların kullanımının yaygınlaşması, karbon emisyonlarını azaltarak çevresel etkileri minimize etmekte ve lojistik sektörünü daha yeşil bir geleceğe taşımaktadır. Ayrıca, optimize edilmiş teslimat rotaları ve filo yönetimi stratejileri, enerji tüketimini düşürerek lojistik operasyonların ekolojik ayak izini azaltmaktadır.

Bu bölümde, otonom lojistik sistemlerinin sunduğu temel avantajlar ele alınarak, sektör üzerindeki etkileri incelenecektir.

## 2.1 Verimlilik ve Maliyet Azaltma

Otonom lojistik sistemleri, insan hatalarını minimize ederek operasyonel verimliliği artırmakta ve teslimat sürelerini kısaltmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu sistemlerin toplam işletme maliyetini %56'ya kadar azaltabileceğini ve kötümser senaryolarda bile firmalara aylık bazda ciddi tasarruf sağlayabileceğini göstermektedir (Lee vd., 2023).

Otonom kamyonlar ve drone entegrasyonuna dayalı lojistik modeller, operasyonel verimliliği artırırken taşıma maliyetlerini düşürmektedir. McKinsey'nin analizlerine göre, tam otonom kamyonlar 1500 mil üzerindeki mesafelerde geleneksel kamyonlara kıyasla kilometre başına maliyeti %42 oranında azaltabilmektedir (McKinsey & Company, 2024). Benzer şekilde, Ostermeier ve Reed'in (2023, 2021) çalışmaları, otonom sistemlerin lojistik maliyetleri %24'e kadar düşürebileceğini ve teslimat süreçlerini %30 ila %77 oranında hızlandırabileceğini ortaya koymaktadır.

Kent içi taşımacılıkta ise otonom modüler araç teknolojileri, operasyonel maliyetleri optimize ederek trafik sıklığına azaltmakta ve son mil teslimatında ek tasarruflar sağlamaktadır (Shafice vd., 2024). Bunun yanı sıra, drone ve otonom araçların entegre edilmesiyle nakliye maliyetlerinin düşmesi, teslimat hızının ve güvenilirliğinin artması beklenmektedir. Bu gelişmeler, hem lojistik firmaları hem de şehir içi taşımacılık sistemleri için daha sürdürülebilir ve maliyet etkin çözümler sunarak sektörün geleceğini şekillendirmektedir.

### **2.1.1 Verimliliği Artırmak için Temel Mekanizmalar**

Otonom lojistik sistemleri, gelişmiş algoritmalar, robotik süreç otomasyonu ve yapay zekâ destekli optimizasyon modelleri sayesinde verimlilik artışı sağlamak ve maliyetleri düşürmektedir. Bu süreçte kullanılan temel mekanizmalar aşağıda ele alınmaktadır.

#### *2.1.1.1 Optimize Edilmiş Rotalama ve Çizelgeleme*

Otonom lojistik sistemleri, IoT destekli sistemler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı optimizasyon modelleri kullanarak, araçların en kısa ve en az yakıt tüketen rotaları belirlemesini sağlar. Gelişmiş yapay zekâ algoritmaları, araçların trafik yoğunluğuna ve hava koşullarına göre en verimli rotayı seçmesine yardımcı olur. Bu süreç, müşteri memnuniyetini artırırken yakıt tüketimini ve nakliye maliyetlerini azaltmaktadır (Abosuliman & Almagrabi, 2021).

#### *2.1.1.2 Otonom Araçların Entegrasyonu*

Otonom kamyonların ve araçların lojistik sistemlerine entegre edilmesi, sürücü kaynaklı hataları ortadan kaldırarak ve kesintisiz operasyon sağlayarak %30'a varan verimlilik artışı sunmaktadır (Ibiyemi & Olutimehin, 2024) Geleneksel kamyonlar, sürücü molaları ve yasal çalışma saatleri nedeniyle belirli sürelerle durmak zorunda kalırken, otonom araçlar 7/24 çalışabilir ve bu da teslimat sürelerini ciddi ölçüde kısaltır (Abosuliman & Almagrabi, 2021).

#### *2.1.1.3 Robotik ve Otomasyonun Lojistiğe Entegrasyonu*

Otonom mobil robotlar (AMR) ve insansız depo araçları, depolama alanlarını daha etkin kullanarak insan gücüne olan bağımlılığı azaltmakta ve 24/7 operasyon imkânı sunarak lojistik süreçlerin kesintisiz devam etmesini sağlamaktadır. Ayrıca, sensör füzyonu ve makine öğrenimi tabanlı sistemler, depo içi trafiği dinamik olarak yöneterek çarpışmaları önlemekte ve iş güvenliğini artırmaktadır. Bu süreçte yapay zekâ destekli SLAM

(Simultaneous Localization and Mapping) ve A\* (A-Star) algoritmaları devreye girerek depolarda gerçek zamanlı navigasyon ve optimizasyon sağlamaktadır. Bu sistemler, depo içi taşıma süreçlerini hızlandırarak sipariş işleme sürelerini kısaltmakta, hata oranlarını düşürmekte ve stok yönetimini daha verimli hale getirmektedir. Bu teknolojilerin entegrasyonu, yalnızca hız ve doğruluk sağlamakla kalmayıp enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilir lojistik uygulamalarına da katkı sunmaktadır. Gelişmiş otomasyon zmleri sayesinde lojistik operasyonlarında esneklik artarken, müşteri taleplerine daha hızlı ve güvenilir yanıt verilebilmektedir (Sun & Zeng, 2024).

#### 2.1.1.4. Drone ve Kamyon Senkronizasyonu

Kamyon-drone senkronizasyonu, yalnızca müşteri bekleme süresini %60'a kadar azaltmakla kalmayıp, lojistik ağlarının daha esnek ve lkleenebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Özellikle son mil teslimatlarında, geleneksel yöntemlere kıyasla operasyonel maliyetleri düşürme ve taşıma verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bu iş birliği modeli, hem teslimat hızını artırarak müşteri memnuniyetini yükseltmekte hem de şehir içi dağıtım süreçlerinde trafik yoğunluğunu azaltarak lojistik sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır (Das vd., 2021; Moshref-Javaldi vd., 2021).

## 2.2 Sürdürülebilir Uygulamalar ve evresel Etkiler

Otonom lojistik sistemleri, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmayıp, çevresel sürdürülebilirliğe de önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle Coğrafı Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı rota optimizasyonu, elektrikli ve hibrit otonom araçların kullanımı, yakıt tüketimini azaltan filo yönetimi stratejileri ve karbon ayak izini minimize eden yenilikçi lojistik zmleri, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik kritik adımlar arasında yer almaktadır (Kitjacharoenchai vd., 2020).

Elektrikli otonom araçların lojistik operasyonlarına entegrasyonu, fosil yakıt kullanımını azaltarak hava kirliliği ve karbon emisyonlarını düşürme potansiyeline sahiptir. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla, elektrikli araçların kullanımı, hem karbon salınımını hem de gürültü kirliliğini önemli lde azaltmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla şarj edilen otonom lojistik filoları, lojistik sektöründe yeşil dönüşümü hızlandırarak karbon nötr taşımacılık hedeflerine ulaşılmasını desteklemektedir.

Bunun yanı sıra, yapay zekâ destekli dinamik rota optimizasyon sistemleri, trafik sıklıklığını ve gereksiz yakıt tüketimini önleyerek çevresel etkileri en aza indirmektedir. Bu sistemler, hava durumu, yol durumu ve trafik

yoğunluğu gibi faktörleri analiz ederek en verimli güzergâhları belirlemekte ve lojistik operasyonlarının enerji verimliliğini artırmaktadır.

Depo yönetimi ve tedarik zinciri süreçlerinde sürdürülebilirlik odaklı otomasyon sistemleri de çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Akıllı depo sistemleri, enerji verimli aydınlatma, ısıtma-soğutma ve otomatik stok yönetimi çözümleriyle gereksiz enerji tüketimini önlemekte ve lojistik tesislerinin çevresel ayak izini küçültmektedir.

Ayrıca, son mil teslimatlarında drone ve otonom araçların kullanımı, geleneksel içten yanmalı motorlarla çalışan teslimat araçlarına kıyasla enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Elektrikli drone ve otonom teslimat robotları, özellikle yoğun kent bölgelerinde emisyonları düşürerek şehir içi hava kalitesini iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, otonom lojistik sistemleri, operasyonel verimlilik ve maliyet avantajlarının yanı sıra sürdürülebilir lojistik uygulamalarına da önemli katkılar sağlamaktadır. Elektrikli araçlar, yapay zekâ tabanlı rota optimizasyonu ve otomatik depo yönetim sistemleri gibi teknolojiler sayesinde lojistik operasyonları daha hızlı, güvenilir ve çevre dostu hale gelmektedir. Ancak, bu dönüşüm sürecinde çeşitli zorluklar da bulunmaktadır. Otonom lojistik sistemlerinin geniş çapta benimsenmesi için altyapı yatırımlarının artırılması, düzenleyici çerçevelerin oluşturulması ve teknolojik engellerin aşılması gerekmektedir. Bu bağlamda, bir sonraki bölümde otonom lojistik sistemlerinin karşılaştığı zorluklar ve engeller ele alınacaktır.

### 3. Zorluklar ve Engeller

Otonom lojistik sistemleri, operasyonel verimlilik ve maliyet avantajları sağlamakla birlikte, teknolojik, hukuki, ekonomik ve sosyal engellerle de karşı karşıyadır. Bu engellerin aşılması, teknolojinin benimsenme hızını ve sektörle entegrasyonunu belirleyen temel faktörlerden biridir. Aşağıda, otonom lojistik sistemlerinin karşılaştığı başlıca zorluklar ele alınmaktadır.

#### 3.1 Teknolojik ve Operasyonel Engeller

Teknolojik ve operasyonel engeller; gelişmiş ve güvenilir otonom araç sistemlerinin geliştirilmesi zorunluluğu, altyapı yetersizlikleri ve siber güvenlik riskleri olarak ele alınacaktır.

##### 3.1.1. Gelişmiş ve Güvenilir Otonom Araç Sistemleri Geliştirme Zorunluluğu

Otonom araçların lojistik sistemlerine entegrasyonu için navigasyon doğruluğu, batarya ömrü ve menzil sınırlamaları gibi teknik sorunların

giderilmesi gerekmektedir. Mevcut sensör sistemleri, Şehir trafiğinde beklenmedik engellerle karŐılaŐabilir. Ayrıca, karmaşık hava koŐullarında güvenilir kararlar almakta zorlanmaktadır (Balaska vd., 2022).

### 3.1.2. Altyapı Yetersizlikleri

Mevcut karayolu ve lojistik altyapısı, otonom araçların güvenli ve verimli Şekilde çalışabilmesi için yeterli teknolojik donanıma sahip değildir. Otonom sistemlerin geniş çapta kullanılabilmesi için yol iŐaretleme sistemlerinin g¼ncellenmesi, akıllı trafik yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ve yüksek hızlı veri iletişim ağlarının oluşturulması gibi yatırımlar gerekmektedir (Nurgaliev vd., 2023; Stradner & Brunner, 2019).

### 3.1.3. Siber Güvenlik Riskleri

Otonom lojistik sistemleri, yapay zekâ, IoT ve bulut tabanlı veri paylaşımı gibi dijital teknolojilere büyük ölç¼de bağımlıdır. Bu sistemlerin siber saldırılara açık olması, lojistik operasyonların sekteye uğramasına ve veri güvenliği ihlallerine yol açabilir. Güvenli yazılım altyapılarının oluşturulması ve veri Şifreleme yöntemlerinin geliştirilmesi, bu tehdidin azaltılması için kritik öneme sahiptir (Ibiyemi & Olutimehin, 2024).

## 3.2 D¼zenleyici ve Hukuki Engeller

Bölgesel ve Küresel D¼zeyde Standartlaşma Eksikliği: Otonom lojistik teknolojilerinin yaygınlaşabilmesi için küresel ölçekte d¼zenleyici çerçevelerin oluşturulması gerekmektedir. Ancak, her ũlkenin yasal d¼zenlemeleri farklı olduğu için, otonom araçların entegrasyonu karmaşık hale gelmektedir (Ibiyemi & Olutimehin, 2024; Nurgaliev vd., 2023; Stradner & Brunner, 2019). Örneğin, bazı ũlkeler otonom araçların belirli yollar veya Őehirler arasında test edilmesine izin verirken, bazıları tamamen yasaklayabilmektedir. Almanya’da “uzaktan sürüş” (tele-driving) teknolojileri, otonom araçlara geçif sürecinde ara bir çözümler olarak değerlendirilmektedir. Buna karŐılıkl, ABD’de eyaletler arasında farklı d¼zenlemeler bulunmaktadır, bu da otonom taŐımacılıđın ulusal d¼zeyde uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Hoffmann & Prause, 2023).

## 3.3 Ekonomik ve Finansal Engeller

Yüksek Başlangıç Maliyetleri ve Belirsiz Yatırım Getirisi: Otonom lojistik sistemlerinin hayata geçirilmesi, yüksek teknoloji maliyetleri, altyapı geliştirme yatırımları ve bakım gereksinimleri nedeniyle büyük ölçekte finansal kaynak gerektirmektedir. Şirketler için yatırımın geri

dönüş süresi belirsizdir ve bu belirsizlik, otonom lojistik çözümlerine geçişi yavaşlatmaktadır (Mokonyama vd., 2022; Nurgaliev vd., 2023).

### **3.4 Toplumsal Kabul ve Algı Sorunları**

Kamuoyunun Şüpheli Yaklaşımı ve Endüstri Paydaşlarının Direnci: Otonom lojistik sistemlerinin benimsenmesi, toplumun ve lojistik sektöründeki paydaşların bu teknolojilere duyduğu güvenle doğrudan ilişkilidir. Güvenlik endişeleri, olası iş kayıpları ve yapay zekâ sistemlerinin karar verme süreçlerine duyulan şüphe, otonom lojistik çözümlerinin benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Nurgaliev vd., 2023; Stradner & Brunner, 2019).

Bu noktada, otonom araçların güvenliğini kanıtlamak amacıyla daha fazla test süreci yürütülmeli ve sektör paydaşlarıyla iş birliği güçlendirilmelidir. Otonom sistemlerin mevcut lojistik iş gücü üzerindeki etkilerinin analizinin yapılması ve istihdam kaybını dengeleyecek yeni iş modellerinin geliştirilmesi, bu teknolojiye duyulan güveni artırabilir.

### **3.5 Çevresel ve Hava Koşullarıyla İlgili Zorluklar**

Otonom sistemlerin her türlü hava koşulunda güvenli bir şekilde çalışabilmesi gerekmektedir. Ancak, yoğun yağış, kar, sis gibi olumsuz hava koşulları, otonom sistemlerin sensör doğruluğunu ve karar verme süreçlerini olumsuz etkileyebilir (Nurgaliev vd., 2023). Gelişmiş yapay zekâ algoritmaları ve çevresel veri analiz sistemleri, otonom lojistik çözümlerinin her koşulda güvenli çalışmasını sağlamak açısından kritiktir. Otonom lojistik teknolojilerinin önündeki mevcut engeller, sektördeki dönüşüm hızını belirleyen temel faktörlerdir. Ancak, bu zorlukların aşılmasıyla birlikte, lojistik sektörde köklü değişimlerin yaşanması kaçınılmazdır. Gelecekte, bu sistemlerin yaygınlaşmasıyla iş modelleri, şehir içi taşımacılık dinamikleri ve sürdürülebilir lojistik yaklaşımları önemli ölçüde değişecektir. Aşağıdaki bölümde, otonom lojistik sistemlerinin uzun vadeli etkileri ve geleceğe yönelik beklentiler ele alınacaktır.

## **4. Uzun Vadeli Dönüşüm Beklentileri**

Otonom lojistik sistemlerinin gelişimi, tedarik zinciri süreçlerini radikal bir şekilde dönüştürerek verimlilik, sürdürülebilirlik ve iş modeli inovasyonu açısından yeni fırsatlar sunmaktadır. Otonom kamyonlar, İHA'lar, otonom teslimat robotları ve tam otomatik depo sistemleri gibi çözümler, lojistik operasyonlarının geleceğini şekillendiren temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin geniş çapta benimsenmesi, stratejik

planlama, mevzuata uyum, enerji yönetimi ve güvenlik gibi konularda paydaşlar arasında iş birliği gerektirmektedir.

#### 4.1 Otonom Teslimat Çözümlerinin Yaygınlaşması

Son kilometre lojistiğinde otonom teslimat çözümleri, şehir içi trafik yoğunluğunu azaltma, karbon emisyonlarını düşürme ve iş gücü ihtiyacını optimize etme açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Otonom Teslimat Robotları (Autonomous Delivery Robots, ADR'ler) ve İnsansız Hava Araçları (Unmanned Aerial Vehicles, UAV'ler) gibi çözümler, kesintisiz operasyon sağlayarak kentsel lojistiği daha sürdürülebilir ve verimli hale getirebilir (Engesser vd., 2023).

PwC'nin analizlerine göre, 2024 itibarıyla dünya genelinde yaklaşık 5 milyon olan drone ile teslimat sayısının, 2034'e kadar 808 milyona ulaşması beklenmektedir. Aynı zamanda, insansız hava araçlarıyla teslimat maliyetlerinin %70 oranında azalacağı öngörülmektedir (PwC, 2018). Bu teknolojilerin yaygınlaşabilmesi için enerji tüketimi, mevzuata uyum ve güvenlik konularında paydaşlar arasında yakın iş birliği gerekmektedir (Engesser vd., 2023).

#### 4.2 İş Modellerine Etkisi ve Yeni Stratejik Yaklaşımlar

Otonom kamyonların ve araçların lojistik sektörüne entegrasyonu, lojistik hizmet sağlayıcıları, orijinal ekipman üreticileri (OEM'ler) ve tedarikçiler arasındaki iş birliğini artırarak yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına yol açacaktır. Gelecekte, otonom sistemlere dayalı hizmet modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte lojistik süreçlerde esneklik artacak ve daha ölçeklenebilir çözümler geliştirilecektir<sup>2</sup>.

Bu dönüşüme yatırım yapmayan firmalar, uzun vadede rekabet avantajlarını kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabilir. Otonom teknolojilere yapılan yatırımların, lojistik ağlarının esnekliğini artırarak küresel tedarik zincirinde büyük bir rekabet avantajı sağlayacağı öngörülmektedir (Carolin & Spinler, 2019).

#### 4.3 Tam Otomatik Depo ve Karanlık Depo Modelleri

Otonom lojistik sistemlerinin gelişimi, tam otomatik depo sistemleri ve karanlık depo modellerine olan ilgiyi artırmaktadır. Bu tür depolar, insan müdahalesine ihtiyaç duymadan tamamen otonom sistemler tarafından yönetilerek operasyonel verimliliği artırmaktadır.

Amazon'un Kiva robotları ile gerçekleştirdiği otomasyon uygulamalarında, depo operasyonlarında verimliliğin %25 arttığı ve depo kapasitesinin



%50 daha verimli kullanıldığı belirtilmektedir (Sunol, 2015). Gelecekte, yapay zekâ destekli envanter yönetimi ve robotik lojistik çözümlerinin yaygınlaşmasıyla, depo süreçlerinin daha akıllı ve ölçeklenebilir hale gelmesi beklenmektedir (Cheng, 2023; Schuldt, 2011).

#### **4.4 Otonom Deniz Taşımacılığı ve Alternatif Lojistik Modelleri**

Otonom deniz taşımacılığı, lojistik sektöründe yeni fırsatlar sunabilecek önemli bir alan olarak öne çıkmaktadır. Uzaktan kumandalı veya tamamen otonom gemiler, deniz taşımacılığında maliyetleri düşürerek operasyonel verimliliği artırabilir.

Bu sistemler, lojistik zincirlerini optimize ederek yakıt tüketimini azaltmakta ve karbon emisyonlarını düşürerek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. CBS ve akıllı yönlendirme tekniklerinin entegrasyonu, lojistik operasyonlarının esnekliğini ve verimliliğini artırarak sürdürülebilir e-ticaret lojistiği için yeni olanaklar yaratmaktadır (Andrei vd., 2024).

#### **4.5 Otonom Lojistikte Mevcut ve Gelecekteki Zorluklar**

Otonom teknolojilerin lojistiğe entegrasyonu, operasyonel verimliliği artırarak maliyetleri düşürmekte ve kentsel lojistik süreçlerinde dönüşüm yaratmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin yaygınlaşması, aşılması gereken çeşitli teknolojik, ekonomik, hukuki ve toplumsal zorlukları da beraberinde getirmektedir. Kentsel ve çevresel faktörler, otonom lojistik uygulamalarının sürdürülebilir şekilde entegre edilmesini zorlaştıran temel unsurlar arasında yer almaktadır. Otonom teslimat robotları ve insansız hava araçları (İHA'lar), trafik sıkışıklığını azaltma ve teslimat sürelerini kısaltma açısından önemli avantajlar sunsa da, bu sistemlerin enerji tüketimi, kent içi trafik yönetimi ve güvenlik gibi kritik parametreler göz önünde bulundurularak optimize edilmesi gerekmektedir (Engesser vd., 2023). Bunun yanı sıra, küresel standartlaşma sürecinin yavaş ilerlemesi, farklı ülkelerdeki düzenleyici çerçevelerin otonom sistemlere uyum sağlamasını geciktirmektedir. Ayrıca, veri güvenliği ve siber tehditler, bu sistemlerin yaygınlaşması önündeki en önemli engellerden biri olarak öne çıkmaktadır. Otonom lojistik çözümlerinin sağladığı verimlilik artışına rağmen, iş gücü dönüşümü kritik bir konu olarak önemini korumaktadır. Geleneksel lojistik iş modellerinin otomasyona uyum sağlaması, işsizlik riskini azaltmak ve insan kaynağını yeni nesil lojistik yetkinliklerine adapte etmek için eğitim ve yeniden beceri kazandırma programlarıyla desteklenmelidir.

## 5. Otonom Lojistikte Stratejik Çözümler ve Geleceğe Yönelik Öneriler

Otonom lojistik sistemleri, verimlilik ve maliyet avantajları sağlarken, aynı zamanda çok boyutlu dönüşümleri beraberinde getirmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, yalnızca teknolojik gelişmeler değil, aynı zamanda düzenleyici çerçevelerin oluşturulması, iş gücü dinamiklerinin yeniden şekillendirilmesi ve altyapı yatırımlarının artırılması gibi kritik unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. Mevcut engellerin aşılabilmesi için hem özel sektörün hem de kamu kurumlarının birlikte hareket etmesi gerekmektedir. Teknoloji sağlayıcıları, lojistik hizmet sunucuları ve politika yapıcılar arasında iş birliğinin güçlendirilmesi, otonom lojistiğin yaygınlaşmasını hızlandırabilir. Özellikle, akıllı altyapı yatırımları ve uyumlu yasal düzenlemeler, sektör genelinde entegrasyonu kolaylaştıracaktır. Ayrıca, Ar-Ge yatırımlarının artırılması, yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin daha güvenilir hale gelmesini ve otonom lojistiğin etkinliğinin artırılmasını sağlayacaktır. Otonom lojistik sistemlerinin gelecekte sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi için, regülasyonların hızlandırılması, enerji verimliliğini artıran çözümlerin teşvik edilmesi ve toplumsal kabulün sağlanması gerekmektedir. Bu dönüşüm sürecinin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi, lojistik sektöründe yeni fırsatların ortaya çıkmasına ve küresel tedarik zincirlerinde daha sürdürülebilir iş modellerinin benimsenmesine katkıda bulunacaktır. Sonuç bölümünde, otonom lojistiğin sektörde yaratacağı uzun vadeli etkiler değerlendirilerek, gelecekteki yönelimler tartışılacaktır.

## 6. Sonuç

Otonom lojistik, küresel tedarik zincirlerinde ve taşımacılık sektöründe köklü bir dönüşümün habercisidir. Yapay zekâ, büyük veri analitiği ve robotik teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde, lojistik süreçler daha verimli, esnek ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmaktadır. Sürücüsüz kamyonlar, insansız hava araçları ve akıllı depo sistemleri, insan kaynaklı hataları azaltarak operasyonel etkinliği artırmakta, teslimat sürelerini kısaltmakta ve lojistik maliyetlerini düşürmektedir. Bununla birlikte, karbon emisyonlarının azaltılması ve enerji verimliliği gibi çevresel kazanımlar, otonom lojistik teknolojilerinin sürdürülebilir taşımacılık çözümlerine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak, bu teknolojilerin geniş çapta benimsenmesi yalnızca teknik ilerlemelere bağlı değildir; düzenleyici çerçevelerin oluşturulması, altyapı yatırımları, güvenlik risklerinin yönetilmesi ve toplumsal kabul gibi çok boyutlu faktörler dikkate alınmalıdır. Mevcut düzenleyici farklılıklar, ülkeler arasındaki uyumsuzluklar ve belirsiz yasal çerçeveler, otonom lojistik sistemlerinin küresel ölçekte benimsenmesini yavaşlatmaktadır.

Aynı zamanda, siber güvenlik tehditleri ve yapay zekâ destekli karar alma mekanizmalarına ilişkin etik kaygılar, bu teknolojilerin güvenilirliğini sağlamaya yönelik yeni düzenlemelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İlgili sistemlerin dinamikleri üzerindeki etkileri de dikkate alınması gereken kritik unsurlar arasındadır. Geleneksel taşımacılık sektöründe istihdam edilen insan kaynağı, bu dönüşüm sürecinden doğrudan etkilenmekte ve yeni becerilere yönelik eğitim programlarının oluşturulması kaçınılmaz hale gelmektedir. Dolayısıyla, iş gücü dönüşümünü yönetmek ve insan kaynaklarını bu yeni teknolojiye uyumlu hale getirmek için kamu ve özel sektör iş birliğine dayalı stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelecekte, lojistik sektöründeki tüm paydaşların otonom sistemlere entegrasyon süreçlerini hızlandırması ve teknolojiye uyum sağlaması büyük önem taşımaktadır. Otonom lojistik sistemlerinin yaygınlaşması, yalnızca taşımacılık sektörünü değil, küresel tedarik zincirlerini, şehir planlamasını ve ticaret modellerini de yeniden şekillendirecektir. Bu dönüşüm sürecinin başarılı olması için, öncelikle düzenleyici ve hukuki çerçevelerin oluşturulması gerekmektedir. Otonom lojistik sistemlerinin küresel ölçekte uygulanabilirliğini artırmak için uluslararası standartlar ve yasal düzenlemelerin uyumlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, altyapı yatırımlarının artırılması, akıllı karayolları, bağlantılı araç teknolojileri ve yüksek hızlı veri iletişim ağları gibi gereksinimlerin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Otonom sistemlerin etkin bir şekilde çalışabilmesi için siber güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi de büyük bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerde veri güvenliğini sağlamak ve siber saldırılara karşı dirençli altyapılar geliştirmek amacıyla yapay zekâ tabanlı güvenlik çözümlerinin entegrasyonu sağlanmalıdır.

Otonom lojistik teknolojilerinin iş gücü üzerindeki etkilerini dengelemek adına, sektör genelinde iş gücü dönüşümüne yönelik stratejiler geliştirilmelidir. Otonom lojistik sistemlerinin benimsenmesiyle birlikte iş gücünde meydana gelebilecek dönüşümlere karşı eğitim programları oluşturulmalı ve istihdamın sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Aynı zamanda, Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi de kritik bir öneme sahiptir. Otonom lojistiğin inovasyon kapasitesini artırmak ve teknolojinin daha geniş ölçekli bir kullanım alanı bulmasını sağlamak amacıyla akademik ve endüstriyel iş birliklerine dayalı Ar-Ge yatırımları teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak, otonom lojistik sistemleri, lojistik operasyonlarını daha verimli, sürdürülebilir ve esnek hale getirme potansiyeline sahip olmakla birlikte, bu dönüşüm süreci çok boyutlu bir yaklaşım gerektirmektedir. Teknolojik gelişmelerin hızlanması, düzenleyici çerçevelerin netleşmesi ve

paydaşlar arasındaki iş birliklerinin artması ile birlikte, otonom lojistiğin gelecekte kşresel lojistik ekosisteminin ayrılmaz bir parçası haline gelmesi kaçınılmazdır. Ancak, bu dķnüşřm sşrecinde veri gşvenliği, altyapı yatırımları ve sosyal kabul gibi unsurlar dikkatle ele alınmalıdır. Otonom lojistik sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması, yalnızca lojistik sektķri için değil, kşresel ekonomi ve sşrdşrşlebilir kalkınma hedefleri açısından da ķnemli bir dķnřm noktası olacaktır.

## Referanslar

- Abosuliman, S. S., & Almagrabi, A. O. (2021). Routing and scheduling of intelligent autonomous vehicles in industrial logistics systems. *Soft Comput*, 25. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05633-4>
- Andrei, N., Scarlat, C., & Ioanid, A. (2024). Transforming E-Commerce Logistics: Sustainable Practices through Autonomous Maritime and Last-Mile Transportation Solutions. *Logistics*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/logistics8030071>
- Balaska, V., Tsiakas, K., Giakoumis, D., Kostavelis, I., Folinas, D., Gasteratos, A., & Tzovaras, D. (2022). A Viewpoint on the Challenges and Solutions for Driverless Last-Mile Delivery. *Machines*, 10(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/machines10111059>
- Carolin, F., & Spinler, S. (2019). The impact of autonomous trucks on business models in the automotive and logistics industry—a Delphi-based scenario study. *Technological Forecasting and Social Change*, 148.
- Cheng, D. (2023). Improving Supply Chain and Logistics Through Automation. *Journal of Enterprise and Business Intelligence*. <https://doi.org/10.53759/5181/jebci202303011>.
- Das, D. N., Sewani, R., Wang, J., & Tiwari, M. K. (2021). Synchronized Truck and Drone Routing in Package Delivery Logistics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 5772–5782. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.2992549>
- Engesser, V., Rombaut, E., Vanhaverbeke, L., & Lebeau, P. (2023). Autonomous Delivery Solutions for Last-Mile Logistics Operations: A Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, 15(3), 2774. <https://doi.org/10.3390/su15032774>
- He, Y., & Csiszár, C. (2021). Model for crowdsourced parcel delivery embedded into mobility as a service based on autonomous electric vehicles. *Energies*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/en14113042>
- Hoffmann, T., & Prause, G. (2023). On the Legal and Economic Implications of Tele-Driving. *Machines*, 11(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/machines11030331>
- Ibiyemi, M. O., & Olutimehin, D. O. (2024). Revolutionizing logistics: The impact of autonomous vehicles on supply chain efficiency. *International Journal of Scientific Research Updates*, 8(1), 009–026. <https://doi.org/10.53430/ijrsru.2024.8.1.0042>
- Kitjacharoenchai, P., Min, B.-C., & Lee, S. (2020). Two echelon vehicle routing problem with drones in last mile delivery. *International Journal of Production Economics*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107598>
- Lee, S., Cho, K., Park, H., & Cho, D. (2023). Cost-Effectiveness of Introducing Autonomous Trucks: From the Perspective of the Total Cost of

- Operation in Logistics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810467>
- McKinsey Company. (2024). *Will autonomy usher in the future of truck freight transportation?* <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/will-autonomy-usher-in-the-future-of-truck-freight-transportation>
- Mokonyama, M., Malatji, M., & Nhlanhla, M. (2022). Addressing operational challenges of small and medium enterprises of the logistics industry—Potential for autonomous vehicles. *2022 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*, 1–6.
- Moshref-Javaldi, M., Hemmati, A., & Winkenbach, M. (2021). A comparative analysis of synchronized truck-and-drone delivery models. *Computers & Industrial Engineering*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107648>.
- Nurgaliev, I., Eskander, Y., & Lis, K. (2023). *The Use of Drones and Autonomous Vehicles in Logistics and Delivery*. <https://doi.org/10.26411/83-1734-2015-2-55-6-23>
- PwC. (2018). *Industrial mobility: How autonomous vehicles can change manufacturing*. <https://www.pwc.com/us/en/industries/industrial-products/library/industrial-mobility.html#:~:text=%2A+Just+9,32>
- Reed, S., Campbell, A. M., & Thomas, B. W. (2021). The Value of Autonomous Vehicles for Last-Mile Deliveries in Urban Environments. *Management Science*, 68(1), 280–299. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3917>
- Schuldt, A. (2011). Potential for Cooperation in Autonomous Logistics. *Multiagent Coordination Enabling Autonomous Logistics*, 105–128. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20092-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20092-2_5).
- Shafiee, A., Moghaddam, H. R., & Lin, J. (2024). Using Autonomous Modular Vehicle Technology as an Alternative for Last-Mile Delivery. *IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation System (FISTS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FISTS60717.2024.10485532>
- Stradner, S., & Brunner, U. (2019). Digitalized and Autonomous Transport – Challenges and Chances. *Digital Transformation in Maritime and City Logistics: Smart Solutions for Logistics*.
- Sun, X., & Zeng, Q. (2024). Research on Robot Operating System (ROS) Integration in Automated Logistics. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2388>.
- Sunol, H. (2015). *Advances in Robotics Reshaping the Modern Warehouse*. CYZERG. [https://cyzerg.com/blog/advances-in-robotics-reshaping-the-modern-warehouse/#:~:text=Amazon+also+adopted+the+process](https://cyzerg.com/blog/advances-in-robotics-reshaping-the-modern-warehouse/#:~:text=Amazon+also+adopted+the+same,that+have+adopted+the+process)



## Lojistikte Yeni Paradigmalar: Endüstri 4.0 ve Dijitalleşme

Fatmanur Avar Çalışkan<sup>1</sup>

### Özet

Bu çalışma, lojistik sektöründe Endüstri 4.0 ve dijitalleşmenin getirdiği yeni paradigmalara odaklanmaktadır. Dijital dönüşüm, işletmeler açısından büyük bir değişimi ifade ederken, lojistik süreçlerin de daha verimli ve esnek hale gelmesini sağlamakta, maliyetleri azaltırken, operasyonel hızı arttırmaktadır. Endüstri 4.0 dijital dönüşümünün etkileri lojistik sektöründe kendini otomasyon, yapay zekâ, büyük veri analitiği ve Nesnelerin İnterneti gibi araçlar ile ortaya koymaktadır. Dron, robot ve çeşitli otonom araçlar lojistik operasyonlarında daha fazla esneklik ve hız sağlayan çözümler arasında kendini göstermektedir. Blok zinciri gibi teknolojiler ise tedarik zinciri süreçlerinde şeffaflık ve güvenliği artırmak için önemli bir araç teşkil etmektedir. Dijitalleşmenin, lojistik sektöründe verimlilik artışı, maliyet azaltımı ve sürdürülebilirlik boyutlarını destekleme gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bu çalışmada, lojistikte dijitalleşmenin mevcut ve gelecekteki etkileri tartışılmakta, sektördeki yenilikçi çözümler ve iş modellerinden örnekler sunulmaktadır. Ayrıca, dijitalleşmenin sektör için sunduğu fırsatlar ve zorluklar, stratejik önerilerle birlikte belirtilmektedir.

### 1. Giriş

Modern teknolojiler günümüz dünyasında yalnızca çeşitli endüstrilerde değil, günlük yaşamda da sürekli geliştirilmekte ve uygulama alanı bulmaktadır. Bu durum işletmelere müşteri ihtiyaçlarını karşılama ve rekabet avantajını sürdürme ile ilgili potansiyel avantaj ve zorlukları beraberinde getirmekte ve tüm sektörleri dijitalleşme yoluna doğru yönlendiren itici gücü oluşturmaktadır (Szymańska, Adamczak ve Cyplik, 2017). Tüm bu gelişmeler, tüm sektörler gibi lojistik endüstrisini de derinden etkilemekte, son yıllarda hızla dijitalleşen ve teknoloji ile şekillenen bir alan olarak dikkat

1 Öğr. Gör. Dr., İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, fatmanur.avar@kavram.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5831-908X>



çekmesine yol açmaktadır. Ekonominin küreselleşmesi, dünyanın artık neredeyse tek bir pazar olarak kabul edilmesi ve artan müşteri talepleri lojistik süreçlerinin daha hızlı, verimli ve esnek hale gelmesini zorunlu kılmaktadır (Özdemir ve Özgüner, 2018). Bu bağlamda, dijitalleşme ve Endüstri 4.0, lojistik sektöründe önemli bir dönüşüm sürecini tetiklemiş, sektördeki iş yapış şekillerini köklü bir şekilde değiştirmiştir. Dijitalleşme ve otomasyonun birleşimi ile ortaya çıkan Endüstri 4.0'ın lojistikte yarattığı etki iş süreçlerinin her aşamasında hissedilmektedir.

Endüstri 4.0 terimi ilk olarak, 2011 yılında Almanya'da düzenlenen bir ticaret fuarında kullanılmış olup, dijital dönüşüme atıfta bulunan dördüncü sanayi devrimini ifade etmektedir (Maslarić, Nikolić ve Mirčetić, 2016). Endüstri 4.0 içinde makineler arası iletişim (M2M), nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), robot teknolojileri, büyük veri analitiği, bulut bilişim, otonom sistemler ve blok zinciri gibi teknolojileri barındırır. Ağırıklı olarak üretim alanındaki teknolojileri kapsayan bu devrim, lojistik sistemlerinin yönetilmesi, geliştirilmesi ve uygulanmasını içerir (Richnák, 2022). Özellikle tedarik zincirinde daha doğru ve hızlı kararlar alınmasını sağlayan Endüstri 4.0 teknolojileri, iş süreçlerinde izlenebilirlik, şeffaflık ve güvenliği artırarak operasyonel verimliliği maksimum düzeye çıkarmaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0'ın sunduğu dijitalleşme çözümleri, lojistik sektöründe sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da önemli bir alanı teşkil etmektedir. Lojistik, özellikle enerji tüketimi ve karbon salınımı gibi çevresel etkiler açısından olumsuz yönde anılan endüstrilerin başında gelmekte, dijitalleşme ise bu alandaki olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Akkad ve Bányai, 2020).

Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik sektörüne uyarlanışını içeren lojistik 4.0, bağımsız üyeler arasındaki ilişkili süreçler ve otonom sistemleri içerir (Szymańska, Adamczak ve Cyplik, 2017). Ayrıca, süreç otomasyonu, işbirliği ve Endüstri 4.0 desteği ile tedarik zinciri süreçlerini teknik ve süreçsel açıdan destekleyen araçları ifade eder (Winkelhaus ve Grosse, 2020). Lojistik 4.0, tedarik zinciri üyelerinin verimlilik ve performansını artırmayı hedefler ve merkeziyetsiz karar alma yapıları üzerine kuruludur. Avantajları arasında iş gücü tasarrufu, yüksek standartlaşma, hizmetlerde kalite artırımı ve yeni teknolojilerin kullanımı öne çıkmaktadır (Radivojević ve Milosavljević, 2019).

Birçok avantajının yansısı Endüstri 4.0, lojistik sektörüne bazı zorlukları da getirmiştir. Bu dezavantajların arasında uygulama maliyeti, gelişmiş bilgi teknolojileri donanımı ve süreç odaklı yönetim yöntemlerinin uygulanmasına yönelik katı gereksinimler, veri erişiminde zorluklar, şirketler

arasında düşük farkındalık, entegrasyon için zorlu gereksinimler ve sınırsız veri analizi için gelişmiş teknolojilere ihtiyaç yer almaktadır (Oleśków-Szłapka ve Stachowiak, 2019). Esasen bu zorlukların birçoğu Endüstri 4.0 dijital dönüşümüne girmeden önce firmalar tarafından uygulanması gereken teknik ve organizasyonel çözümleri içermektedir. Dezavantajları azaltmak ve dönüşümün faydalarından yararlanmak için Lojistik 4.0 çözümlerinin uygulanması zorunludur; ancak, ileri düzey bilgi ve yüksek teknolojiye dayalı olması süreci karmaşık hale getirmektedir. Bu bağlamda, bilgiyi tanımlama, benimseme ve kullanma yeteneği, şirketler için sürdürülebilir rekabet avantajının temel unsurlarından birini oluşturmaktadır (Demiral, 2021). Bu eksende söz konusu çalışmada, lojistik sektöründe dijitalleşmenin Endüstri 4.0 ile entegrasyonunun getirdiği fırsatlar, zorluklar ve sektöre etkileri derinlemesine ele alınacak ve gelecekteki yönelimler tartışılacaktır.

## 2. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm: Kavramsal Çerçeve

Üretim ve hizmet sektörleri, geçmişteki sanayi devrimlerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Bu devrimlerin getirdiği hızlı değişiklikler, şirketlerin üretkenliklerini artırmalarına olanak sağlamıştır (Demir, Paksoy ve Kochan, 2020). Bu hızlı değişim, sanayi interneti, siber-fiziksel sistemler, uyarlanabilir robot teknolojileri, siber güvenlik, veri analitiği, yapay zekâ ve eklemeli üretim gibi yeni kavramlara uyum sağlamak gibi yeni zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu ortaya çıkan teknolojiler, Endüstri 4.0'ın doğuşunu kolaylaştırmış ve hızlandırmıştır (Ustundag, vd., 2018). Bu devrimler, buhar makinesinden dijital otomatik üretime kadar üretim süreçlerinde köklü değişikliklere yol açmış, giderek daha karmaşık, otomatik ve sürdürülebilir üretim sistemlerinin gelişmesine neden olmuştur. Endüstri 4.0 girişimi, daha verimli üretim sistemleri uygulama potansiyeli sayesinde büyük ilgi görmüştür. Bu girişim, yüksek potansiyeli nedeniyle birçok kişi tarafından Dördüncü Sanayi Devrimi olarak kabul edilmiştir. Endüstri 4.0'da, sensorlar, cihazlar ve kurumsal kaynaklar gibi fiziksel öğelerin internetle bağlantısı, sanayi üretiminin temel özelliklerinden biridir. Nesnelerin İnterneti (IoT) bağlamı, veriye dayalı yapısı sayesinde müşterilerin daha uygun ve değerli kararlar almasına olanak tanımaktadır (Alexopoulos vd., 2016).

Sanayi devrimlerine bakıldığında, Birinci Sanayi Devrimi, 18. yüzyılın sonlarında İngiltere'de başlayan, buhar gücünün ve mekanik makinelerin üretimde kullanılmaya başlanmasıyla şekillenen bir dönüm noktası olduğunu söylemek mümkündür. Bu devrim, el işçiliğinden makineli üretime geçişi sağlayarak, tekstil, demir ve kömür endüstrilerinde büyük üretim artışları yaşanmasına ve kentleşmeye yol açtı. Aynı zamanda iş gücü

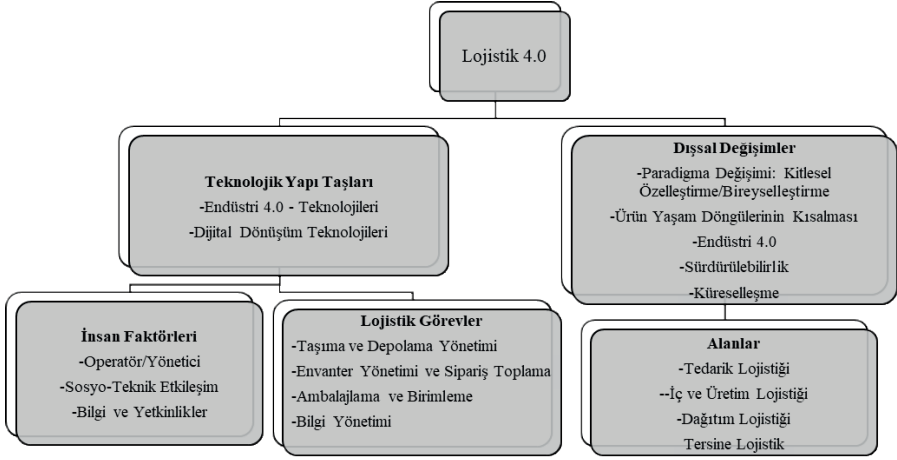
ve üretim yöntemlerinde köklü değişiklikler meydana geldi (Parashar, vd., 2023). İkinci Sanayi Devrimi, 1870 ile 1914 yılları arasında yaşanmış ve bilim ile teknolojinin karşılıklı etkileşimini artırarak önemli yeniliklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Elektrik ve içten yanmalı motorlar gibi devrim niteliğinde teknolojiler üretim süreçlerini dönüştürmüş, ancak elektrik gibi yenilikler başlangıçta yavaş bir şekilde kabul edilmiştir. Modern ulaşım ve iletişim araçları, kitlesel üretim ve dağıtım sistemlerinin gelişmesini sağlamış, ancak, teknolojik geçişlerde yaşanan yavaşlık firmaların eski teknolojilere alışma sürecini uzatarak, yeni teknolojilere geçişi geciktirmiştir (Demir, Paksoy ve Kochan, 2020). Üçüncü Sanayi Devrimi, 1950'lerin sonlarına doğru ABD şirketlerinin uluslararası alanda genişlemesiyle başlamış, mikroişlemciler, bilgisayarla destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM), fiber optik, biyoteknoloji, lazerler ve holografi gibi yeniliklerle şekillenmiştir. Bu dönemde elektronik ve bilgi teknolojileri üretimi otomatikleştirmeye yardımcı olmuş, programlanabilir otomasyon, robot teknolojisi ve esnek üretim sistemleri, üretim süreçlerinde yüksek seviyede otomasyonu mümkün kılmıştır (Cañas, vd., 2021). Bu gelişmeler, üretim kalitesini artırarak verimliliği yükseltti, maliyetleri düşürdü ve işyerlerinde güvenliği sağlamıştır (Demir, Paksoy ve Kochan, 2020).

### 3. Lojistik 4.0: Dijitalleşen Lojistik Süreçleri

Lojistik 4.0, dijitalleşmenin lojistik süreçlere entegre edilmesiyle ortaya çıkan yeni bir iş modeli ve teknoloji uygulamaya dair bir yaklaşımdır (Glistau ve Coello Machado, 2018). Bu bölümde, dijitalleşmenin lojistik süreçlerde otomasyon, yapay zekâ, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler aracılığıyla yarattığı dönüşüm ele alınacaktır. Ayrıca, bu dönüşümün sağladığı avantajlar, karşılaşılan zorluklar ve lojistik süreçlerde kullanılan yenilikçi uygulamalar detaylandırılacaktır.

#### 3.1. Lojistik 4.0 Nedir?

Şekil 1, Oliveira ve Martins (2011) tarafından başlangıçta teknoloji benimsenmesinin detaylı bir analizi amacıyla geliştirilen Teknoloji-Organizasyon-Çevre (TOE) çerçevesinden uyarlanarak oluşturulan Lojistik 4.0'ın kavramsal çerçevesini sunmaktadır (Winkelhaus ve Grosse, 2020). Bu şekilden yola çıkılarak Lojistik 4.0'ın detaylı tanımı yapılacak ve öğeleri açıklanacaktır.



*Şekil 1: Lojistik 4.0 Temel Çerçevesi*

*Kaynak: Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. International Journal of Production Research, p. 21.*

Şekil 1’de yer alan Lojistik 4.0 çerçevesi temelde üç boyuttan oluşmaktadır. Dışsal değişimler boyutu, müşterilerin kişiselleştirilmiş ve yüksek kaliteli ürün talepleri, Endüstri 4.0 gelişmeleri ile küreselleşme ve sürdürülebilirlik konularına ilişkin unsurlar tarafından tetiklenen köklü değişimleri içermektedir. Ayrıca, bu boyut toplumlardaki değişimleri, örneğin, yeni iş-yaşam dengelerine yönelik dönüşümleri kapsar. Bu yeni talepler, ‘4.0’ sistemlerine yönelik bir talep çekiş perspektifi olarak değerlendirilebilir. İkinci boyut, teknolojik yapı taşlarından oluşur ve geleneksel lojistik sistemlerinden Lojistik 4.0’a geçişi sağlayan teknolojik gelişmeleri kapsar. Bu gelişmeler, başta Endüstri 4.0’ın itici güçleri olmak üzere, dijital dönüşüm BD, bulut bilişim ve sosyal medya gibi ek teknolojilerle desteklenir. Üçüncü boyut, lojistiği insan faktörleriyle ilişkilendirir. Lojistik, görevler (yönetim ve yürütme), alanlar (tedarik, üretim içi/üretim, dağıtım ve ters lojistik) ve insan faktörlerinden etkilenir. İnsanlar, lojistik süreçlerin verimliliğini ve kalitesini belirler; fiziksel ve psikososyal etkileşimler, insan kararları ve motivasyon bu süreçlere yön verir. Lojistik 4.0’da insanlar makinelerle tamamen ikame edilmeyip, yeni teknolojilerle desteklenen insan-makine işbirliğiyle çalışacaklardır (Kagermann, vd., 2013).

Lojistik 4.0, üç boyutun etkileşiminin bir sonucudur ve bu etkileşim tüm unsurların entegrasyonunu sağlar. Dışsal değişimler, bir yandan yeni talepleri karşılamak için yeni teknolojilerin kullanımını teşvik ederken, diğer yandan bu yeni teknolojiler, taleplerin karşılanmasını veya yeni taleplerin

ortaya çıkmasını sağlayabilir. Dışsal değişimler, lojistik süreçlerin ve farklı alanların işleyişinde değişikliklere yol açarak, lojistik görevlerinde de bir dönüşüm yaratabilir. Aynı şekilde, teknolojik gelişmeler de lojistik görevleri ve insan faktörleriyle etkileşimde bulunur.

Temel lojistik 4.0 bileşenleri ve teknolojilerine bakıldığında en önemlileri aşağıda yer alan teknolojilerdir (Radivojević ve Milosavljević, 2019) :

**Nesnelerin İnterneti (IoT):** Nesnelerin kimlik tespiti, iletişimi ve yönetimini sağlayan modern ICT teknolojilerini kullanır ve akıllı nesneler oluşturarak, süreçlerin gerçek zamanlı yönetilmesini mümkün kılar. Lojistikte, IoT çözümleri akıllı konteynerler, araçlar, paletler ve altyapılar gibi unsurları içerir ve tüm katılımcılar arasında küresel bağlantıyı sağlar (Radivojevic, Bjelic ve Popovic, 2019).

**Bulut Bilişim:** İnternet üzerinden talep üzerine bilişim kaynaklarına erişim sunar ve esneklik, geniş erişim ve kaynakların paylaşarak kullanılmasını sağlar. Bu sayede lojistik şirketleri, BT altyapısı ve yazılımına yatırım yapmadan daha hızlı ve verimli tedarik zinciri çözümleri elde edebilir (Mladenović, 2018).

**Büyük Veri (Big Data):** Geleneksel araçlarla işlenemeyen büyük veri setlerinin depolanması, iletilmesi ve analizi için kullanılan teknolojilerdir. Veri madenciliği ve analiz yöntemleriyle, işletmeler gizli bilgiler keşfederek, eğilimleri tahmin edebilir ve karar alma süreçlerini iyileştirebilir, yeni iş modelleri geliştirebilir.

**Blok Zinciri:** Verilerin zincir halinde bağlandığı merkeziyetsiz bir sistemdir, bu da iş işlemlerinde şeffaflık, güvenlik ve güvenilirlik sağlar. Lojistikte, blok zinciri izleme, sözleşme otomasyonu ve maliyet tasarrufu sağlar, küresel ticaretin daha verimli hale gelmesine olanak tanır.

**Kablosuz Sensör Ağları (WSN):** Sensörler aracılığıyla veri toplama ve iletme imkânı sunar, bu sayede mallar, araçlar ve altyapı izlenebilir. Örnekler arasında araç yükü ölçümü, malların kalite kontrolü ve çalışan güvenliğini artırmak için sensörlü giysiler yer alır (Kückelhaus ve Chung, 2018).

**Robotlar ve otomasyon:** Üretim süreçlerinde kaliteyi artırarak, hata oranlarını azaltır, iş gücü ve maliyetleri düşürür. Lojistikte robotların kullanımı, malların toplanması, sıralanması, konteynerlerin boşaltılması gibi işlemleri içerir. Ayrıca, teslimat araçlarında ürünlerin sıralanması ve kendi kendine teslimat gibi uygulamalara olanak tanır.

**Artırılmış Gerçeklik (AR):** Fiziksel ve dijital dünya arasındaki sınırları kaldırarak, kullanıcılara dijital dünyadan gelen bilgilerle genişletilmiş bir

gerçeklik sunar. AR, lojistikte akıllı gözlükler kullanılarak depo işlemleri, malzeme taşıma ve teslimat süreçlerinde bilgi sağlayabilir.

**İnsansız Hava Araçları (Drone'lar):** Geleneksel taşımacılığı değiştirmese de, uzak ve tehlikeli bölgelerde güvenli operasyonlar için kullanılır. Lojistikte, malzeme taşımacılığı ve ürün teslimatı gibi iç lojistik işlemlerde, depolarda ürün kontrolü ve araç takibi gibi uygulamalarda kullanımları yaygınlaşmaktadır.

**Üç Boyutlu (3D) Baskı:** Üç boyutlu nesnelere oluşturulmasını sağlayan bir teknolojidir ve lojistik süreçlere büyük etkilerde bulunma potansiyeli taşır. Yeni tedarik zinciri stratejilerinin gelişmesini ve şirketlerin, 3D baskı ile kişiselleştirilmiş ürünler sunmasını mümkün kılacaktır ve bunun sonucunda stok maliyetleri azalacaktır.

**Otomatik Yönlendirilmiş Araçlar (AGV):** Sensör ve yapay zekâ teknolojileriyle çalışan, insan müdahalesi gerektirmeyen araçlardır. Lojistikte, bu araçlar yük taşıma, ürün yerleştirme ve üretim hattı gibi işlemler için kullanılır. Bu teknoloji ile maliyetler düşer, verimlilik artar ve iş güvenliği sağlanır.

### 3.2. Dijitalleşmenin Lojistik Operasyonlarına Etkisi

Dijitalleşme, bilgi ve iletişimin her türlü bağlamda, kullanıcıya, cihaza ve erişim türüne bakılmaksızın her zaman ve her yerde erişilebilir olmasını mümkün kılar (Kayıkci, 2018). Bilgi ve işlemler daha verimli bir şekilde toplanıp işlendiğinde, sistemler belli bir seviyede zeka ile donatıldığında ve bu sistemler birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla etkileşimde bulundukça, bir ağın; tüm bir tedarik zincirinin ya da belirli bir lojistik sürecin dijitalleşme düzeyi artar. Modern organizasyonların dijital dönüşümü, üretim süreçlerinin yanı sıra diğer zincirlerinin organizasyonu ve ürün yaşam döngüsünün yönetimini dijital teknolojilerle daha verimli bir hale getirmeyi amaçlar (Korchagina, vd., 2020). Bu süreç, dijital teknolojilerin entegrasyonu ile üretim ve lojistik yapıların daha esnek ve uyumlu hale gelmesini sağlar. Akıllı fabrika, dijital dönüşümün temel unsurlarından biri olarak öne çıkar. Dijital fabrika kavramı, ürün geliştirme süreçlerinin dijitalleşmesi, esnek üretim sistemlerinin ve lojistik altyapılarının kullanımı, tedarik zincirinde akıllı çözümlerle entegrasyon ve bu süreçlerin optimize edilmesi üzerine kuruludur.

Dijital teknolojilerle kurulan lojistik ağları, şirketlere müşterilerine daha hızlı ve şeffaf hizmet sunabilme yeteneği kazandırarak rekabet avantajı sağlar. Bu sayede şirketler, artan dayanıklılık ve esneklikle birlikte daha hızlı tepki verme yeteneğine sahip olur (Schrauf ve Bertram, 2016). Büyük veri

gibi analitik teknolojiler sayesinde büyük miktarda lojistik verisi elde edilir ve bu verilere uygulanan ileri düzey algoritmalar, şirketlerin maliyetleri düşürmelerine, kârlarını artırmalarına ve çevresel etkileri en aza indirerek daha verimli bir şekilde faaliyet göstermelerine olanak tanır. Lojistikte dijitalleşme, işbirliği, bağlantılı olma, uyum sağlama, entegrasyon, otonom kontrol ve bilişsel iyileştirme gibi altı temel özelliği içerir. Mobil teknolojiler, bulut bilişim, sensorlar, artırılmış gerçeklik, üç boyutlu baskı, veri analitiği, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve diğer dijital teknolojilerin lojistik süreçlere kapsamlı bir şekilde entegrasyonu, çeşitli imkânlar sunmaktadır (Schrauf ve Bertram, 2016). Bu imkanlar arasında entegre planlama ve yürütme sistemleri, lojistik görünürlüğü, otonom lojistik, akıllı tedarik ve depolama, yedek parça yönetimi ve gelişmiş veri analitikleri yer alır (Kayıkci, 2018). Bu altı özellik ve mevcut teknolojilerle tasarlanmış dijital lojistik sistemi, lojistik operasyonlarını yönetmek ve senkronize etmek için önemli avantajlar sunar. Bunlar arasında tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı şeffaflık, artırılmış görünürlük ve verimlilik, büyük veri analitiği ile optimizasyon, bulut bilişimle cihaz bağımsız veri toplama, otonom karar alma, işbirliği için akıllı kullanıcı ara yüzleri, gelişmiş otomasyon ve artırılmış gerçeklik çözümleri yer alır. Bu unsurlar, süreçleri daha verimli ve hatasız hale getirir, aynı zamanda tüketici deneyimini iyileştirir (Razumova ve Levina, 2019). Ayrıca, bu dijital teknolojiler, şirketlerin tedarik zincirindeki aksaklıklara hızlı bir şekilde tepki verebilmelerini, lojistik süreçlerdeki değişimlere uyum sağlamalarını ve olası riskleri tahmin etmek için senaryo analizleri ile sistem modelleri oluşturmalarını mümkün kılar (Owen, 2006).

### 3.3. Lojistikte Teknolojik İnovasyonlar

Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikçi çözümler, lojistik ve tedarik zinciri süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürmektedir. İnsan gücüne dayalı operasyonlar hızla otonom araçlar ve robotlarla değiştirilmektedir (Bakan ve Şekkel, 2016). Küresel rekabetin yoğun olduğu lojistik sektörü, bu yeniliklerden doğrudan etkilenmektedir. Doğru yatırımları yapmak ve bu yatırımlardan verimli sonuçlar elde etmek, sektörde sürdürülebilir başarı için kritik öneme sahiptir. Lojistik inovasyonu, lojistik süreçlere yönelik yeni fikirlerin geliştirilmesi ve uygulanması yeteneğidir. Bu fikirler, mevcut hizmetleri daha verimli hale getirmek, çözüm bekleyen sorunları ele almak veya karşılanmamış ihtiyaçları gidermek için kullanılabilir. Güçlü bir inovasyon yeteneği, işletmelere rakipler tarafından kolayca taklit edilemeyecek bir avantaj sağlar ve uzun vadede rekabet üstünlüğü kazandırır. İşletmeler bu doğrultuda Ar-Ge çalışmalarına yatırım yaparak yenilikçi çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir (Akkaya ve Kaya, 2019).

Büyük veri, lojistik süreçlerdeki karmaşık ve geniş veri yığınlarını analiz ederek operasyonel verimliliği artırmayı mümkün kılar. Rotalama optimizasyonu, stok yönetimi ve talep tahmini gibi süreçler, büyük veri analitiği ile daha hassas ve hızlı bir şekilde yönetilebilir (Ma ve Chang, 2024). Bu teknolojiler, lojistik şirketlerine stratejik avantaj sağlamanın yanı sıra maliyetleri düşürme ve müşteri memnuniyetini artırma fırsatı sunar.

Yapay zekâ (YZ), lojistik süreçlerinde devrim yaratacak potansiyele sahiptir. YZ destekli çözümler, veri analitiği ve otomasyon süreçlerini optimize ederek tedarik zincirindeki görünürlük ve esnekliği artırır. YZ, tahmine dayalı analizler yaparak tedarik zinciri kararlarını daha hızlı ve doğru bir şekilde destekler. Ancak, YZ'nin adaptasyonu sırasında IT sistemlerinin uyumluluğu, veri güvenliği ve kaliteli veri eksikliği gibi sorunlar sıkça yaşanmaktadır. Bu zorluklara rağmen, YZ destekli teknolojiler lojistik operasyonlarında verimlilik artışı ve maliyet tasarrufu sağlayarak endüstrinin dönüşümüne öncülük etmektedir (Boute ve Udenio, 2022).

Blok zinciri teknolojisi, tedarik zincirinde şeffaflık ve güvenlik sağlama noktasında büyük bir potansiyel taşır. Bu teknoloji, verilerin değiştirilemez ve izlenebilir bir şekilde kayıt altına alınmasını mümkün kılarak, tedarik zincirindeki güven sorunlarını en aza indirir. Blok zinciri, özellikle tedarik zincirinde dolandırıcılığı önleme, ürünlerin kaynağını doğrulama ve tedarik süreçlerini hızlandırma konularında etkili çözümler sunmaktadır. Ancak, bu teknolojinin adaptasyonu sırasında yüksek maliyetler ve teknik altyapı eksiklikleri gibi engellerle karşılaşmaktadır. Blok zincirinin doğru uygulaması, tedarik zincirinin güvenilirliğini artırarak rekabet avantajı sağlar (Hackius ve Petersen, 2017).

Bu yenilikler, lojistik sektörünün dijitalleşme sürecinde hızla uyum sağladığı ve sektörü dönüştürdüğü teknolojik kilometre taşlarıdır.

#### 4. Dijitalleşmenin Avantajları ve Zorlukları

Dijitalleşme, toplumları ve işletmeleri dönüştüren temel eğilimlerden biri olarak öne çıkmakta ve dijital teknolojilerin kuruluşlar ile operasyonel süreçlerde kullanılması, şirketlerde önemli değişimlere neden olmaktadır (Parviainen, vd., 2017). Ancak bu dönüşüm, çeşitli avantajları beraberinde getirirken, aynı zamanda uygulanması ve sürdürülmesi sürecinde birtakım zorlukları da barındırmaktadır. Bu bölümde, dijitalleşmenin lojistik süreçler üzerindeki olumlu etkileri ile karşılaşılan temel zorluklara odaklanılacaktır.



#### 4.1. Dijitalleşmenin Avantajları

Dijitalleşme, lojistik sektörünün dönüşümünü sağlayan en önemli itici güçlerden biridir. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte, geleneksel lojistik süreçler yerini veri odaklı, esnek ve daha dinamik yapılarla bırakmaktadır (Remondino ve Zanin, 2022). Lojistik firmaları, dijital araç ve teknolojilerden yararlanarak operasyonel süreçlerini optimize etmekte, müşteri memnuniyetini artırmakta ve sürdürülebilirlik hedeflerine daha kolay ulaşabilmektedir. Bu avantajlar, dijitalleşmenin hem rekabet avantajı yaratan bir unsur olarak öne çıkmasını hem de lojistik operasyonlarının daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır (Burinskienė ve Daškevič, 2024).

Dijitalleşme, lojistik süreçlerde zaman ve kaynak yönetimini iyileştirerek operasyonel verimliliği önemli ölçüde artırmaktadır. Otomasyon teknolojilerinin yaygın kullanımı, manuel işlemleri azaltarak insan hatalarını minimize ederken, süreçlerin daha hızlı ve doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlar (Verbivska, vd., 2023). Depo yönetim sistemlerinden robotik çözümlere kadar uzanan teknolojiler, envanter takibinden sipariş işleme süreçlerine kadar pek çok alanda işletmelerin maliyetlerini düşürmesine katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, rota optimizasyon yazılımları ve gerçek zamanlı takip sistemleri, lojistik süreçlerin daha verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.

Dijitalleşmenin getirdiği en önemli avantajlardan biri de tedarik zinciri süreçlerinde şeffaflığı artırmasıdır. Özellikle Blockchain teknolojisi, ürünlerin tedarik zinciri boyunca uçtan uca izlenmesini sağlayarak güvenliği artırmaktadır. Bu teknoloji, sahtecilik, veri manipülasyonu ve kayıpların önüne geçerken, süreçlerin her aşamasında tam bir görünürlük sunar (Doguchaeva, Zubkova ve Katrashova, 2022). Ayrıca, IoT tabanlı sensörler ve gerçek zamanlı veri analitiği, lojistik zincirindeki tüm paydaşların anlık bilgiye erişmesini mümkün kılar. Bu sayede, lojistik süreçlerdeki aksaklıklar veya gecikmeler hızla tespit edilip çözüme kavuşturulabilir.

Dijitalleşme, lojistik operasyonlarının çevresel etkilerini azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir. Rota optimizasyon yazılımları ve enerji verimli araçların kullanımı, yakıt tüketimini azaltırken karbon emisyonlarının düşmesine katkı sağlar (Kayıkcı, 2018). Bunun yanı sıra, gelişmiş veri analitiği araçları, talep tahmininde daha isabetli sonuçlar elde edilmesini sağlayarak gereksiz üretim ve lojistik hareketlerini önler. Dijital teknolojilerin çevre dostu uygulamalarla entegre edilmesi, lojistik sektöründe çevresel sorumluluğun artırılmasına önemli bir katkı sunmaktadır (Kwilinski, Lyulyov ve Pimonenko, 2023).

## 4.2. Dijitalleşmenin Zorlukları

Dijitalleşme, lojistik sektörünün dönüşümünü sağlayan en önemli itici güçlerden biri olmakla birlikte, bu süreç aynı zamanda birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Teknolojik gelişmelerin hız kazanması, lojistik firmalarının geleneksel süreçlerini veri odaklı, esnek ve daha dinamik yapılarla değiştirmesine olanak tanırken, bu geçişin önündeki engeller, sektördeki birçok aktör için belirgin zorluklar yaratmaktadır. Bu bağlamda, dijitalleşmenin getirdiği zorluklar, yalnızca finansal ve operasyonel değil, aynı zamanda organizasyonel ve güvenlik risklerine de yol açmaktadır (Baimukhanbetova vd., 2023).

Dijitalleşme sürecinin en belirgin zorluklarından biri, teknolojiye yapılan yatırımların yüksek maliyetidir. Özellikle Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 uygulamaları, yeni teknolojilere ve altyapılara yatırım yapmayı gerektirir. Bu tür yatırımlar, yüksek başlangıç maliyetleri ve işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine uyum sağlamak için gerekli olan kaynakları da beraberinde getirir (Kern, 2021). Bununla birlikte, bu yatırımların uzun vadede operasyonel verimlilik, maliyet optimizasyonu ve süreç hızlanması gibi olumlu etkiler yaratabileceği ileri sürülmektedir. Bu nedenle, lojistik firmalarının dijitalleşme süreçlerini değerlendirirken yatırımın geri dönüşümünü (ROI) doğru bir şekilde analiz etmeleri gerektiği ifade edilmektedir.

Lojistik sektöründeki dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik altyapı ile sınırlı kalmaz, aynı zamanda insan kaynağının da bu yeni süreçlere adapte olmasını gerektirir. Dijital araçların etkin bir şekilde kullanılabilmesi için çalışanların yeterli bilgi ve beceriye sahip olmaları şarttır. Bu bağlamda, eğitim ve geliştirme programlarının sektördeki dijitalleşme süreçlerine paralel olarak planlanması büyük önem taşır (Sezer, 2020). Yeterli eğitim ve sürekli beceri gelişimi sağlanmadığı takdirde, dijitalleşmenin etkileri sınırlı kalabilir.

Dijitalleşmenin bir diğer önemli zorluğu, veri güvenliği ve gizliliğidir. Lojistik sektöründe büyük miktarda verinin dijital platformlarda depolanması, bu verilerin korunması gerekliliğini de beraberinde getirir. Siber saldırılar, veri sızıntıları ve diğer güvenlik ihlalleri, şirketlerin itibarına ciddi zararlar verebilir ve maddi kayıplara yol açabilir. Özellikle müşteri verileri, lojistik bilgiler ve ticari sırlar gibi hassas verilerin dijital ortamlarda işlenmesi, güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesini zorunlu hale getirir. Bu nedenle, dijitalleşme süreçlerinde veri güvenliği önlemlerinin ön planda tutulması ve sürekli güncellenen güvenlik protokollerinin uygulanması önerilmektedir (Kern, 2021).

## 5. Stratejik Yaklaşımlar ve Uygulama Örnekleri

Dijitalleşme süreci, yalnızca teknolojik dönüşümü değil, aynı zamanda stratejik bir vizyon ve planlama sürecini de gerektirmektedir. Lojistik firmaları, dijitalleşmenin sunduğu fırsatları en iyi şekilde değerlendirebilmek için hem teknolojik entegrasyona hem de organizasyonel dönüşüme odaklanmalıdır. Bu bölümde, dijitalleşme stratejilerinin lojistik sektöründe nasıl şekillendiği ve bu stratejilerin uygulamaya yansımaları ele alınmaktadır. Ayrıca, Türkiye’den ve dünyadan başarılı dijitalleşme örnekleri üzerinden bu stratejilerin etkileri incelenmiştir.

### 5.1. Dijitalleşme Stratejileri ve Uygulama Örnekleri

Dijitalleşme sürecinin başarısı, lojistik firmalarının bu süreci adım adım planlamasına bağlıdır. İlk adımda, mevcut iş süreçlerinin detaylı bir analizi yapılmalı ve dijitalleşmeye uygun alanlar belirlenmelidir (Korchagina, vd., 2020). Örneğin, depo yönetimi, rota optimizasyonu ve müşteri iletişimi gibi alanlar, dijital dönüşümden önemli ölçüde fayda sağlayabilir. Bunun yanı sıra, dijitalleşme stratejileri belirlenirken şu adımlar öne çıkmaktadır (Helmke, 2022):

**Dijitalleşme Yol Haritasının Belirlenmesi:** Firmanın kısa, orta ve uzun vadeli hedeflerinin dijitalleşme süreciyle uyumlu hale getirilmesi.

**Kaynakların Etkin Yönetimi:** Teknolojik yatırım maliyetleri göz önünde bulundurularak bütçe ve kaynakların doğru şekilde tahsis edilmesi.

**Eğitim ve Gelişim Programları:** Çalışanların dijital teknolojilere uyum sağlaması için sürekli eğitim programlarının düzenlenmesi.

Türkiye’de lojistik sektöründe dijitalleşme süreçlerine yatırım yapan firmalar, sektörün dijital dönüşümüne öncülük etmektedir. Örneğin, bir Türk lojistik şirketi olan Ekol Lojistik, depo yönetiminde robotik otomasyon sistemlerini devreye sokarak operasyonel verimliliği artırmıştır (Ekol Lojistik, 2025). Ayrıca, blok zinciri tabanlı tedarik zinciri çözümleri ile süreç şeffaflığını sağlamış ve müşteri güvenini güçlendirmiştir. Borusan Lojistik, dijitalleşme kapsamında geliştirdiği eTA (Elektronik Taşımacılık Ağı) sistemini operasyonlarına entegre ederek taşımacılık süreçlerindeki belirsizlikleri azaltmayı hedeflemiştir (Borusan Lojistik, 2025). Bu sistem sayesinde teslimat süreleri daha öngörülebilir hale getirilmiş ve müşteri memnuniyetinde artış sağlanmıştır. Ayrıca, firma nesnelere interneti (IoT) ve büyük veri analitiği çözümleri ile tedarik zinciri süreçlerini optimize etmektedir. Netlog, Türkiye’de gıda lojistiği alanında dijitalleşmeyi ön plana çıkarmış bir diğer firmadır (Netlog Lojistik, 2025). Şirket, soğuk

zincir taşımacılığında kullandığı akıllı sensor sistemleri sayesinde ürünlerin taşınma esnasında anlık olarak izlenmesini sağlamaktadır. Bu sistem, sıcaklık sapmalarını önleyerek gıda güvenliğinin korunmasına katkıda bulunmuştur.

Küresel ölçekte, dijitalleşme süreçlerini başarıyla uygulayan firmalar arasında DHL ve Maersk gibi lider lojistik şirketleri öne çıkmaktadır. DHL, lojistik süreçlerinde nesnelere interneti ve yapay zekâ teknolojilerini kullanarak veri analitiği temelli çözümler sunmaktadır (DHL, 2025). Bununla birlikte, Maersk, blok zinciri teknolojisini tedarik zinciri yönetiminde kullanarak şeffaflık ve güvenliğe odaklanmıştır (Maersk, 2025). Bu uygulamalar, dijitalleşmenin operasyonel etkinliği artırırken müşteri memnuniyetini nasıl güçlendirdiğini göstermektedir. E-ticaret devi Amazon, lojistik süreçlerinde dijitalleşmenin lider örneklerinden biridir. Şirket, teslimat süreçlerini optimize etmek için yapay zekâ ve veri analitiği kullanmakta ve otonom teslimat araçları geliştirmektedir (Amazon, 2025). Örneğin, Prime Air hizmeti kapsamında dron kullanımı ile kısa mesafelerde teslimat süreleri önemli ölçüde azaltılmıştır (Amazon, 2024). Bunun yanı sıra, akıllı depo sistemleri ve robotik çözümler, sipariş hazırlama süreçlerini büyük ölçüde hızlandırmıştır. İsviçre merkezli lojistik firması Kuehne + Nagel, büyük veri analitiği ve IoT çözümleriyle tedarik zinciri süreçlerini optimize etmektedir. Şirketin geliştirdiği myKN platformu, müşterilere gerçek zamanlı fiyat teklifi alabilme ve gönderi takibi yapma imkânı sunmaktadır (Kuehne Nagel, 2025). Ayrıca, karbon ayak izini azaltmak amacıyla dijital araçlar üzerinden sürdürülebilirlik odaklı çözümler geliştirmektedir.

## 6. Gelecekteki Eğilimler ve Fırsatlar

Dijitalleşmenin hız kesmeden ilerlemesi, lojistik sektörünün geleceğini şekillendiren yeni eğilim ve fırsatları da beraberinde getirmektedir. Endüstri 5.0'ın yükselişiyle birlikte, insan ve makine işbirliği öncelikli bir konu haline gelmekte, otomasyonun yanı sıra insan dokunuşunun da süreçlerde kritik bir rol oynayacağı öngörülmektedir (Adel, 2023). Bununla birlikte, akıllı lojistik sistemleri ve yapay zekâ destekli çözümler, lojistik süreçlerini daha öngörülebilir, verimli ve sürdürülebilir bir hale getirme potansiyeline sahiptir. Endüstri 5.0'ın odaklandığı beş ana eğilim şunlardır (Pizoñ ve Gola, 2023):

- Tedarik zincirinin değerlendirilmesi ve optimize edilmesi,
- İşletme yönetimi, inovasyon ve dijitalleşme,
- Akıllı ve sürdürülebilir üretim,
- Nesnelere interneti, büyük veri ve yapay zekâ odaklı dönüşüm,
- İnsan-makine entegrasyonu ve uyum

Akıllı lojistik sistemleri ve otomasyon, lojistik sektörünün geleceğini şekillendiren bir diğer önemli gelişmedir (Adesoga, vd., 2024). Bu sistemler, yapay zekâ, büyük veri, nesnelere interneti ve robotik teknolojilerin entegrasyonu sayesinde lojistik süreçleri daha akıllı, esnek ve verimli hale getirmektedir. Akıllı lojistik çözümleri, özellikle depolama, stok yönetimi, taşıma ve dağıtım süreçlerinde hız ve doğruluk sağlamakla birlikte, işletmelere maliyet avantajları da sunmaktadır. Otomasyonun artan rolü ile birlikte, lojistik firmaları işgücü maliyetlerini düşürmekte ve operasyonel hataları minimize etmektedir. Gelecekte, lojistikte daha fazla otonom araç kullanımı, robotik depolar, insansız hava araçları ile yapılan teslimatlar gibi teknolojilerle süreçler daha da otomatikleşecektir. Bu durum, hız, esneklik ve müşteri memnuniyeti açısından önemli iyileşmeler sağlayacaktır. Ancak, otomasyonun artan etkisiyle birlikte, insan işgücünün yeniden yapılandırılması ve yeni beceri gereksinimlerinin ortaya çıkması da kaçınılmaz olacaktır.

Küresel lojistik ve dijitalleşme, tedarik zincirlerini daha şeffaf, entegre ve verimli hale getirerek küresel ekonomiyi dönüştürmektedir (Nitsche ve Straube, 2023). Dijitalleşme, lojistik firmaları ve tedarik zincirindeki tüm paydaşlar arasındaki iletişim, veri paylaşımı ve işbirliğini güçlendirirken, blok zinciri ve IoT çözümleriyle güvenliği artırmakta ve ürünlerin izlenebilirliğini sağlamaktadır. Bu dijital çözümler, firmaların operasyonel verimliliklerini yükseltirken, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de ulaşmalarını sağlamaktadır. Dijitalleşmenin uzun vadeli etkileri, daha az kaynakla daha fazla değer üretmek, karbon ayak izini azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak gibi fırsatlar sunarken, lojistik sektörünü daha çevik, dinamik ve proaktif hale getirmektedir. Bu sayede firmalar, hem bugünün taleplerine hem de gelecekteki belirsizliklere daha hızlı yanıt verebilecek kapasiteye sahip olacaktır.

## 7. Sonuç ve Öneriler

Dijitalleşme, lojistik süreçlerinde verimlilik, hız ve esneklik sağlayarak sektördeki rekabet avantajlarını güçlendirmektedir. Teknolojik dönüşümün etkisiyle, lojistik firmaları daha şeffaf, entegre ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmaktadır. Özellikle IoT, büyük veri analitiği, yapay zekâ, blok zinciri ve robotik sistemler gibi dijital teknolojiler, lojistik süreçlerinde önemli iyileştirmelere yol açmaktadır. Bu çalışma, lojistik sektöründe dijitalleşmenin etkilerini, stratejik ve operasyonel dönüşümü nasıl şekillendirdiğini incelemektedir. Çalışma, dijitalleşme stratejilerinin başarıyla uygulandığı Türk lojistik firmaları ve küresel ölçekteki örnekler üzerinden dijitalleşmenin sektördeki geniş kapsamlı etkilerini göstermektedir. Ayrıca, gelecekteki

eğilimler ve fırsatlar üzerinde de durularak, Endüstri 5.0'ın yükselen önemi vurgulanmıştır.

Dijitalleşme, lojistik sektörünü daha verimli, esnek ve sürdürülebilir bir hale getirmektedir. Depolama, taşıma ve dağıtım gibi lojistik süreçlerde hız, doğruluk ve operasyonel verimlilik artışı sağlanırken, dijital araçlar aynı zamanda maliyetleri düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır. Ancak dijitalleşme sürecinin başarılı olabilmesi için stratejik planlama, kaynakların etkin yönetimi ve çalışanların dijital teknolojilere uyum sağlaması gereklidir. Dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik yatırımlarla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda organizasyonel bir dönüşümü de gerektirmektedir. Teknolojilerin entegrasyonu, lojistik firmalarının operasyonel süreçlerini daha şeffaf, izlenebilir ve güvenli hale getirmektedir.

Lojistik firmalarının dijitalleşme sürecine başlamadan önce mevcut iş süreçlerini detaylı bir şekilde analiz etmeleri ve dijitalleşmeye uygun alanları belirlemeleri önemlidir. Bu analiz, dijitalleşme yol haritası oluşturulmasına olanak tanır ve firmanın kısa, orta ve uzun vadeli hedefleriyle uyumlu hale getirilmelidir. Ayrıca, dijital dönüşüm sürecinde teknolojik yatırımların etkin yönetimi kritik bir rol oynar. Çalışanların dijital teknolojilere uyum sağlamaları için sürekli eğitim programları düzenlenmeli ve kaynak yönetimi güçlü bir şekilde planlanmalıdır.

Veri analitiği ve yapay zekâ uygulamaları, lojistik süreçlerinin optimize edilmesinde önemli bir rol oynar. Bu teknolojiler, lojistik firmalarının operasyonel verimliliklerini artırarak rekabet avantajı sağlamalarına yardımcı olabilir. Aynı zamanda dijitalleşme, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağlar. Lojistik firmalarının karbon ayak izini azaltmayı amaçlayan dijital araçları kullanarak sürdürülebilir çözümler geliştirmeleri teşvik edilmelidir.

Gelecekteki çalışmaların, lojistik sektöründeki dijitalleşmenin etkilerini daha derinlemesine incelemesi ve özellikle küçük ve orta ölçekli firmaların dijital dönüşüm süreçlerine odaklanması önerilmektedir. Ayrıca, yapay zekâ ve veri analitiği gibi gelişen teknolojilerin lojistik operasyonlarına entegrasyonunun uzun vadeli etkileri araştırılmalıdır. Çevresel sürdürülebilirlik ve dijitalleşme arasındaki ilişkiyi daha fazla keşfederek, lojistik sektöründe daha verimli ve çevre dostu çözümler geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir. Son olarak, dijitalleşmenin iş gücü üzerindeki etkileri, yeni beceri gereksinimleri ve çalışan eğitimi üzerine araştırmalar derinleştirilmelidir.

## Kaynakça

- Adel, A. (2023). Unlocking the future: fostering human-machine collaboration and driving intelligent automation through industry 5.0 in smart cities. *Smart Cities*, 6(5), 2742-2782.
- Adesoga, T. O., Ajibaye, T. O., Nwafor, K. C., Imam-Lawal, U. T., Ikekwere, E. A., & Ikechukwu, D. (2024). The rise of the "smart" supply chain: How AI and automation are revolutionizing logistics. *International Journal of Science and Research Archive*, 12(2), 790-798.
- Akkad, M. Z., & Bányai, T. (2020). Applying sustainable logistics in industry 4.0 Era. In *Vehicle and Automotive Engineering* (pp. 222-234). Singapore: Springer Singapore.
- Akkaya, M., & Kaya, H. (2019, October). Innovative and smart technologies in logistics. In *17th International Logistics and supply chain congress* (pp. 97-105).
- Alexopoulos, K., Makris, S., Xanthakis, V., Sipsas, K., & Chryssolouris, G. (2016). A concept for context-aware computing in manufacturing: the white goods case. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(8), 839-849.
- Amazon, "Amazon has launched our most advanced delivery drone yet—here's everything you need to know", <https://www.aboutamazon.com/news/operations/mk30-drone-amazon-delivery-packages>, (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Amazon, <https://aws.amazon.com/tr/ai/>, 11.12.2024, "AWS'de bir sonraki yapay zeka inovasyonu dalgasını oluşturun ve ölçeklendirin", (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Baimukhanbetova, E., Tazhiyev, R., Sandykbayeva, U., & Jussibaliyeva, A. (2023). Digital Technologies in the Transport and Logistics Industry: Barriers and Implementation Problems. *Eurasian Journal of Economic and Business Studies*, 67(1), 82-96.
- Bakan, İ., & Şekkeli, Z. (2016). Lojistik koordinasyon yeteneği, lojistik inovasyon yeteneği ve müşteri ilişkileri (miy) yeteneği ile rekabet avantajı ve lojistik performans arasındaki ilişki: Bir alan araştırması. *Kabramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 39-68.
- Borusan Lojistik, "cTA: Yük Taşımanın ve Taşımanın Adı", <https://www.cta-simacilik.com/> (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Boute, R. N., & Udenio, M. (2022). AI in logistics and supply chain management. In *Global logistics and supply chain strategies for the 2020s: Vital skills for the next generation* (pp. 49-65). Cham: Springer International Publishing.

- Burinskienė, A., & Daškevič, D. (2024). Digitalization in Logistics for Competitive Excellence: Case Study of Estonia. *Tehniki glasnik*, 18(3), 486-496.
- Cañas, H., Mula, J., Díaz-Madroñero, M., & Campuzano-Bolarín, F. (2021). Implementing industry 4.0 principles. *Computers & industrial engineering*, 158, 107379.
- Demir, S., Paksoy, T., & Kochan, C. G. (2020). A Conceptual Framework for Industry 4.0:(How is it Started, How is it Evolving Over Time?). In *Logistics 4.0* (pp. 1-14). CRC Press.
- Demiral, D. G. (2021). Endüstri 4.0'n lojistik boyutu: Lojistik 4.0. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (9), 231-251.
- DHL, "Accelerating the Pace of Digital Transformation", <https://www.dhl.com/tr-en/home/supply-chain/innovations/accelerated-digitization-for-supply-chains.html>, (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Doguchaeva, S., Zubkova, S., & Katrashova, Y. (2022). Blockchain in public supply chain management: advantages and risks. *Transportation Research Procedia*, 63, 2172-2178.
- Ekol Lojistik, "Depo Yönetimi Teknolojisi", <https://www.ekol.com/tr/lojistik/depo-yonetimi/teknoloji/> (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Glistau, E., & Coello Machado, N. I. (2018, May). Industry 4.0, logistics 4.0 and materials-chances and solutions. In *Materials Science Forum* (Vol. 919, pp. 307-314). Trans Tech Publications Ltd.
- Hackius, N., & Petersen, M. (2017). Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?. In *Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 23 (pp. 3-18). Berlin: epubli GmbH.
- Helmke, B. (2022). Digitalization in Logistics. In *Project Management in Logistics and Supply Chain Management: Practical Guide With Examples From Industry, Trade and Services* (pp. 179-201). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion.
- Kayıkci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia manufacturing*, 21, 782-789.
- Kern, J. (2021). The digital transformation of logistics: A review about technologies and their implementation status. *The digital transformation of logistics: Demystifying impacts of the fourth industrial revolution*, 361-403.



- Korchagina, E., Kalinina, O., Burova, A., & Ostrovskaya, N. (2020). Main logistics digitalization features for business. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 164, p. 10023). EDP Sciences.
- Kuehne Nagel, <https://mykn.kuehne-nagel.com/ac/login>, (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Kückelhaus, M., & Chung, G. (2018). Logistics Trend Radar, DHL Customer Solutions & Innovation, Germany. *Available on the Internet: www.dhl.com (23/12/2018)*.
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). Environmental sustainability within attaining sustainable development goals: The role of digitalization and the transport sector. *Sustainability*, 15(14), 11282.
- Ma, L., & Chang, R. (2024). How big data analytics and artificial intelligence facilitate digital supply chain transformation: the role of integration and agility. *Management Decision*.
- Maersk, "How blockchain technology is beefing up supply chain visibility" <https://www.maersk.com/news/articles/2021/07/27/how-blockchain-technology-is-beefing-up>, (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Maslarić, M., Nikolić, S., & Mirčetić, D. (2016). Logistics response to the industry 4.0: the physical internet. *Open engineering*, 6(1).
- Mladenović, T. (2018). Cloud Computing in logistics, Master Thesis, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade.
- Netlog Lojistik, "Netlog Lojistik Dijital Dönüşüm Sektör Birincisi", <https://www.netloglogistics.com/>, (Erişim Tarihi: 23.01.2025).
- Nitsche, B., & Straube, F. (2023). Current State and Future of International Logistics Networks—The Role of Digitalization and Sustainability in a Globalized World. *Logistics*, 7(4), 83.
- Oleśków-Szłapka, J., & Stachowiak, A. (2019). The framework of logistics 4.0 maturity model. In *Intelligent systems in production engineering and maintenance* (pp. 771-781). Springer International Publishing.
- Oliveira, T., & Martins, M. F. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level. *Electronic journal of information systems evaluation*, 14(1), pp110-121.
- Owen, J. M. (2006). *The scientific article in the age of digitization* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.
- Özdemir, A., & Özgüner, M. (2018). Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne etkileri: Lojistik 4.0. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6(4), 39-47.
- Parashar, B., Sharma, R., Rana, G., & Balaji, R. D. (2023). Foundation concepts for industry 4.0. In *New Horizons for Industry 4.0 in Modern Business* (pp. 51-68). Cham: Springer International Publishing.

- Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *International journal of information systems and project management*, 5(1), 63-77.
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human-machine relationship—perspective and future roadmap for industry 5.0 solutions. *Machines*, 11(2), 203.
- Radivojevic, G., Bjelic, N., & Popovic, D. (2019). Internet of things in logistics. In *3rd Logistics International Conference. Serbia, Belgrade* (Vol. 3, pp. 185-190).
- Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2019, May). The concept of logistics 4.0. In *4th Logistics international conference* (pp. 23-25).
- Razumova, Y. V., & Levina, E. P. (2019). Digitalization of the transport and logistics market: integration of information systems. Russian experience in introducing digital technologies in the organization of logistics processes. *Amazonia Investiga*, 8(22), 269-279.
- Remondino, M., & Zanin, A. (2022). Logistics and agri-food: Digitization to increase competitive advantage and sustainability. Literature review and the case of Italy. *Sustainability*, 14(2), 787.
- Richnák, P. (2022). Current trend of industry 4.0 in logistics and transformation of logistics processes using digital technologies: an empirical study in the Slovak republic. *Logistics*, 6(4), 79.
- Schrauf, S., & Bertram, P. (2016). Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. *Strategy and PWC*, 9(2016), 1-32.
- Sezer, İ. C. (2020). *The impact of industry 4.0 on logistics human resources: An insight from domestic logistics companies in Izmir* (Master's thesis, İzmir Ekonomi Üniversitesi).
- Szymańska, O., Adamczak, M., & Cyplik, P. (2017). Logistics 4.0-a new paradigm or set of known solutions?. *Research in Logistics & Production*, 7.
- Ustundag, A., Cevikcan, E., Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). A conceptual framework for Industry 4.0. *Industry 4.0: managing the digital transformation*, 3-23.
- Verbivska, L., Zhygalkevych, Z., Fisun, Y., Chobitok, I., & Shvedkyi, V. (2023). Digital technologies as a tool of efficient logistics.
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18-43.



## Dijitalleşen Lojistik İş Süreçlerinde Siber Güvenlik

Ömer Cengiz<sup>1</sup>

### Özet

Lojistik yönetimi ihtiyaç duyulan mal ve hizmetlerin üretildikleri noktadan tüketim alanlarına hareketini amaçlayan ve tedarik zincirleri boyunca gerekli faaliyetlerin etkili ve verimli bir biçimde yerine getirilmesini sağlayan önemli bir süreçtir. Lojistik faaliyetler bilgi teknolojilerine önemli düzeyde ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple operasyonlar sırasında dijital teknolojilerin kullanımı vazgeçilmez bir gerekliliktir. Lojistik sektörünün yüksek düzeyde dijital bilgi teknolojilerine bağımlı olması siber güvenlik ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Lojistik iş süreçleri ve operasyonel faaliyetlerin kesinti yaşamaması siber güvenlik uygulamalarının başarısı ile yakından ilişkili olacaktır. Bu sebeple, bu çalışma lojistik iş süreçlerinde yoğun bir şekilde kullanılan bilişim teknolojileri sonucu ihtiyaç duyulan siber güvenlik kavramına dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.

### 1. Giriş

Yaşanan teknolojik gelişmeler dünyayı sürekli olarak yeniden şekillendirmekte ve tüketicilere ürünler ve hizmetlerle ilgili daha geniş bir seçenek yelpazesi sunmaktadır. Hızla gelişen ve büyümeye devam eden küresel ekonomide rekabetçi kalmak, değişen müşteri taleplerine zamanında yanıtlar vermek ve artan hizmet beklentilerini karşılamak için, işletmeler lojistik faaliyetleri ve tedarik zincirlerine bilgisayar tabanlı yönetim sistemlerini dâhil etmektedirler. Bu sayede birçok süreç otomatikleştirilerek tam zamanında üretim ve siparişe göre üretim sistemleri ile daha etkin envanter yönetimi sağlanmaktadır. Bilgi teknolojilerinin bu yaygın kullanımı ile birçok işletme dönüşerek tüm bilgi akışlarını dijital ortamlara ve veri tabanlarına aktarmaktadır (Boyes, 2015:28).

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi, omercengiz99@gmail.com, 0000-0002-4645-3318

Dördüncü sanayi devriminin getirdiği bilişim teknolojileri ile ortaya çıkan iyileştirilmiş iletişim ve bilgi akışı, tüm sektörlerdeki mal ve hizmet üreticilerinin müşterilerine sunduğu ürünlerin lojistik zinciri boyunca izlenmesini sağlamaktadır. Lojistik faaliyeti yürüten işletmeler süreç verimliliğini ve maliyet optimizasyonunu iyileştirmek için operasyonlarını dijitalleştirmektedirler. Bilgi teknolojisi araçlarının etkili bir şekilde uygulanması işletmelerin sürdürülebilir büyümesini sağlamaktadır. Özellikle Nesnelerin İnterneti, Siber Fiziksel Sistemler, Bulut Bilişim, Büyük Veri ve Yapay Zeka tedarik zincirlerinin uçtan uca gerçek zamanlı bilgiler ışığında yönetilmesini sağlamaktadır. Bu sayede geleneksel lojistik ve tedarik zinciri faaliyetleri büyük bir değişim yaşamakta ve zengin bilgiye sahip yeni ekosistemler oluşturulmaktadır (Pandey vd., 2020:104).

Kullanılan dijital teknolojiler sayesinde bilgi alışverişi, operasyon çevikliği ve süreç görünürlüğünün artması önemli bir sonuçtur. Bilişim sistemleri lojistik sektörünün daha hızlı, verimli ve etkili çalışmasını sağlamakla birlikte olumsuz sonuç ve endişeleri de beraberinde getirmektedir. Bu ağ yapıları ve teknolojik sistemleri kullanımına bağlı olarak tedarik zincirleri boyunca ortaya çıkan bazı tehditler ve riskler bulunmaktadır (Latif vd., 2021:50; Çelik, 2020:90). Bu risklerin en önemlisi siber güvenliğin sağlanamamasıdır. Lojistik sektörü hızla büyüyen siber uzaydan faydalanma düzeyini artırdıkça siber saldırılara maruz kalma riskini de artırmaktadır. Siber saldırılarla ve siber riskle mücadelede en önemli önlem, dijital lojistik ağındaki kritik varlıkların korumasıdır. Kritik varlıkları savunmak için gerekli önlemlerin proaktif bir şekilde alınması önem arz ederken lojistik ağının karmaşıklığı nedeniyle, siber güvenlik önlemlerinin etkinliği de zorlu bir süreç dönüşmektedir (Cheung ve Bell, 2021:481).

Dijital iletişim, otomasyon ve küresel ekonominin birbirine bağlılığına dayanan mevcut durum, siber güvenliği hem ulusal güvenlik, hem de küresel güvenlik sorunu haline getirmektedir. Yıkıcı kötü amaçlı yazılımlar, siber suçlar ve veri sızıntıları gibi ortaya çıkan birçok siber tehdit, hükümetleri, ekonomileri ve toplumları aynı şekilde etkilemektedir (Fitton vd., 2015:1).

Siber saldırılar için finans sektörü en büyük hedef iken ikinci sırada kamu hizmetleri, havacılık ve savunma sektörleri gelmektedir. Üretim, lojistik ve ulaştırma sektörlerinin orta düzey siber saldırılara maruz kaldığı bilinmektedir (Sarder ve Haschak, 2019:7). Yeni gelişmeler mevcut sisteme verimlilik getirdikçe, standart operasyonları bozan saldırıların ardından her düzeyde siber güvenliğe yönelik endişe de artmaktadır. Siber ve fiziksel sistemler arasındaki bağlantı ve etkileşim nedeniyle operasyonel siber

güvenlik, geleneksel bilgi teknolojisi güvenliği yaklaşımından farklı bir strateji gerektirmektedir (Parker vd., 2023:1).

Veri bütünlüğünü sağlamak için blok zinciri, uzaktan teslimatlar için dronlar ve depo operasyonları için robotlar gibi gelişmiş teknolojilerin benimsenmesi, lojistik süreçlerinde ve küresel tedarik zinciri ağlarında verimliliği artırmaktadır. Bu teknolojiler lojistik sektörü için fırsatlar yaratırken, siber suçluların istismar edebileceği potansiyel güvenlik açıkları da meydana gelmektedir (Bhattacharjya vd., 2012:14). Lojistik yönetiminde siber güvenliğin amacı, lojistik sektörü için güvenli bir siber alan oluşturmaktır. Bunu başarmanın kabul edilen yolu, dijital bir ağdaki siber riskleri (veya siber tehditleri) ortadan kaldırmak veya azaltmaktır. Siber risk, siber alanda bulunan bir risktir ve bu nedenle ortadan kaldırılması veya azaltılması gerekmektedir (Cheung ve Bell, 2021:472). Lojistik faaliyetlerin yürütüldüğü tedarik zincirlerindeki küçük kuruluşların siber saldırıların daha çok hedefi oldukları bilinmektedir. Bunun bir sonucu olarak aynı tedarik zinciri içerisinde yer alan ve küçük işletmeler ile sözleşmeleri olan daha büyük işletmeler belirli tehditlere maruz kalma riski altındadırlar. Bu sebeple tüm tedarik zinciri içindeki siber güvenliğin bir bütün olarak karşılanması adına güvenli ağ yapıları sağlanması gerekmektedir (Latif vd., 2021:50).

## 2. Lojistik Yönetimi ve Dijital Teknolojilerin Kullanımı

Lojistik, modern ekonomi ve güvenlik sistemleri için önemli bir temel unsurdur. İnsanları, yiyecekleri, malzemeleri ve makineleri konumlar arasında taşıma yeteneği, küresel ekonominin ve modern savaşın ölçeğini ve yoğunluğunu artırmaktadır. Lojistiğin etimolojisi, aritmetik hesaplama becerisine atıfta bulunurken, lojistik tüm üretim organizasyonları için hayati öneme sahiptir (Fitton vd., 2015:24; Alzahrani ve Asghar, 2024:1). Lojistik yönetimi, malların, hizmetlerin ve bilgilerin üretim noktasından tüketim alanlarına kadar hareketini entegre eden bir yönetim sürecidir (Cheung ve Bell, 2021:472). Lojistik yönetiminde doğru ürün, miktar, yer, kalite, zaman ve fiyat dâhil olmak üzere tüm faaliyetlerin, ortak dijital teknoloji özellikleri kümesiyle tam olarak desteklenmesi gerekmektedir (Golpira vd., 2021:2).

Küresel ekonomi içerisinde faaliyet gösteren bütün işletmeler gıda, enerji, mal ve teknolojinin ithalatını ve ihracatını mümkün kılan lojistik faaliyetlere bağımlıdırlar. Günümüz ekonomisinin aşırı rekabetçi yapısına bağlı olarak, lojistik iş süreçlerinin verimliliğine yönelik beklentiler her zamankinden daha fazladır. 21. yüzyılda lojistikten beklenen yenilik alanlarının başında dijitalleşme ve bilgi teknolojilerinin kullanımı gelmektedir. Bu sebeple lojistik faaliyetlere odaklanan tüm işletmeler, stratejik hedeflerini yalnızca yeni

teknolojiler kullanarak maliyetleri düşürmek üzerine değil, aynı zamanda alternatifler açısından hızlı ve verimli bir lojistik altyapısı oluşturmak üzerine kurmaktadırlar. Dijital inovasyon, dijital teknolojilere dayalı yeni ürünler, hizmetler veya iş modelleri yaratma yeteneğini ifade ederken (Heierhoff ve Hoffmann, 2022:6793). Dijitalleştirme ise üretim öncesi ve sonrası gerçekleştirilen tüm lojistik ve tedarik zinciri faaliyetlerinin sensörler, aktüatörler, ağlar, yazılımlar ve dijital donanımlar vasıtasıyla siber ortamlara aktarılmasını ifade etmektedir (Pan vd., 2021:4). Lojistik sektöründe 3D baskı, e-ticaret, nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, bulut bilişim, yapay zeka, artırılmış gerçeklik gibi dijital teknolojiler ve trendler, dronlar ve robotlar gibi ekipmanlar, malların taşınmasını, depolanmasını, dağıtımını kolaylaştırmak ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek için yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır. Gerçekleşen bu dijitalleşme süreci ile birlikte, veri bütünlüğü lojistik hizmetlerinin kalitesini sağlamada hayati bir rol üstlenmektedir (Bhattacharjya vd., 2012:2; Simon ve Omar, 2020:162).

Dördüncü sanayi devrimi ile ortaya çıkan yeni paradigma iş ve tedarik zinciri modellerini, iş süreçlerinin ayrıştırılmasını ve gerçek dünya görünürlüğüne geliştirmeye ve otomatikleştirmeye dönük önemli faydalar sunmaktadır. Gerçek zamanlı etkinleştirilmiş lojistik işletmeleri ve ilgili tedarik zinciri modelleri günümüz ekonomi sistemleri için çok önemlidir (Radanliev vd., 2020:1). Giderek daha karmaşık ve küresel hale gelen tedarik zincirlerinde etkinliği ve verimliliği artırmak ve tedarikçiler, üreticiler, dağıtımcılar ve hatta nakliye hizmeti sağlayıcıları ağı arasındaki iletişimi ve koordinasyonu desteklemek için bilgi teknolojilerine büyük ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır (Colajanni vd., 2018:1444). Dijital tedarik zinciri terimi, planlama, kaynak sağlama, üretim, lojistik ve dağıtım aşamalarını kapsayan tüm tedarik zinciri sürecinde dijital teknolojilerin ve bilgi sistemlerinin entegrasyonunu ifade eder. Lojistik faaliyetler açısından dijital tedarik zinciri üreticiler, tedarikçiler, taşıyıcılar, distribütörler ve perakendeciler dâhil olmak üzere çeşitli paydaşlar arasında sorunsuz veri ve bilgi alışverişini içermektedir. Bu karşılıklı yoğun etkileşim ve koordinasyon yaklaşımı, tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı izleme, veri odaklı karar alma ve optimize edilmiş kaynak kullanımını mümkün kılarken, genel operasyonel performans düzeylerini iyileştirmektedir (Odimarha vd., 2024:26).

Lojistik faaliyetlerin yürütülmesi sırasındaki ana hedefler planlama sistemlerini iyileştirme, depo envanterini optimize etme, zamanında teslimat yapma, talebe uygun süreç tasarlama, maliyetleri düşürme ve işletme değerini artırma şeklindedir (Boiko vd., 2019:67). Lojistik planlama ve yürütmede faaliyetleri için bol miktarda veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojinin kullanımı ile verilerin depolanması ve kullanılması kolaylaşırken, daha

basit ve hızlı lojistik operasyon planlamasının önü açılmış olur (Jagtap vd., 2020:8). Tüm bu dijitalleşme çabalarının önemli bir amacı süreç içerisindeki ürün ve hizmete ait tüm envanterin izlenebilirliğidir. İzlenebilirlik, bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanarak ürünle ilgili bilgilerin ürünün üretim süreci dâhil yaşam ömrü boyunca erişilebilir olmasını sağlamaktır. Bu sayede işletmeler tedarik zincirinde herhangi bir noktadaki bir ürünün mevcut durumunu eş anlı olarak izleme yeteneğine sahip olmaktadır. Bu yetenek lojistik gibi müdahale gerektiren iş süreçleri için en önemli yeteneklerden biridir. Ürün ve hizmete ait izleme sonuçlarına dayanarak süreçlerde değiştirme, dönüştürme ve müdahale imkânları verimliliğin artmasını sağlamaktadır. Bu yetenekler tedarik zinciri paydaşlarına rekabet gücü, karlılık ve şeffaflık açısından önemli avantajlar sağlar (Syed vd., 2022:2). Lojistik süreçlerdeki izlenebilirliği artırmak için Radyo Frekans Tanımlama (RFID), Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), Elektronik Veri Değişimi (EDI) ve dijital bilgi teknolojilerinin koordinasyonu ve entegrasyonu artık vazgeçilmez bir gerekliliktir (Norman vd., 2020:2).

Dördüncü sanayi devrimini meydana getiren ve üretim sistemlerinde köklü değişimler yaşatan dijital teknolojiler lojistik süreçler ile yüksek düzeyde uyum göstermektedir. Taşıma sistemleri, depolama faaliyetleri, gümrükleme operasyonları, sigortalama işlemleri, envanter yönetimi ve diğer tüm lojistik faaliyetlerde dijitalleşme sayesinde verimlilik düzeylerinde önemli artışlar yaşanmaktadır. Lojistik bilişim sistemleri, dijitalleşme sürecinin önemli bir faktörü olan teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkmış olup bu sistemlerin kullanılması sektöre önemli katkılar sağlamaktadır (Talih ve Dönmez, 2024:847).

### 3. Siber Güvenlik Kavramı ve Siber Riskler

Son 20 yılın öncelikli güvenlik konularından biri siber güvenlidir. Kamusal faaliyetlerin de dijitalleşme sürecine girmesi ile birlikte devletlerin vatandaşlara ait bilgileri güvenli bir şekilde saklanması ve korunması için gerekli yöntemlere odaklanması gerekmektedir. Bu gereklilik neticesinde siber alanlarla ilgili güvenlik ve koruma kavramları detaylandırılmış ve konvansiyonel tehdit olguları dijital alanları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Yeni güvenlik yaklaşımında toplumsal güvenlik kavramları verilerin korunmasını da içerecek bir yapıya dönüştürülmüş ve dijital güvensizliği ortadan kaldıracak adımlar atılmaya başlamıştır (Doğrul ve Ergürüm, 2021:178). Gelecekte bilgisayar sistemleri insan varoluşunu daha iyiye doğru değiştirme potansiyeline sahiptir. Ancak öncelikli olarak siber uzayda güvenlik kavramı dikkate alınarak sistemler tasarlanmalı ve işletilmelidir. Siber güvenliğe yönelik çalışmaların bütünsel olması gerektiği



de açık bir şekilde görülmektedir. Dijital bir sistemin birbiriyle olan bağlantısını ve dayanıklılığını haritalamadan, sistemi oluşturan insanların ve bilgilerin detaylı bir resmi olmadan tehditleri etkili bir şekilde azaltmak mümkün görünmemektedir (Fitton vd., 2015:28).

### **3.1. Siber Güvenlik Kavramının Tanımı**

Korunması gereken ve dijital veri ve argümanlardan oluşan siber uzay internet, bilgi sistemleri ve diğer iletişim ağları gibi dijital ağlardan meydana gelen insan yapımı bir alandır. Bu alan insanlar arasındaki mesafeyi kısaltan ve bilgi alışverişi için etkili bir platform sağlayan fiziksel dünyamızın sanal bir versiyonunu oluşturmaktadır (Gunaygunta, 2023:36; Kışman ve Güleç, 2021:6). İnsan hayatını önemli ölçüde kolaylaştıran yeni sanal dünyanın korunmasını amaçlayan kavram Siber güvenliktir. Siber güvenlik, verileri ve ağları saldırılardan, hasarlardan veya yetkisiz erişimden korumak için uygulanan birleşik teknolojiler, süreçler ve uygulamalar bütünü olarak tanımlanmaktadır (Simon ve Omar, 2020:161). Kötü niyetli taraflar sistemsel açıklardan yararlanarak hizmet kaybına, ekipmanların zarar görmesine ve potansiyel olarak kazalara neden olabilir (Tonn vd., 2019:105). Diğer bir tanımda siber güvenlik, saldırganların neden olduğu kesintileri önleme, savunma ve kurtarma yeteneğidir. Siber ihlaller her yıl artarak verilerin gizliliğini, bütünlüğünü ve kullanılabilirliğini etkilemektedir (Sarder ve Haschak, 2019:3).

Avrupa Birliği Ağ ve Bilgi Güvenliği Ajansına göre ise siber güvenlik, kullanıcı varlıklarını, organizasyonu ve siber ortamı korumak amacıyla kullanılabilir politikalar, güvenlik kavramları, araçlar, güvenlik önlemleri, cylemler, yönergeler, risk yönetimi yaklaşımları, eğitimler, teknolojiler ve en iyi uygulamaların bütünü olarak tanımlanmaktadır. Siber güvenlik aşağıda yer alan alt alanlardan oluşmaktadır (Cheung ve Bell, 2021:472):

- Ağ güvenliği
- Bulut güvenliği
- Kimlik Yönetimi ve Veri Güvenliği
- Mobil güvenlik
- Uygulama güvenliği
- Kullanıcı eğitimi

Siber güvenliğin önemli bir amacı sistemleri, ağları, programları, cihazları ve bilgileri korumak için teknolojik yöntem ve kontrollerin uygulanmasının yanı sıra bilgisayar sistemlerinin gizliliği, bütünlüğü ve erişilebilirliği için

siber saldırılara veya yetkisiz erişimlere karşı bir kalkan oluşturmaktır. Gelinen noktada siber güvenlik iş dünyasında çeşitli açılardan sıklıkla tartışılan önemli bir konuya dönüşmüştür. Çünkü yaşanan son ihlaller, tüm sektörlerin gerekli önlemler alınmadığında ne kadar savunmasız olabileceğini göstermektedir (Latif vd., 2021:49).

Siber güvenlik sadece doğrudan saldırılara karşı değil, aynı zamanda doğal afetler veya kazara meydana gelen olaylara karşı da bir korumadır. Siber saldırılar elektrik şebekesini, deniz limanı operasyonlarını, hava trafik kontrolünü veya ulaşım altyapısının diğer bileşenlerini ve hizmetlerini etkileyebilir. Küresel konumlandırma sistemlerine yönelik bir siber saldırı, ulaşım altyapısı da dâhil olmak üzere birçok altyapı sektörünü önemli ölçüde etkileyebilir. Ayrıca, hatalı sistem uygulamaları ve yapılandırılmaları nedeniyle oluşan arızalar gibi saldırı şeklinde olmayan siber olaylar da bilgi altyapısının işlevselliğine zarar verebilir ve böylece beklenmeyen sonuçlara yol açabilir (Tonn vd., 2019:105).

Genel olarak siber güvenlik uygulama düzeyinde güvenlik, veri düzeyinde güvenlik, ağ düzeyinde güvenlik gibi birçok farklı düzeyi içermektedir (Colajanni vd., 2020:47). İyi siber güvenlik sistemi insanları, süreci, fiziksel ve teknolojik yönleri kapsayan bütünsel bir yaklaşıma odaklanmaktadır. Kapsamlı bir güvenlik anlayışına ulaşmak tamamen teknik çözümlerin, potansiyel tehditlerin ve güvenlik açıklarının genişliğini ele alarak güvenlik için bütünsel bir yaklaşım sağlamaktır (Boyes, 2015:29).

### 3.2. Siber Risk ve Siber Saldırı

Siber risk; devletlerin, işletmelerin ya da diğer dijital sistem kullanıcılarının bilgi sistemleri ve süreçlerindeki bir problemten kaynaklanan aksaklık yaşamaları sonucu finansal kayıp veya itibar kaybı yaşama ihtimali olarak tanımlanmaktadır. Yaşanacak operasyon kesintilerinin sürekliliği bozarak tüm süreçleri sekteye uğratabileceği unutulmamalıdır. Siber riski en aza indirmeye yönelik olağan yaklaşım, siber alandaki mümkün olan en çok sayıda güvenlik açığını ortadan kaldırmaktır (Cheung ve Bell, 2021:473). Siber güvenlik risk yönetimi inovasyon sürecinin merkezine konulmalıdır. Bu sayede kuruluşların entegrasyonu tam olarak sağlanmasının yanında ve mevcut ihlal ihtimallerinin azaltılması sağlanacaktır (Heierhoff ve Hoffmann, 2022:6800). Siber risk ve zafiyetlerin ortadan kaldırılması veya azaltılması, bir organizasyonda siber güvenliğin artırılmasına önemli katkılar sunmuş olacaktır (Bhattacharjya vd., 2012:2).

Siber riski yönetmeye yönelik yaklaşımlar arasında güvenlik yazılımı, sistem tasarımı ve operasyon iyileştirmeleri ve siber işgücüne yatırımlar gibi

önlemler yer almaktadır. Güvenlik duvarları, yazılım şifrelemesi, virüs tespiti ve sistem bölümlendirmesi gibi koruyucu önlemler de siber riski azaltmak için kullanılır. Siber riski yönetmek için kurumsal önlemler, teknolojik cihazları içeren yapısal önlemler, sistemlerin yönetimi ve işletimini içeren prosedürel önlemler ve olay tespitini yöneten duyarlılık önlemleridir. Bu koruyucu önlemlerin güvenlik faydaları, ilişkili maliyetler ve üretkenlik kayıplarıyla dengelenmelidir ve işletmelerin bu önlemlerin siber riski ortadan kaldıramayacağını fark etmeleri de önemlidir. Kalan riskin uygun şekilde yönetilmesi gerekir ve siber sigorta, riski üçüncü taraflara aktarmak için tamamlayıcı bir önlem olarak kullanılabilir (Tonn vd., 2019:104).

Dijital sistemlerdeki mevcut açıklar kullanılarak ya da çeşitli yazılım uygulamaları ile sistemlere yetkisiz giriş yapılması, bilgilerin alınması ya da değiştirilmesi siber saldırı olarak tanımlanmaktadır. Proses kontrol sistemleri ve tedarik zincirleri perspektifinden bakıldığında siber saldırılar, aktüatörleri, sensörleri, cihazlar arasındaki iletişim kanallarını ve operasyon kontrol sistemi algoritmalarını tehlikeye atabilen kötü amaçlı sinyallerdir (Parker vd., 2023:3). Siber saldırıların sıklığı ve siber saldırılarla ilişkili maliyetler yüksek bir hızla artmaktadır. Saldırıların tespiti, sınırlanması, kurtarma maliyetleri, iş kesintisi, gelir kaybı ve ekipman hasarı mali açıdan işletmelere büyük zararlar vermektedir. Bir siber ihlal ayrıca bir işletmenin veya müşterinin itibarını yok edebilir. Siber suçun maliyeti ülkeye, organizasyon büyüklüğüne, sektöre, siber saldırı türüne ve bir organizasyonun güvenlik durumunun uygunluğuna ve etkinliğine göre değişkenlik göstermektedir. Saldırıların sıklığı da siber suçun maliyetini belirleyen bir etkidir (Sarder ve Haschak, 2019:5).

İş yaşamındaki teknolojik uygulamaların yaygın kullanımına yönelik yaşanan artışlar siber saldırı oranlarını gün geçtikte artırmaktadır. Hemen her gün bilişim korsanları kritik verilere erişmeyi veya hizmetleri aksatmayı amaçlayarak büyük ve küçük işletmeleri hedef almaktadırlar. Saldırıların sonrasında işletmelerin hassas kullanıcı verileri yok edilmekte ve bu durum mali işlemler ve kuruluş itibarı açısından kalıcı hasarlar bırakmaktadır. Değişen teknolojik dünya, etkili bir siber güvenlik planının uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir (Solfa, 2022:20). Günümüz iş dünyasında faaliyet gösteren çok sayıda işletme veya kuruluş artık siber güvenliği yatırım yapmanın zorunlu olduğunu fark etmiş durumdadır. Özellikle tedarik zincirleri ve finansal ağlar aracılığıyla işletmelerin birbirine bağlılığı sonucu, bir paydaşın siber güvenlik yatırımları açısından aldığı kararlar diğer paydaşların siber güvenliğini etkileyebilmektedir (Colajanni vd., 2018:1444).

### 3.3. Siber Güvenlik Yatırımları

Siber güvenlik yatırımlarında amaç, uygulamada başarı sağlayacak alternatifleri değerlendirmek ve işletmeler, tedarik zincirleri veya finansal ağlar açısından en uygun seçenek kombinasyonunun uygulanmasıdır. Siber güvenlik alanının yeni gelişme göstermesi yapılacak yatırımların başarısını ve etkinliğini zorlaştırdığı bilinmektedir. Bu sebeple siber güvenlik sistemi alternatiflerinin ayrıntılı fizibilite çalışmaları önemli bir unsura dönüşmektedir (Melnyk vd., 2022:172). Yatırım kararlarını iyi bir şekilde belirlemek, siber güvenlikle ilgili önemli bir ilgi alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ticaret ağlarının birbiri ile bağlantılı birçok işletmeden oluşması ve her paydaşın maruz kalacağı risklerin zincirin tamamını nasıl etkileyeceği önemli bir zorluk olarak görülmektedir. Dijital olarak kurulmuş olan ağlardaki paydaşların her birinin kendine ait güvenlik sistemlerine sahip olmaları yeterli olmayıp, zincirin tamamının bir bütün olarak güvenceye alınması beklenmektedir. Bu durum siber güvenlik yatırımlarını koordinasyon gerektiren bütüncül bir hale taşımaktadır. Aksi durumda yetersiz ya da gereksiz yatırım yapma ihtimalleri ortaya çıkmaktadır. Siber güvenlik yatırımları için yönetsel açıdan dikkate alınacak iç görüler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Li ve Xu, 2021:1217).

(1) Risk yayılımı perspektifinden bakıldığında, bağlantılı tüm paydaşlar zincirin en zayıf halkası kadar güçlüdür, bu nedenle tüm paydaşların güvenlik açıkları dikkate alınmalıdır.

(2) Tedarik zincirlerini meydana getiren tüm paydaşlar, güvenlik açığı arttığında siber güvenlik yatırımlarını uygun şekilde artırmaları gerekmektedir. Ancak, çok daha büyük bir güvenlik açığı mevcut yatırımının yetersiz kalmasına yol açacaktır. Bu nedenle firmaların sistemlerin yapısını ve donanım yapılandırmasını yeniden tasarlamaları gerekir.

(3) Perakendeci ve tedarikçiler arasındaki karşılıklı bağımlı ilişki ne kadar yakınsa, paydaşların birbirine bağımlılığı ve bilgi paylaşım miktarı o düzeyde artış göstermektedir. Bu durum paydaşların sistemlerine giriş miktarlarının artıracığı için koordinasyon mekanizmalarının tasarlanması önemlidir.

(4) Ortak karar ve güvenlik riski telafisi, olumsuz dış müdahaleleri etkili bir şekilde azaltabilir ve tedarik zincirinin güvenlik seviyesini iyileştirebilir. Ancak, birbirine bağımlı firmalar arasındaki güvenlik bilgisi paylaşımı, paydaşların bedavacı davranışlarını artırabilir. Bu nedenle yatırımların dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir.

Siber güvenlik sorunları artık sadece bilgi teknolojisi sorunları değildir. Geleneksel güvenlik uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, varlıkları izleme ve güvence altına alma yeteneği manuel kontrollerin ötesindedir. Bu durum

artık organizasyonun en üst seviyesinde dikkatlice ele alınması gereken bir iş riskine dönüşmüş durumdadır (Hemanand ve Vallem, 2023:64). Siber risk ve saldırılara karşı sağlam stratejiler geliştirme ihtiyacı, tüm dünyada dijital dönüşüm süreciyle birlikte oldukça belirgin hale gelmiştir. Bu nedenle hem ekonomik büyüme hem de dijital dönüşüm açısından büyük potansiyele sahip ülkelerde endüstriyel tesislerin siber tehditlere karşı korunmasına yönelik strateji ve çözümlerin geliştirilmesine öncelik verilmelidir (Duran, 2024:758).

#### **4. Lojistik Faaliyetlerde Siber Güvenlik**

Lojistik yönetimi, malların, hizmetlerin ve bilgilerin üretim noktasından tüketim alanlarına kadar hareketini entegre eden yönetim sürecidir (Cheung ve Bell, 2021:473). Lojistik bir faaliyetler bütünü olarak bilgi, teknoloji ve insanların kesiştiği noktadadır. Lojistik iş süreçlerinin geleceği bilişim teknolojilerindeki gelişmelerle yakından ilişkilidir. Aynı zamanda bu süreçlerin bilişim dünyası ve siber uzaydaki güvenlik alanındaki gelişmelere yakından bağımlı olduğu söylenmelidir. Küresel ekonomik düzenin beklentilerini karşılayacak daha güçlü ve güvenilir bir lojistik sektörü yaratmak için, ortaya çıkabilecek teknoloji kaynaklı tehditleri azaltmak adına önlemlerin alınması gerekmektedir (Fitton vd., 2015:27).

Günümüzde lojistik faaliyetlerin yürütüldüğü tedarik zincirleri daha karmaşık ve küresel hale gelmiştir. Gerçekleştirilen iş süreçlerinin verimliliğini artırmak ve ağ içindeki tedarikçiler, üreticiler, dağıtımçılar ve hatta ulaşım hizmeti sağlayıcıları arasındaki iletişimi ve koordinasyonu desteklemek için artık giderek daha fazla bilgi teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu artan talep karşısında geliştirilen ve sistemlere entegre edilen bilişim teknolojileri uygun şekilde güvence altına alınmazsa, kuruluşların siber saldırılara karşı savunmasızlığı artacaktır (Latif vd., 2021:74). Lojistik yönetiminde siber güvenlik endişesi, hem siber alanı koruyabilecek hem de bir lojistik ağındaki tüm üyeler için lojistik performans artırabilecek kabiliyetlere sahip olunmasıdır (Cheung ve Bell, 2021:472).

Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirildiği tedarik zincirleri, kuruluşlar için kritik öneme sahiptir ve temel prosedürler ile lojistik gereksinimlerinin karşılanmasını sağlamaktadır (Sobb vd., 2020:1). Tedarik zinciri içerisindeki tüm üyeler paylaşılan bilgi ve güvenlik düzenlemeleri açısından en zayıf paydaş kadar güçlü sayılmaktadırlar. Tedarik zinciri içinde eşgüdümle yürütülen faaliyetlere ilişkin siber saldırılar veya yazılım hataları, zincirdeki bilgi alışverişi yoluyla herhangi bir paydaşta bulunan güvenlik açıkları gibi birçok nedenden dolayı diğer ortak sistemlerini etkileyebilir. Zincir

içerisinde faaliyet gösteren kuruluşların geniş bir teknoloji yelpazesini koruması gerekirken, saldırganların yalnızca en zayıf halkayı belirlemesi yeterli olmaktadır. Ortaya çıkan bu yeni riskler etkili bir şekilde yönetilmeli ve azaltılmalıdır (Pandey vd., 2020:105).

Tedarik zincirindeki risk ihtiyaçları hakkında daha olgun bir anlayış edinmek için, dijital sistemlere ait risk eğilimlerinin sağlam bir temelini geliştirilmesine ve bunların nasıl düzgün bir şekilde ölçülüp modellenebileceğine yönelik araştırmalar önem arz etmektedir. Zincirlerde yüksek düzeydeki belirsizlik nedeniyle her süreç ve karar incelenmeli ve hasar açısından sürekli olarak izlenmelidir (Barron vd., 2016:20). Tedarik zincirlerine yönelik siber saldırılar mevcut ekonomik hareketliliğin kesintiye uğraması ihtimalinden dolayı ciddi bir endişe konusudur. Bu saldırılar yıllar içinde önemli ölçüde artmış göstermiş ve yeni yöntemler ile gelişim sağlamıştır. Hâlihazırda kullanılan siber güvenlik stratejilerinin sınırlı düzeyde etkin olması, politika yapıcıların tedarik zincirlerindeki kesintileri sınırlamak için siber suçların artan tehdidini ele almak için yenilikçi yaklaşımlara yönelmesini zorunlu hale getirir (Afenyo ve Caesar, 2023:1).

#### 4.1. Lojistik Faaliyetlere Yönelik Siber Saldırı Yöntemleri

Teknolojik entegrasyon iş süreçlerini, imalat üretkenliğini artırmaya ve hatta dağıtım maliyetlerini düşürmeye yardımcı olan en önemli unsurdur. Ancak, çeşitli tedarik zinciri paydaşları arasındaki artan karşılıklı bağımlılık, üçüncü taraf denetim mekanizmalarının eksikliği ve siber tehditler de dâhil olmak üzere birçok zorluk ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, güvenlik duvarları ve saldırı tespit sistemleri aracılığıyla dikkatli izleme yapılması gerekmektedir (Latif vd., 2021:50). Lojistik faaliyetlerin yürütülmesi sırasında dijitalleştirilmiş tedarik zincirlerine yönelik en yaygın siber saldırı yöntemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Pandey vd., 2020:110):

**1. Parola kıklama veya kırma:** Kullanıcı adlarını ya da şifrelerini ele geçirmek amacıyla kullanılan en basit ve en yaygın saldırı yöntemlerinden biridir. Geliştirilmiş yazılım paketleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Yazılım veya hizmetler, bilgisayar korsanları tarafından parolaları elde etmek, sistemlere veya daha fazla kullanım için verilere erişmek için kullanılır.

**2. Sahtecilik saldırıları:** Bir kişi ya da yazılımın yasa dışı bir şekilde fayda elde etmek amacıyla, verileri çarpıtması sonucu başka bir kimlik olarak kendini tanımladığı durumdur. Web sahteciliği, bir saldırgan tarafından sahte bir web sitesinin kurulduğu başka bir sahtecilik türüdür.

**3. Hizmet reddi saldırıları:** Bu saldırılar başka bir kullanıcı tarafından gerçekleştirilen kötü niyetli bir eylem nedeniyle bir bilgisayara veya ağ

kaynağına erişimin kasıtlı olarak engellenmesi olarak tanımlanmaktadır. Veriler doğrudan veya kalıcı olarak zarar görmez ancak kaynakların kullanılabilirliği tehlikeye girer.

**4. Doğrudan saldırı:** Bilgisayar sisteminin direk ele geçirilerek bilgiler doğrudan bir saldırı sonucu yeniden yazılır veya çalınır. Bu saldırılarda genelde çevrimiçi hizmet sunan kuruluşlar hedef alınır. Saldırıya uğrayan kuruluş saldırıyı belirleyemezse doğrudan saldırılar tekrarlanır.

**5. Kötü niyetli kurcalama:** Verilerin kötü niyetli bir şekilde düzenlenmesi veya değiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zincirleri içinde yer alan çok paydaşlı teknolojik iş süreçlerinin sahip olduğu daha az güvenlik kontrolü, saldırganların hassas verilere erişim elde etmesini kolaylaştırmaktadır.

**6. İçeriden gelen tehdit:** Bir organizasyon içerisinde siber güvenlik riski oluşturan kişiler içeriden gelen tehdit olarak tanımlanmaktadır. Lojistik iş süreçlerinde istihdam edilen çalışanlardan kaynaklanan içeriden gelen tehditler, dijitalleşme ve küreselleşme olguları nedeniyle artış göstermektedir. Ayrıca bu tehditlerin harici tehditlere nazaran denetlenmesi daha zor hale gelmiştir.

Son yıllarda lojistik sektörüne yönelik üst düzey siber saldırılarda artan bir eğilim olduğu bilinmektedir. Yaşanan birçok siber müdahale sektörün bu saldırılara karşı savunmasızlığını ortaya koymaktadır (Bhattacharjya vd., 2012:2). Lojistik iş ve işlemlerinin yürütüldüğü operasyonel sistemlere yönelik siber saldırılar sonucu fiziksel demiryolu sistemlerinin kesintiye uğraması veya kullanılamaması, yük ve yolcu bilgi kontrollerinin yapıldığı veri tabanlarının bloke edilmesi gibi kısıtlamalar meydana gelmektedir. Denizyolu taşımacılığını etkileyen siber olaylar navigasyon, kargo kontrolü ve diğer endüstriyel süreçleri etkileyebilmektedir. Bunun sonucunda insanların hayatları, çevre ve ticarete konu mülkler tehdit altına girerek, ticari faaliyetlerde önemli aksaklıklar yaşanmaktadır. Ulaşım sistemlerindeki kesintiler, soğutmalı konteynerler ve acil durum sistemleri için sıcaklık kontrolünü etkileyebilmektedir. Bir çekme köprüyü kaldırma, trafik ışıklarını kontrol etme ve gemilere yakıt ve sıvı kargo teslimatı için pompaları, vanaları ve boru hatlarını kontrol etme gibi müdahaleler lojistik operasyonları sekteye uğratmaktadır. Kara, hava, demir yolu, transit ve deniz ulaşım altyapı sistemlerinin tümü, sistem operasyonlarını ve veri gizliliğini etkileme potansiyeline sahip çeşitli siber risklerle karşı karşıyadır (Tonn vd., 2019:112). Bu tür ihlaller dakikalar veya saatler içinde gerçekleştirilebilir, ancak tespit edilmesi ve kontrol altına alınması aylar veya yıllar alabilir. Saldırıları, lojistik, üretim ve operasyonlarda büyük kesintilere ve veri kaybına

neden olabilir. Operasyonlarda kesinti, tedarik zincirindeki birkaç şirket için orijinal operasyon durumuna dönmek için ek maliyetlere yol açmaktadır. Tedarikçilere yönelik saldırılar, operasyonları kesintiye uğratarak tüm tedarik zinciri üzerinde kademeli olumsuz bir etkiye neden olabilir. Siber saldırılar gecikmelere ek olarak, mevcut envanter eksikliğine ve kesintiyi karşılamak için hızlandırılmış nakliye ihtiyaçlarından kaynaklanan maliyetlere yol açabilir. Bir tedarik zinciri düğümüne yapılan saldırı, bir şirket için fikri mülkiyet kaybına veya son müşterilere yönelik hizmet seviyelerinde bir azalmaya da neden olabilir (Simon ve Omar, 2020:162).

## 4.2. Lojistik İş Süreçlerine Yönelik Siber Tehditler

İşletmeler tedarik zinciri operasyonlarını kolaylaştırmak için giderek daha fazla dijital teknolojiye güvendikçe, dijital tedarik zincirinin birbirine bağlı yapısı, siber tehditler tarafından istismar edilebilecek çok sayıda güvenlik açığı ortaya çıkarmaktadır. Dijital tedarik zincirini güvence altına almak, hassas bilgilerin bütünlüğünü ve gizliliğini korumak, operasyonların sürekliliğini sağlamak ve tedarik zinciri ekosisteminin genel dayanıklılığını korumak için çok önemlidir. Siber saldırıların artan sıklığı ve karmaşıklığıyla, lojistik sektöründeki kuruluşlar dijital varlıklarını korumak ve modern iş ortamında rekabet avantajını sürdürmek için proaktif olarak sağlam siber güvenlik önlemleri uygulamalıdır. Lojistik sektörü, operasyonlarının karmaşık ve dinamik yapısı nedeniyle benzersiz siber güvenlik zorluklarıyla karşı karşıyadır (Odimarha vd., 2024:27). Geniş ve birbirine bağlı dijital tedarik zinciri içerisinde faaliyet gösteren lojistik sektörü, çok etkili sonuçları olabilecek bir dizi siber güvenlik tehdidine karşı savunmasız kalabilmektedir. Bu tehditleri anlamak, etkili güvenlik önlemleri geliştirmek olmazsa olmazdır. Lojistik şirketlerinin bilgi yönetimi için kullandığı dijital uygulamalar ve uygulamaların getirdiği siber tehditler aşağıda özetlenmiştir.

### 4.2.1. Lojistikte Kullanılan Dijital Teknolojilere Yönelik Tehditler

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte iş ve sosyal hayatın kolaylaşmasına büyük katkılar sunan dijital teknolojiler, lojistik yönetimi iş süreçlerine büyük faydalar sunmuş ve bir paradigma değişimi meydana getirmiştir. Bu faydalarının yanında güvenlik konusunda bazı yeni tehditlerin oluşması doğal bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Lojistik sektöründe kullanılan ve siber tehditlere maruz kalabilecek teknolojiler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

#### 4.2.1.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti alanındaki gelişmeler, ağ ekonomisinin gelişimini büyük ölçüde desteklemenin yanında benzeri görülmemiş siber güvenlik



sorunlarının da önünü açmıştır (Li ve Xu, 2021:1216). Diğer bir deyişle, Nesnelerin İnterneti siber saldırılar için olası müdahale noktalarını daha da genişletmiştir (Colajanni vd., 2018:1444). Nesnelerin İnterneti sayesinde cihazlar ve nesnelere dijital ortamlara daha fazla bağlandıkça, lojistik sektörü saldırılara daha fazla maruz kalmaya başlamıştır. Saldırırganlar, hassas verilere yetkisiz erişim elde etmek, operasyonları aksatmak veya fiziksel hasar vermek için lojistik tabanlı veri alışverişindeki siber güvenlik açıklarından yararlanabilmektedir (Alzahrani ve Asghar, 2024:2). Nesnelerin İnterneti kullanımı sırasında oluşan zorluklar arasında standardizasyonlar, güvenlik sorunları ve veri sızıntısı riskleri yer almaktadır. Bağlantıların güvenlik kısıtlamaları, taktiksel değerlendirmeler ve ağ kesintileri gibi her yerde bulunan internet bağlantılarına yönelik engeller, operasyonların yürütülmesini ciddi şekilde aksatma potansiyeline sahiptir. Bilgilerin gizliliği ve bilgilerin yetkisiz bir şekilde ele geçirilmesi potansiyeli önemli bir risk meydana getirmektedir (Sobb vd., 2020:16).

Nesnelerin İnterneti ile birlikte birçok cihazın ve nesnenin birbiriyle etkileşim sağlaması ve korunması gereken hassas veriler toplaması, tüm cihaz ve nesnelere arasındaki iletişim ve toplanan verilerin güvence altına alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu gerekliliğin önemi her geçen gün artmaktadır (Karaarslan ve Akbaş, 2017:19). Lojistik sektörü, verileri toplamak, siparişleri işlemek ve malzemeleri ve/veya ürünleri teslim etmek için giderek daha fazla Nesnelerin İnterneti'ni, sensörleri ve aktüatörleri kullanmaktadır. Bu dijital otomasyon ekipmanları, siparişleri işlemedeki insan hatalarını azaltmakta ve sipariş teslimatlarındaki verimliliği artırmaktadır. Ancak bu durum siber uzay ve internet üzerinden gelen kötü niyetli saldırılar tarafından kullanılamaz hale getirilerek kesintiye uğratılabilir. Bunun sonucunda siber uzaydan gelen kötü niyetli saldırılara karşı varlıkların korunması konusunda endişe yaratmaktadır (Cheung ve Bell, 2021:472).

#### *4.2.1.2. Siber Fiziksel Sistemler*

Siber Fiziksel Sistemler fiziksel bileşenler, ağ sistemleri, gömülü bilgisayarlar, yazılımlar ve bilgi paylaşımı amacıyla cihazların ve sensörlerin birbirine bağlanması gibi eksiksiz bir sistemi oluşturan dijital ve fiziksel süreçlerin entegrasyonudur. Siber Fiziksel Sistemler akıllı, otonom teknolojileri kullanarak üretim ve tedarik zinciri süreçleri boyunca dijital yetenekleri geliştirmeyi ve bağlı cihazlarda devrim niteliğinde değişiklikler yapmayı planlamaktadır. Bu gelişimlerin yanında sektörün hazırlıksız olduğu yeni siber riskler de süreçle birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu riskler arasında var olan tehditlere ilişkin bilgi, üçüncü parti işletmelerin denetiminde

yaşanan başarısızlıklar ve güvenlik kontrollerinin yetersizliği olarak ortaya çıkmaktadır (Pandey vd., 2020:105).

Lojistik ve tedarik zinciri iş süreçlerinde Siber Fiziksel Sistemler, fiziksel bileşenler, ağ sistemleri, gömülü bilgisayarlar, yazılımlar ve bilgi paylaşımı için cihazların ve sensörlerin birbirine bağlanması ile fiziksel sistemin dijital ortamda takibini mümkün kılan önemli bir teknolojidir. Siber fiziksel sistemler siber saldırılar, yazılım hataları veya herhangi bir zincir ortağındaki güvenlik açıkları gibi birçok nedenden dolayı tehditlere maruz kalmaktadırlar (Ofori ve İslam, 2019:2).

Siber Fiziksel Sistemlerin kritik altyapı ve operasyonel uygulamalarla ilgili bütün siber-fiziksel bağlantıları bünyesinde barındırması siber güvenlik açısından çok sayıda dezavantaja sebep olmaktadır. Özellikle güncelleme yapma süreçlerinin zorluğu, iş akış sistemlerinde değişim yapmanın zorluğu ve bu sistemlerin kritik doğasından kaynaklı saldırı etkisini potansiyel olarak artırma dezavantajları öncelikli zorluklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Lojistik ve tedarik zinciri iş süreçlerindeki Siber Fiziksel Sistemlere yönelik tehditlere örnek ulaşım ağlarına yönelik solucan saldırılar, izleme sinyallerinin engellenmesi ve üretim sırasında yazılım bütünlüğünün tehlikeye atılması verilebilir. Saldırıların özellikle lojistik ve tedarik zinciri yönetimi alanlarında faaliyet gösteren sistemler üzerinde önemli düzeyde etkiye sahip olduğu bilinmektedir. İnsansız hava araçları ve yarı otonom sistemler siber saldırı için saldırı yüzeyleri sunabilmekte ve gelecekteki depoların büyük ölçüde robotik olması sebebiyle siber tehditlerle daha çok karşı karşıya kalabileceği düşünülmektedir. Artmaya devam eden siber tehditler ve saldırılar sonucu yarı veya tam otomatik tedarik zinciri sistemlerinde meydana gelen aksamaların maliyetli olacağı ve onarımlarının önemli ölçüde zaman alacağı unutulmamalıdır (Sobb vd., 2020:17).

#### *4.2.1.3. Bulut Bilişim Teknolojileri*

Bulut Bilişim Sistemleri tüm verilerin istenilen zamanda ve istenilen yerde internet bağlantısı kullanılarak depolanmasını ve erişime sunulmasını sağlayan teknolojilerdir. Lojistik sektöründe Bulut Bilişim Teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte üretim, bilgi, süreç optimizasyonu, envanter yönetimi, navigasyon, akıllı depolama sistemleri ve performans değerlendirme faaliyetlerinde önemli düzeyde maliyet tasarrufları sağlanmıştır (Cengiz, 2021: 124). Bulut Bilişim Teknolojileri, tedarik zincirlerinin doğasına uygun bir uygulama olması nedeniyle lojistik iş süreçlerinde artan şekilde talep görmekte ve benimsenmektedir. Küresel iletişim ve ağ hizmetlerinin sorunsuz çalışmasına önemli katkılar sunan bu teknolojiler dijital çağın

önemli sistemlerinden biridir. Bulut Bilişimin sektörel kullanımları hızla artmakta ve bazı riskleri de beraberinde getirmektedir (Boyes, 2015:33).

Birçok web tedarik yönetimi için hayati önem taşıdığı bilinen Bulut Bilişim Sistemlerine yetkisiz girilebilmesi, diğer kurumsal sistemlere daha hızlı giriş imkanı sunacak bilgilere erişim sağlamayı kolaylaştırmaktadır. Modern dinamik ağlar, yeni güvenlik riskleri yaratan ve kontrol olasılığını azaltan daha fazla saldırı fırsatı sunmaktadır. Sayılan bu risklerin ana kaynağı bulut teknolojisidir (Boiko vd., 2019:69). Bulut bilişim sistemlerinde risk oluşturan güvenlik açıkları vardır; bunlar arasında; hizmet kararlılığı sorunları, bellek ayırma hataları, ağ bağlantı sorunları, sunucu yönetim sorunları, kimlik doğrulama sorunları ve hizmet reddi saldırılarıdır. Bulut sistemleri, son derece sanallaştırılmış bir ortamda birden fazla ana bilgisayardan önemli veri rezervlerinin birleştirilmesini içerdiğinden, kimlik yönetimi sağlayıcılar için önemli bir sorumluluk haline gelmektedir. Bulutlar, kaynak paylaşımını etkili bir şekilde yapmak için çok kullanıcı sistemlere dayanmaktadır. Bu da farklı kullanıcıların donanım düzeyinde ayrıldığı anlamına gelmektedir. Çoklu kiracılık, kaynak paylaşım tahsisleri değiştiğinde veri kalıcılığı yoluyla bilgi ihlal edilebileceği ve ifşa edilebileceği için gizlilik tehditleri doğurabilmektedir. Bulut hizmetleri, değişen kaynak gereksinimleri için bir miktar esnekliğe sahip olsa da hizmet reddi saldırılarına karşı bağımsızlık sağlamamaktadır (Sobb vd., 2020:15).

#### *4.2.1.4. Blok Zinciri Teknolojileri*

Blok zinciri, verilerin kalıcı kayıtlarını tutabilen dağıtılmış bir defter olarak düşünülebilir. Saklanan veri kümeleri, ilgili üyelerin çoğunluğunun izni olmadan silinemediği veya değiştirilemediği için blok zinciri güvenli bir teknolojidir. Lojistik operasyon yönetiminde blok zinciri teknolojilerinin kullanımı iş süreçlerinin şeffaflığı ve ürün izlenebilirliği konularında önemli katkılar sunmaktadır (Choi vd., 2019:179). Dijitalleşen lojistik iş süreçlerindeki kurcalamaya dayanıklı kimlik doğrulama hizmetleri ve işlemlerin doğrulanmasını sağlamak amacıyla blok zinciri ve şifreleme şemaları konsepti benimsenmektedir (Bhattacharjya vd., 2012:6). Blok zinciri teknolojilerinin lojistik ve tedarik zinciri süreçleri için büyük değere sahip olduğu ve siber güvenlikle ilgili kurulacak sistemlerde faydalanılması gereken önemli bir teknoloji olduğu bilinmektedir (Markov ve Vitliemov, 2020:6). Blok zincir teknolojilerinin uygulanmasında, veri gizliliği, operasyonel dayanıklılık ve sistemlerin yönetimi gibi bazı zorluklar vardır. Eski sistemlerden blok zincirlere uygulama geçişi yapmak, organizasyonel tembelliğe yol açabilmektedir. Bu durumlarda maliyet-fayda analizi fayda sağlayabilecek bir araç olarak görülmektedir. Blok zincirin merkezi olmayan

yapısı, operasyon yüküyle birleştiğinde, tüm kullanım durumlarına uygun değildir. Ek olarak, blok zincirin bazı kötü amaçlı saldırılara karşı savunma tasarımı bulunmaktadır ancak her zaman siber risklerin var olabileceği unutulmamalıdır. Kimlik hırsızlığı ve programlama kodlarının hacklenmesi gibi saldırılar, blok zincir süreçlerinin bütünlüğü için risk oluşturmaktadır (Sobb vd., 2020:18).

#### 4.2.1.5. Yapay Zeka Teknolojileri

Lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde sinir ağlarının doğrulanması ve incelenmesiyle ilgili makine öğrenimi uygulamalarına yönelik güvenlik açıkları bulunmaktadır. Doğrulama ve onaylama, yapay sinir ağlarında doğruluk ve güvenilirliği sağlamak için kullanılan birincil araçları temsil etmektedir. Karmaşık yapay zekâ sistemleri ile çalışmak, kullanıcıların uygulamayı tam olarak anlayamadığı ve güven sorunları ortaya çıkaran süreçlere sebep olmaktadır. Siber güvenlik sistemlerinin kurulması ve işletilmesi süreçlerinde yapay zeka hem güvenceye alınması gereken bir uygulama iken hem de siber saldırılarla mücadelede etkin kullanılması gereken bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Sobb vd., 2020:22).

### 4.3. Siber Saldırlara Yönelik Önlemler

Lojistik şirketlerinin siber saldırı riskini azaltmak için değerlendirebilecekleri birçok adım vardır. Operasyonlarına herhangi bir yeni teknoloji uygulamadan önce, güvenlik özelliklerini değerlendirebilir ve risklerini göz önünde bulundurabilirler. Teknoloji sağlayıcıları, şirketlere belirli sistemler için gereken güvenlik önlemleri konusunda tavsiyelerde bulunabilir. Siber güvenliğin yerinde olduğundan emin olmak için personel eğitimi yapılması da güvenli operasyonlar için etkilidir. Bununla birlikte, alınan güvenlik önlemlerinin güvenlik ihlallerini önlemek için yeterli olduğunun garantisi olmadığından bir geri dönüş planı da hazırlanmış olmalıdır. Siber saldırı risk değerlendirmesi ve güvenlik planlarının eksikliği sistemleri savunmasız hale getirerek lojistik operasyonlarını daha da tehlikeye atacağı kesinlikle unutulmamalıdır (Jagtap vd., 2020:8).

Lojistik ve tedarik zincirlerini yönetmede siber güvenliği artırmak için, ulaştırma ve lojistik sektöründeki uygulayıcılar üç aşamalı bir yaklaşım benimseyebilir. Bunlar önleyici planlama aşaması, gerçek zamanlı kurtarma planlama aşaması ve süreç sonrasına yönelik planlama aşaması. Her aşamada, uygulayıcılar güvenlik kurulunun kararlarıyla uyumlu güvenlik önlemlerini seçebilirler. Siber saldırılarla ilgili olarak önlemlerin niteliğine göre üç kategoriye ayrılmıştır (Bhattacharjya vd., 2012:5):

**1. Proaktif önlemler:** Bir siber saldırının meydana gelmesinden önce uygulanan savunma eylem planlarıdır. Bu planlar siber uzaydan gelecek bilinen saldırılara karşı bir koruma duvarı görevi görecektir.

**2. Gerçek zamanlı kurtarma önlemleri:** Bir siber saldırı sırasında uygulanan savunma eylem planlarıdır. Gerçek zamanlı kurtarma önlemleri, ilk adımla önlenemeyen saldırılardan kaynaklanan hasarı hafifletir. Gerçek zamanlı kurtarma önlemlerinin uygulanması, tehlikeye atılmış bir ağı/sistemi kabul edilebilir bir işlevsel duruma getirmeyi amaçlamaktadır.

**3. Sonrasına yönelik önlemler:** Bir siber saldırıdan sonra uygulanan eylem planlarıdır. Üçüncü kategori yalnızca kurtarma önlemlerini değil, aynı zamanda bir saldırıdan sonra ağı/sistemin dayanıklılığını artıran önlemleri ve tüm sistemi siber saldırılara karşı daha dirençli hale getiren iyileştirme önlemlerini de içermektedir.

## 5. Sonuç

Lojistik iş süreçlerinin başarısı, tedarik zinciri içindeki tüm paydaşların birlikte hareketi ve amaç bütünlüğüne dayalı bir operasyon yönetimine bağlıdır. Bunun sağlanabilmesi için tüm sistemin görünürlüğüne sağlayacak bilgi ve iletişim ağlarının kurulması önemli bir gerekliliktir. Bu sebeple bilgi yönetimi, lojistiğin en önemli unsurlarından birine dönüşmektedir. Bilginin daha etkin kullanılmasına yönelik çabalar devam ederken geliştirilen yeni dijital teknolojiler sektör için birçok iş sürecine çok önemli katkılar sunmuştur. Tüm zincir içerisinde bilgiye anlık ulaşım ve süreçlere insansız müdahale imkânları sağlayan dijital teknolojiler lojistikte dijitalleşmenin önünü açmıştır. Bu önemli faydaların yanında süreçlerin dijitalleşmesi ile birlikte, sistemlerin dışarıdan müdahalelere açık hale gelmesi ise sürecin doğal bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu müdahalelere karşı alınacak önlemler ve sistemin korunması amacı, siber güvenliğin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yeni ekonomi düzeni içerisinde ortaya çıkan bu kavram süreçlerin devamlılığı ve işlerin istenen başarı düzeylerine ulaşmasını sağlayacak gereksinimler arasına girmiştir. Lojistik ve tedarik zinciri faaliyetlerinde bugün ve gelecekte sürekli olarak gündemde tutulması gereken ve gerekli önlemlerin göz ardı edilmeden yerine getirilmesi beklenen ana unsurlardan biri artık siber güvenliktir. İş süreçlerinin iyileştirilmesi, operasyonların yüksek verimlilikle gerçekleştirilmesi ve hata, kayıp, hasar oranlarının düşürülmesi lojistik sektörü için ne kadar önemli ise siber güvenlikte o düzeyde önemlidir. Bu sebeple lojistik faaliyet gösteren işletmelerde siber güvenlik ihlallerine yönelik alınması gereken önlemlerin dikkatli bir şekilde belirlenmesi, kurulu bilgi sistemlerinin güvenliğini sağlayacak sistemlerin kurulması ve tüm kurum içerisinde siber güvenlik farkındalığının artırılması önem arz etmektedir.

## Kaynaklar

- Afenyo, M., & Caesar, L. D. (2023). Maritime cybersecurity threats: Gaps and directions for future research. *Ocean & Coastal Management*, 236, 106493.
- Alzahrani, A., & Asghar, M. Z. (2024). Cyber vulnerabilities detection system in logistics-based IoT data exchange. *Egyptian Informatics Journal*, 25, 100448.
- Barron, S., Cho, Y. M., Hua, A., Norcross, W., Voigt, J., & Haimes, Y. (2016, April). Systems-based cyber security in the supply chain. In *2016 IEEE systems and information engineering design symposium (SIEDS)* (pp. 20-25). IEEE.
- Bhattacharjya, J., Cheung, K. F., & Bell, M. G. (2021). Cybersecurity in logistics and supply chain management: An overview and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, 102217.
- Boiko, A., Shendryk, V., & Boiko, O. (2019). Information systems for supply chain management: uncertainties, risks and cyber security. *Procedia computer science*, 149, 65-70.
- Boyes, H. (2015). Cybersecurity and cyber-resilient supply chains. *Technology Innovation Management Review*, 5(4), 28.
- Cengiz, Ö. (2021). *Lojistik 4.0 Türkiye Lojistik Sektörü Durum Analizi*. Siyasal Kitabevi: Ankara.
- Cheung, K. F., & Bell, M. G. (2021). Attacker–defender model against quantal response adversaries for cyber security in logistics management: An introductory study. *European Journal of Operational Research*, 291(2), 471-481.
- Choi, T. M., Wen, X., Sun, X., & Chung, S. H. (2019). The mean-variance approach for global supply chain risk analysis with air logistics in the blockchain technology era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 178-191.
- Colajanni, G., Daniele, P., & Sciacca, D. (2020). A projected dynamic system associated with a cybersecurity investment model with budget constraints and fixed demands. *J. Nonlinear Var. Anal*, 4(1), 45-61.
- Colajanni, G., Daniele, P., Giuffrè, S., & Nagurney, A. (2018). Cybersecurity investments with nonlinear budget constraints and conservation laws: variational equilibrium, marginal expected utilities, and lagrange multipliers. *International Transactions in Operational Research*, 25(5), 1443-1464.
- Çelik, R. (2020). Lojistik sektöründe kullanılan yeni bilişim sistemleri: Lojistik 4.0 örneği. *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 6(4).

- Doğrul, M., & Erğurum, A. (2021). Blok zincirinin (blockchain) literatür büyümesi ışığında yeni siber güvenlik arayışları. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 10(3), 175-194.
- Duran, Z. (2024). Endüstri 5.0'a geçişte siber güvenlik: Yeni sanayileşen ülkeler üzerine bir inceleme. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(3), 745-760.
- Fitton, O., Prince, D., Germond, B., & Lacy, M. (2015). The future of maritime cyber security. *Lancaster University*, 8.
- Golpîra, H., Khan, S. A. R., & Safacipour, S. (2021). A review of logistics internet-of-things: Current trends and scope for future research. *Journal of Industrial Information Integration*, 22, 100194.
- Gonaygunta, H. (2023). Machine learning algorithms for detection of cyber threats using logistic regression. *International Journal of Smart Sensor and Adhoc Network. Department of Information Technology, University of the Cumberland*. 36-42.
- Heierhoff, S., Hoffmann, N. (2022). Cyber Security vs. Digital Innovation: A Trade-off for Logistics Companies?. In Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Hemanand, D., & Vallem, R. R. (2023). Cyber security system based on machine learning using logistic decision support vector. *Mesopotamian Journal of CyberSecurity*, 2023, 64-72.
- Jagtap, S., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadiji, T., & Salonitis, K. (2020). Food logistics 4.0: Opportunities and challenges. *Logistics*, 5(1), 2.
- Karaarslan, E., & Akbaş, M. F. (2017). Blokzinciri tabanlı siber güvenlik sistemleri. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 16-21.
- Kişman, Z. A., & Güleç, Ö. (2021). Uluslararası ilişkiler açısından siber güvenlik ve NATO'nun siber güvenlik stratejileri. *Akademik Açık*, 1(1), 127-154.
- Latif, M. N. A., Aziz, N. A. A., Hussin, N. S. N., & Aziz, Z. A. (2021). Cyber security in supply chain management: A systematic review. *LogForum*, 17(1), 49-57.
- Li, Y., & Xu, L. (2021). Cybersecurity investments in a two-echelon supply chain with third-party risk propagation. *International Journal of Production Research*, 59(4), 1216-1238.
- Markov, K., & Vitliemov, P. (2020). Logistics 4.0 and supply chain 4.0 in the automotive industry. In *IOP conference series: Materials Science and Engineering*, Vol. 878, No. 1, p. 012047).
- Melnyk, S. A., Schoenherr, T., Speier-Pero, C., Peters, C., Chang, J. F., & Friday, D. (2022). New challenges in supply chain management: cybersecurity across the supply chain. *International Journal of Production Research*, 60(1), 162-183.

- Norman, D., Bhargava, N., Harmon, M., Wright, J., Springs, D., & Dawson, M. (2020). Supply chain and logistics management and an open door policy concerning cyber security introduction. *International Journal of Management*, 9(1), 1-10.
- Odimarha, A. C., Ayodeji, S. A., & Abaku, E. A. (2024). Securing the digital supply chain: Cybersecurity best practices for logistics and shipping companies. *World Journal of Advanced Science and Technology*, 5(1), 026-030.
- Pan, S., Trentesaux, D., McFarlane, D., Montreuil, B., Ballot, E., & Huang, G. Q. (2021). Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet. *Computers in industry*, 128, 103435.
- Pandey, S., Singh, R. K., Gunasekaran, A., & Kaushik, A. (2020). Cyber security risks in globalized supply chains: conceptual framework. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 13(1), 103-128.
- Parker, S., Wu, Z., & Christofides, P. D. (2023). Cybersecurity in process control, operations, and supply chain. *Computers & Chemical Engineering*, 171, 108169.
- Radanliev, P., De Roure, D., Page, K., Nurse, J. R., Mantilla Montalvo, R., Santos, O., & Burnap, P. (2020). Cyber risk at the edge: current and future trends on cyber risk analytics and artificial intelligence in the industrial internet of things and industry 4.0 supply chains. *Cybersecurity*, 3, 1-21.
- Sarder, M. D., & Haschak, M. (2019). Cyber security and its implication on material handling and logistics. *College-Industry Council on Material Handling Education*, 1(1), 1-18.
- Simon, J., & Omar, A. (2020). Cybersecurity investments in the supply chain: Coordination and a strategic attacker. *European Journal of Operational Research*, 282(1), 161-171.
- Sobb, T., Turnbull, B., & Moustafa, N. (2020). Supply chain 4.0: A survey of cyber security challenges, solutions and future directions. *Electronics*, 9(11), 1864.
- Solfa, F. D. G. (2022). Impacts of cyber security and supply chain risk on digital operations: evidence from the pharmaceutical industry. *International Journal of Technology Innovation and Management (IJTIM)*, 2(2), 18-32.
- Syed, N. F., Shah, S. W., Trujillo-Rasua, R., & Doss, R. (2022). Traceability in supply chains: A Cyber security analysis. *Computers & Security*, 112, 102536.
- Talih, Ö., & Dönmez, E. (2024). Tedarik zincirine genel bakış: Akıllı tedarik zincirinde risk ve güvenlik. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 836-854.
- Tonn, G., Kesan, J. P., Zhang, L., & Czajkowski, J. (2019). Cyber risk and insurance for transportation infrastructure. *Transport policy*, 79, 103-114.



Yeboah-Ofori, A., & Islam, S. (2019). Cyber security threat modeling for supply chain organizational environments. *Future internet*, 11(3), 63.

## Otomotiv Yedek Parça Sektöründe Güncel Eğilimler

Yağmur Güney<sup>1</sup>

Aytuğ Sözüer<sup>2</sup>

### Özet

Bu bölümde, otomotiv sanayisinin önemli bir bileşeni olan yedek parça sektöründe mevcut durumu, küresel ve ulusal düzeydeki dinamikleri, teknolojik ve çevresel dönüşümleri ile geleceğe dair öngörüler ve fırsatlar tartışılmaktadır. Küresel otomotiv sektörü, çevre dostu araçlara yönelirken, Endüstri 4.0 unsurları da üretim süreçlerini verimli ve sürdürülebilir hale getirmektedir. Ayrıca, otomotiv yedek parça sektörü dijitalleşme sayesinde küresel rekabetçiliğini artırmaktadır. Türkiye, otomotiv yedek parça üretiminde bölgesel bir güç olma potansiyeline sahipken, sektördeki küresel trendlere uyum sağlanabilmesi için Ar-Ge yatırımlarının artırılması, dijitalleşme ve çevresel sürdürülebilirliğe daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Çalışma, otomotiv yedek parça üreticileri için güncel teknolojilerin entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, yeşil inovasyonun sektöre katkıları ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ile ilgili stratejik adımların alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

### 1. Giriş

Otomotiv sektörü, teknolojik gelişmelerin hızla uygulamaya alındığı ve üretim tekniklerinin sürekli olarak yenilendiği, küresel ölçekte yoğun rekabetin yaşandığı endüstrilerden biridir. Dünya ekonomisinin yaklaşık %5'ini oluşturan bu sektör, demir-çelik, petrokimya, plastik, tekstil, cam ve elektronik gibi farklı endüstrilerle yakından ilişkilidir. Ayrıca, tarım, turizm, savunma, ulaştırma, altyapı ve inşaat gibi birçok sektöre tedarik sağlamakta

1 Öğrenci, Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, yagmurg79@gmail.com, 0009-0000-1683-4585

2 Doç. Dr., Yalova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, aytug.sozuer@yalova.edu.tr, 0000-0003-2680-2071

olup, büyüyen pazar ve artan sektör değeriyle birlikte, ekonomik açıdan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için stratejik bir önem arz etmektedir (Chiaberge, 2011; Mitchell vd., 2010; Öztekin, 2016; Pişkin, 2017).

Otomotiv endüstrisinin kökenleri, 1769'da buhar gücüyle çalışan ilk aracın icadıyla atılmıştır. Bu dönemin ardından, otomotiv endüstrisi Avrupa'da gelişmeye başlamış ve zamanla Amerika Birleşik Devletleri'nde de önemli bir ivme kazanmıştır. Özellikle binek otomobil üretimi, Amerika'da hızla yayılmış ve endüstri, Birinci Dünya Savaşı sonrasında büyük bir dönüşüm yaşamıştır. Bu süreçte, otomobil üretimi, sürekli bir değişim ve gelişim içinde öncelikli bir sektör haline gelmiştir (Arslan, 2019).

Otomotiv sektörü, sanayileşme hedeflerine sahip ülkeler için lokomotif sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu sektör, cari işlemler dengesini doğrudan etkileyen bir dizi parametreyle ilişkilendirilmiş olup, ekonomik, teknolojik ve sosyal açıdan büyük öneme sahiptir. Bir ülkenin otomotiv endüstrisinin büyümesi, o ülkenin sanayileşme ve modernleşme hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, sektördeki gelişmeler, istihdam yaratma kapasitesi, AR-GE faaliyetlerine sağlanan katkılar ve ülke ekonomisine sağlanan diğer faydalar açısından dikkat çekmektedir (Boratav ve Türkcan, 1994).

Son yıllarda, otomotiv sektörü teknolojik ilerlemelerin etkisiyle büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Kullanıcı deneyimi, güvenlik ve sürdürülebilirlik alanlarında artan öncelikler doğrultusunda, hibrit ve tamamen elektrikli güç aktarma sistemlerine olan yönelim artmıştır. Bu dönüşüm, yalnızca araçların enerji kaynaklarında değil, aynı zamanda mobilite anlayışında da köklü değişikliklere yol açmıştır. Çevre dostu yaklaşımları benimseyen sektör, geleneksel araç sahipliği kavramına alternatif oluşturabilecek yenilikçi mobilite çözümleri araştırmaya başlamıştır (Erdogan, 2019).

Otomotiv sektörü, orijinal ekipman üreticilerinden yedek parça üreticilerine, ticari taşıt üreticilerinden yetkili satıcılara kadar geniş bir alt sektör yelpazesine sahiptir. Bu sektörde, gelişmekte olan ekonomilerde artan üretim kapasitesi, büyüyen iç pazarlar ve çevre dostu araçlarla ilgili yakıt teknolojilerinin araştırılması gibi pek çok alanda büyük bir büyüme potansiyeli bulunmaktadır. Bu dinamikler, otomotiv şirketlerine yeni fırsatlar sunarak sektördeki rekabeti şekillendirmektedir (KPMG, 2022).

Otomotiv sektörü, tarihsel olarak sürekli bir değişim ve gelişim göstermiştir. Bu süreçte, araç sahipliği modellerinde, güç aktarma sistemlerinin enerji kaynaklarında, sürücülerin araç içindeki rolleri ve yolcuların taleplerinde önemli değişiklikler yaşanmıştır. Günümüzde ise,

hızla değişen küresel dinamikler sektörü doğrudan etkilemekte ve sektördeki dönüşüm süreci hızlanmaktadır. Bu dönüşüm, önceki dönemlere kıyasla daha karmaşık ve zorlu çözümler arayışlarını gerektirmektedir. Yeni ortaya çıkan sorunlarla başa çıkabilmek için daha kapsamlı ve yenilikçi çözümler geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Erdoğan, 2019).

Yeni dijital teknolojiler, endüstriyel süreçlerde üretim makinelerinin yazılımlarla entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Bu teknolojik ilerleme, dijital veri toplama süreçlerini hızlandırarak, üretim süresi optimizasyonu sağlamaktadır. Ayrıca, daha düşük maliyetlerle daha yüksek kaliteli ürünler üretilmesine olanak tanımakta ve işletmeleri destekleyecek stratejik kararların alınması için gerekli tüm bilgilerin sağlanmasını temin etmektedir (Arena vd., 2022).

Otomotiv sektöründeki bu hızlı dönüşüm ve teknolojik ilerlemeler, yalnızca araç üretimini değil, aynı zamanda sektöre bağlı diğer alanları da doğrudan etkilemektedir. Özellikle yedek parça sektörü, otomotiv endüstrisinin gelişen ihtiyaçları doğrultusunda önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Yedek parça üreticileri, araçların daha sofistike hale gelmesiyle birlikte, yeni nesil bileşenler ve daha yüksek kalite standartlarına yönelik talepleri karşılamak için inovasyon ve adaptasyon süreçlerine odaklanmaktadır. Bu bağlamda, yedek parça sektörü, otomotiv endüstrisinin sürdürülebilir büyümesine paralel olarak önemli bir rol oynamaktadır.

## 2. Otomotiv Yedek Parça Sektörü

Otomotiv yedek parça sektörü, araçların ilk satışından itibaren ömrünün sonuna kadar olan tüm bakım faaliyetlerini içerir. Bu faaliyetler arasında yedek parça dağıtımı, servis ve tamir hizmetleri bulunur. Bu sektör, yolcu ve ticari araçlar için geniş ürün ve hizmet yelpazesine sahiptir. Bunlar arasında yedek parçalar, aksesuarlar, teşhis ürünleri, yağlayıcılar, görünüm ürünleri ve bunların montajları sayılabilir (Subramoniam vd., 2009).

Otomotiv satış sonrası sektörü, kullanıcı araçlarının bakımını sağlamak ve araçların kırık veya hasarlı parçalarını onarmak için mecburi bir pazardır. Son kullanıcılar, sigorta şirketleri, kiralama ve filo şirketleri araçlarının kırık veya hasarlı parçalarını tamir ettirmek veya araçlarının rutin bakımını yaptırmak zorundadırlar. Kullanıcıların satış sonrası ihtiyaçları için tercih edebilecekleri iki farklı kanal bulunmaktadır. Araç sahipleri otomotiv üreticilerinin yetkili bayilerini tercih edebilir. Bu dağıtım kanalı orijinal ekipman sağlayıcısı (OES) olarak adlandırılır. Alternatif bir dağıtım kanalı ise herhangi bir otomotiv üreticisine bağlı olmayan bağımsız satış sonrası pazarı (IAM) ve atölyeleridir. Hem OES hem IAM kanalının müşterileri,

bireysel, kurumsal veya filo amaçlı son kullanıcılar ile sigorta, ikame ve kiralama şirketleri gibi araçları içerir. OES ağı, uzatılmış garanti seçenekleri gibi uygulamalarla kendi müşteri sadakat programlarını oluşturarak kullanıcıları kendi servislerine çekmeye çalışır. Araç sahiplerinin bağımsız servis veya yetkili servis tercihi, araç yaşına bağlı olarak değişebilir. Genellikle 0-3 yaşında sigorta kapsamındaki araçlar için yetkili servisler tercih edilirken, IAM atölyeleri sıkça ekonomik avantajları nedeniyle 4-5 yaşından daha eski araçlara hizmet verir (Hoegaerts ve Schönerberger, 2019).

IAM firmaları, orijinal ekipman üreticileri (OEM) dışındaki parçaları satış sonrası pazarına sunarlar. Otomotiv yedek parça şirketleri, bu ürünleri üretmek için OEM parça lisanslarını alırlar. Böylece, satış sonrası parçalar, orijinal ekipmanın gereksinimlerini karşılamak için bir alternatif olarak hizmet verir. OEM parçaları veya satış sonrası parçalar, tasarlandığı işlevi yerine getirmelidir. Bu temel performans gerekliliği sebebiyle satış sonrası yedek parçaların performansı, orijinal parçalarla benzer düzeydedir (Dobrican, 2013).

Günümüzde, tüketiciler araçlarını uzun vadeli kullanma eğiliminde ve araçlarının ömrünü artırmak için önleyici bakım ve düzenli servislere daha fazla önem atfetmektedir. Bu artan talep, otomotiv yedek parça endüstrisinde faaliyet gösteren çeşitli işletmeler için yeni büyüme ve gelir fırsatları yaratmaktadır (Laborda ve Moral 2020).

Son yıllarda, e-ticaret ve dijitalleşme yedek parça sektöründe giderek daha belirleyici bir rol üstlenmiştir. Çevrimiçi platformlar, üreticiler ile tüketiciler arasındaki erişimi kolaylaştırmanın yanı sıra, tedarik zincirinin verimliliğini artırarak stok yönetim süreçlerini optimize etmektedir. Bununla birlikte, sektörde sürdürülebilirlik giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle çevre dostu malzemelerden üretilen ve geri dönüştürülebilir yedek parçalara yönelik talebin artması beklenmektedir. Bu dönüşüm, kaynakların korunması ve atık miktarının azaltılması amacı doğrultusunda yeniden kullanım ve geri dönüşüm uygulamalarını da teşvik etmektedir (MOSPART, 2024).

## 2.1. Türkiye’de Otomotiv Yedek Parça Sektörü

Türkiye’de 2023 yılının sonunda ağır ticari araçlar da dahil olmak üzere toplam araç parkı 29 milyon adede yaklaşmıştır. Araç parkının dağılımına bakıldığında, yüzde 53’ünün binek araçlardan, yüzde 18’inin motosikletlerden, yüzde 16’sının pikap ve kamyonetlerden, yüzde 7’sinin traktörlerden, yüzde 3’ünün kamyonlardan, yüzde 2’sinin minibüslerden, yüzde 1’inin ise otobüslerden ve özel amaçlı diğer araçlardan oluştuğu görülmektedir. Araç parkının yaş dağılımında, yüzde 22’sinin 0-5 yaş

aralığında, yine yüzde 22'sinin 6-10 yaş, yüzde 19'unun 11-15 yaş, yüzde 13'ünün 16-20 yaş ve yüzde 24'ünün 21 yaş ve üstü araçlardan oluştuğu raporlanmıştır (Satınalma Dergisi, 2024).

Türk otomotiv yedek parça sektörü, ürün çeşitliliği, yüksek standartları ve büyük hacmi ile uluslararası otomotiv endüstrisine ve ülkedeki yaklaşık 29 milyon taşıta parça tedarik etmektedir. Sektördeki sürekli dönüşümler, otomotiv yedek parça endüstrisinin gün geçtikçe daha da büyümesine olanak sağlamaktadır. Türkiye'nin otomotiv yedek parça sektörü, ülkedeki otomotiv endüstrisinin ihtiyaçlarına, geniş ürün yelpazesi, yüksek kapasitesi ve uluslararası standartlara uygun parça tedarikiyle yanıt vermektedir. Ayrıca, ihracat potansiyeli açısından da oldukça önemli bir konumdadır (OSD 2016).

Türkiye'de üretilen araçlara yönelik yedek parça ihtiyacının büyük bir kısmı, otomotiv yedek parça sektöründe yer alan firmalar tarafından karşılanmaktadır. Sektör, ülkenin otomotiv endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır ve üretim kapasitesi giderek artmaktadır. Bu sektörde; elektrik ekipmanları ve aydınlatma sistemleri, süspansiyon parçaları, fren sistemleri ve bileşenleri, motor ve motor parçaları, aktarma organları, hidrolik ve havalı sistemler, dövme ve döküm parçalar, şasi aksamı ve bileşenleri, aküler, otomobil camları ile koltuklar gibi çok çeşitli ürünlerin üretimi yapılmaktadır. Bu sayede, ülkede üretilen araçların bakım ve onarımları için gerekli olan yedek parçaların önemli bir kısmı yerel kaynaklardan sağlanabilmektedir (Dinç, 2017).

Sektör, bayilerin üreticiye olan alışkanlığını azaltarak ve bayiler arasındaki yarışını artırarak, yetkili servislerin yanı sıra bağımsız tamircilerin ve özel servislerin rekabetçi bir ortamda faaliyet göstermelerine imkân sağlamaktadır. Eskiden otomotiv firmaları ve bayiler, araç satışlarından sağladıkları kazançlarla varlıklarını sürdürürken, son yıllarda gelir yapılarında ciddi bir dönüşüm meydana gelmiştir. Özellikle kriz zamanlarında ivme kazanan bu dönüşüm, kâr oranlarının yüzde 5 seviyelerine, hatta son dönemde artan rekabetle birlikte neredeyse eksiye dönmesiyle kendini göstermiştir. Bu gelişme, şirketlerin araç satışlarından elde edemedikleri gelirleri aksesuar, yedek parça ve servis hizmetlerine kaydırmasına yol açmıştır. Aynı süreçte, bağımsız oto tamircileri de yetkili servislerle eşit şartlarda orijinal parça ve yüksek kaliteli yedek parça sağlayabilecek konuma ulaşmıştır (Binay, 2006).

Otomotiv yedek parça üretimi, son yıllarda teknolojik dönüşümlerle önemli bir evrim geçirmiştir. Endüstri 4.0'ın etkisiyle, üretim süreçleri daha akıllı, hızlı ve dijital hale gelmiştir. Bu dönüşüm, üretimle ilgili süreçlerin daha verimli ve esnek şekilde yönetilmesini sağlamıştır (Atlas, 2024).

Sonraki bölümde, sektördeki teknolojik ve diğer güncel eğilimler ele alınarak, otomotiv endüstrisinin geleceğini şekillendiren temel unsurlar vurgulanacaktır.

### 3. Otomotiv Yedek Parça Sektöründe Teknolojik Değişimler

Elektronik teknolojinin gelişimi, yeni malzemelerin ve modern üretim tekniklerinin kullanımıyla hız kazanarak sektörde önemli yeniliklerin önünü açmaktadır. Bu bağlamda, özellikle şasi, motor ve aktarma sistemleri gibi alanlarda yoğunlaşan elektronik bileşenlerin araçların tüm sistemlerine entegre edilmesi dikkat çekmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca Avrupa pazarında yaklaşık 3,5 milyar Euro değerinde bir iş potansiyeli yaratmaktadır. Otomotiv sektöründe modül ve sistemler arasındaki sınırların yeniden tanımlanması, karmaşıklığı azaltarak maliyetleri düşürmeyi amaçlamaktadır. 2030'lu yıllarda bu değişim, yan sanayi alanında köklü dönüşümlere yol açacaktır. Ayrıca, pazara yeni katılan aktörlerin, en kârlı segmentleri ele geçirme yönündeki stratejileri sektörde rekabeti artıracaktır. Aşağıda bahsedilen değişimlerden öne çıkanlar incelenecektir (TÜBİTAK, 2023).

*Elektrik ve elektronik:* Otomobillerde öncelikli teknoloji konumuna gelecek olan elektrik donanımı ile elektronik ve yazılım sistemleri, mekanik ve hidrolik sistemlerin önemini giderek azaltacaktır. Günümüzde, bir otomobilde elektrik donanımı ve elektroniğin toplam maliyete oranı %22 seviyesindeyken, bu oranın %35'e çıkması beklenmektedir. Araç sistemlerinde kullanılan elektronik bileşenlerin entegrasyonunu sağlamak adına yazılım yetenekleri de kritik bir öneme sahip olacaktır. Veri iletim uygulamalarının ve işletim sistemlerinin uyumlu ve akıllı bir şekilde bağlantılı çalışması, sektörde verimliliği artıran temel unsurlar arasında yer alacaktır.

*Modüler gövde platformları:* Otomotiv üreticileri, model çeşitliliğinin artışına yenilikçi üretim stratejileriyle yanıt vermektedir. Bu yaklaşımlar, üretim süreçlerinde esnekliği artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi hedeflemektedir. Üreticiler, farklı gövde tiplerini (sedan, SUV, üç kapılı, heçbek vs.) bir araya getiren modüler konseptleri benimsemektedir. Bu konseptler, kullanıcı beklentilerini hem estetik hem de işlevsellik açısından karşılamayı amaçlamaktadır. Gelecekte, otomobil sahiplerine araçlarını spor modelden aile aracına dönüştürme imkânı sunan yenilikçi çözümler de geliştirilmesi planlanmaktadır.

*Alternatif sürüş konseptleri:* Yakıt hücresi teknolojisinin otomotiv sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanması beklenmektedir. Bu süreçte, yeni teknolojiler daha çok küçük ölçekli araç filoları üzerinde test edilmektedir. Yakın dönemde, elektrikli araçların toplam pazardaki

payının %10 seviyelerinde kalacağı düşünülmektedir. Ancak, özellikle büyük şehirlerde ve filo taşımacılığında LPG, CNG veya hidrojen gibi alternatif yakıtların daha fazla tercih edilmesi beklenmektedir.

*Üç boyutlu (3D) baskı:* 1980'li yıllarda 3D yazıcıların modernleşmesiyle birlikte, bu uygulama otomotiv sektöründe de önemli bir yer edinmiş ve üretim süreçlerinde dönüşüm sağlamıştır. 3D yazıcıların otomotiv ve yedek parça üretiminde kullanımı, maliyetleri düşürerek üretim sürecinde esneklik sağlamaktadır. Geleneksel üretim yöntemleriyle üretilen parçalarda meydana gelen hammadde israfı, üç boyutlu yazıcı teknolojileri ile büyük ölçüde önlenmektedir. Bir otomobilin üretiminde yaklaşık 30.000'den fazla parça bir araya getirilmekte olup, seri üretime geçilmeden önce bu parçaların prototipleri üretilerek gerekli testler ve kontroller gerçekleştirilmektedir. Bu testler sayesinde, üretim aşamasına gelmeden önce potansiyel hatalar tespit edilerek giderilebilmektedir. Böylece, hammadde maliyetleri düşerken sürdürülebilir üretim süreçlerine de katkı sağlanmaktadır. Ayrıca, özel parçaların üretim hızının artması, bu teknolojinin sunduğu diğer önemli avantajlar arasında yer almaktadır (Akbaba ve Akbulut, 2021).

3D baskı teknolojileri arasında ölçüsel doğruluk, tekrarlanabilirlik ve dayanıklılık açısından öne çıkan yöntemlerden biri FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisidir. Bu teknoloji, boyutsal olarak kararlı ve sağlam parçalar üretmek için tercih edilmekte olup, tampon, ızgara ve çamurluk gibi karmaşık geometrilere sahip plastik parçaların imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır (Akbaba ve Akbulut, 2021).

Günümüzde, otomotiv sektöründeki önde gelen markalar, üretim süreçlerinde 3D baskı teknolojisini aktif olarak kullanmaktadır. Bununla birlikte, bazı otomobil üreticileri belirli parçaları müşterilerin taleplerine göre özelleştirerek üretim gerçekleştirmekte ve bireyselleştirilmiş ürünler sunmaktadır (TBEM, 2024).

#### 4. Elektrikli Araçlar

Gelişmekte olan pazarların büyümesi, yeni teknolojilerin hızla yaygınlaşması, çevrecilik politikalarının etkisi ve tüketici tercihlerindeki mülkiyet odaklı değişimler nedeniyle küresel ekonomi köklü bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Dijitalleşme, otomasyon, ve yenilikçi iş modelleri, birçok endüstride devrim yaratmıştır ve otomotiv sektörü de bu değişimden etkilenmektedir. İçten yanmalı motorlu araçlarda, aşınma, yıpranma, hasar veya düzenli bakım gibi nedenlerle birçok yedek parça sıklıkla onarılır veya değiştirilir. Ancak, elektrikli araçlara geçişle birlikte, bazı parçalar ilgili sistemlerin ortadan kalkması nedeniyle artık gereksiz hale gelecektir. Öte



yandan, süspansiyon gibi bazı bileşenler aynı şekilde talep görmeye devam edecek olsa da dijitalleşme ve elektrifikasyon sürecine uyum sağlamak amacıyla aşağıdakiler gibi pek çok kritik parça değişim gösterecektir.

*Motor bileşenleri:* Silindirler, piston halkaları, silindir kapakları, supaplar, kam milleri, krank milleri, bilyalar, sızdırmazlık elemanları ve motor bağlantı elemanları gibi parçalar, içten yanmalı motorların temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Ancak, elektrifikasyon süreciyle birlikte bu parçalara olan ihtiyaç büyük ölçüde ortadan kalkacaktır. Yedek parça sektörü, elektrikli motorların gerektirdiği yeni bileşenlere odaklanarak yeniden şekillenecektir.

*Şanzıman ve debriyaj bileşenleri:* Kavrama sistemleri, kavrama plakaları, baskı plakaları, volanlar, vites dişlileri ve bilyalar gibi parçalar, geleneksel şanzıman sistemlerinin temel unsurlarıdır. Elektrifikasyon sürecinde, bu parçalara olan ihtiyaç kısmen devam edecek olsa da, elektrikli araçlarda daha basit ve sade bir şanzıman yapısı kullanıldığı için bu bileşenlerin kullanımı azalacaktır.

*Fren sistemi parçaları:* Fren pedal takımları, fren balataları, fren diskleri/rotorları, fren kolları, fren kampanaları, fren boruları ve fren ana silindiri gibi bileşenler, genellikle onarım veya değişim gerektiren parçalardır. Elektrifikasyonla birlikte, bu bileşenlere olan ihtiyaç devam edecek olsa da, elektrikli araçlarda rejeneratif fren sistemlerinin yaygınlaşması, geleneksel fren sistemlerinin kullanımını kısmen azaltacaktır.

*Direksiyon bileşenleri:* Süspansiyon kolları, yönlendirme kolları, direksiyon dişli sistemleri ve direksiyon şaftları gibi bileşenler, elektrikli araçlarda da kullanılmaya devam edecektir. Ancak, tam otonom sürüş teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, direksiyon bileşenleri ve direksiyon kolunu gibi parçalara olan ihtiyaç ortadan kalkacaktır.

*Egzoz sistemi bileşenleri:* Egzoz boruları, ses düzenleyiciler, katalitik konvertörler ve dizel partikül filtreleri, zaman içinde yıpranarak bakım veya yenileme gerektiren parçalardır. Ancak, elektrifikasyon süreciyle birlikte bu parçalara olan ihtiyaç tamamen ortadan kalkacaktır. Bu durum, mevcut egzoz sistemi üreticilerinin yeni elektrikli motor bileşenlerine uyum sağlamasını gerektirecektir. Örneğin, bu firmaların batarya tablası gibi yeni bileşenlerin üretimine yönelmesi, bu uyum sürecinin bir parçası olabilir.

Bu dönüşümler, otomotiv sektöründe hem üreticiler hem de tedarikçiler için yeni fırsatlar ve zorluklar barındırmaktadır. Sektörün, elektrikli araç teknolojilerine uyum sağlamak için yenilikçi çözümler geliştirmesi ve sürdürülebilir bir gelecek için stratejik adımlar atması gerekmektedir (Şahinkaya, 2023).

## 5. Endüstri 4.0 Çağında Yedek Parça Yönetimi

Endüstri 4.0'ın temel amacı, bilişim sektörü ile üretim endüstrisini entegre ederek verimliliği artırmaktır. Bu yaklaşımın ana hedefleri; düşük maliyet, minimum enerji tüketimi, yer tasarrufu, düşük ısı üretimi, yüksek hızda çalışma, yüksek verimlilik ve kaliteli ürün üretimidir. En büyük avantajlarından biri ise süreçlerin anlık olarak izlenebilmesi ve raporlara hızlı bir şekilde erişim sağlanabilmesidir. İnsansız çalışma prensibine sahip, birbiriyle sürekli iletişim halinde olan makinelerle donatılmış akıllı fabrikalar, bu sistemin temel unsurlarını oluşturur (Tonga vd., 2022).

Endüstri 4.0, kesintisiz bağlantı ve koordinasyon yeteneği mümkün kılan ileri teknolojiler sayesinde endüstriyel dönüşüm için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu yaklaşım, teknolojik çözümlerle kaynakların daha verimli kullanılmasını, süreçlerin optimize edilmesini, ürün çeşitliliğinin artırılmasını ve rekabet avantajı kazanmasını hedefleyen bir dönüşüm olarak ortaya çıkmıştır (Alalawin vd., 2021; Chen vd., 2019). İnsan ve makine arasındaki gelişmiş etkileşim ile teknoloji bütünleşme, ürün ve hizmetlerin değerini hızla artırmayı başarmıştır (Beckmann vd., 2021; Moeuf vd., 2018).

Yedek Parça Yönetimi (SPM), bakım ve onarım faaliyetlerini desteklemek amacıyla insan kaynakları, malzemeler, süreçler, yedek parçalar ve bilgi akışlarının düzenlenmesi, izlenmesi ve yönetilmesi olarak tanımlanabilir (Turrini ve Meissner, 2019). Verimli ve etkili bir SPM, ileri düzey teknolojilere sahip karmaşık sistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Sistemlerin erişilememesi, organizasyonlar üzerinde bir dizi olumsuz etki yaratır. Bunlar arasında duruş süreleri nedeniyle artan maliyetler, acil teslimatlar için ek masraflar, kaybedilen iş fırsatları ve azalan müşteri memnuniyeti yer almaktadır (Zhang vd., 2021). SPM, öncelikle sistemlerin sürekli kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla, minimum maliyetle kesinti sürelerini azaltmayı amaçlar. Ancak, sürdürülebilirlik, SPM'nin döngüsel ekonomi ve Endüstri 4.0 ilkeleriyle bütünleştirilmesiyle sağlanabilir (Roda vd., 2012; Sahu vd., 2022). Atıkların azaltılması için 6R prensibi (azaltma, yeniden kullanım, onarım, geri dönüşüm, reddetme ve yeniden üretim) ve döngüsel ekonomi yaklaşımı, sosyal, çevresel ve ekonomik faydalar sağlamak amacıyla SPM ile birleştirilmiştir (Siregar vd., 2019). Teknolojik yeniliklerin hızla geliştiği günümüzde, Endüstri 4.0 anlayışı, Nesnelerin İnterneti (IoT), Yapay Zeka (AI), Makine Öğrenimi (ML), Büyük Veri Analitiği, Katmanlı Üretim ve Blok Zinciri gibi ileri teknolojilerle SPM alanında önemli fırsatlar sağlamaktadır (Pereira ve Romero, 2017).

Envanter yönetimi ve iyileştirilmesi, daha fazla kazanç ve rekabet üstünlüğü elde etmek için en yeni teknolojik araçlarla modellenmeli ve incelenmelidir. Bu, işletmelerin kaynaklarını daha verimli kullanmalarını ve maliyetleri minimize etmelerini sağlar. Ayrıca, büyük yedek parça stoklarını yönetmek için, parçaların doğru ve güvenilir bir şekilde kategorize edilmesi gereklidir. Bu sayede, envanterdeki parçaların takibi ve yönetimi daha verimli hale gelir. Endüstri 4.0 çözümlerinin tedarikçi, üretici ve dağıtım ağı noktalarında SPM'ye entegrasyonu, stratejik ve operasyonel alanlarda artırılmış şeffaflık ve etkili karar verme süreçlerine olanak tanıyabilir. Bu entegrasyon, aynı zamanda süreçlerin hızlandırılmasını ve hataların azaltılmasını sağlar (Kulshrestha vd., 2024).

Endüstri 4.0'ın etkili bir biçimde hayata geçirilmesi ve Endüstri 4.0 prensiplerinin sürekli entegrasyonu üzerine daha fazla araştırma yapılması önceliklidir. Bu sayede SPM'de uzun vadeli değer üretimi mümkün hale gelecektir (Kulshrestha vd., 2024).

## 6. Yedek Parça Üretiminde Yeşil İnovasyon

Yeşil inovasyon; yeşil ürün tasarımları, atık geri dönüşümü, enerji verimliliği veya kurumsal çevre kontrolü, kirliliği engelleme ile ilişkili teknolojilerdeki yenilikleri içeren nihai ürünler veya proseslerle bağlantılıdır (Chen vd., 2006). Yeşil inovasyon, kuruluşlar tarafından karbon emisyonlarını indirmek amacıyla benimsenir. Bir kuruluşun üretim veya tekrar üretim prosesi boyunca kirliliği minimize etme yeteneğini göstermektedir (Zhang vd., 2019).

Üretim süreçlerinde yeşil inovasyonun uygulanabilir olması, sera gazı emisyonlarını en aza indirgeyerek küresel ısınmanın engellenmesine katkıda bulunurken, kuruluşlara kaynak tasarrufu ile birlikte maliyetleri düşürme ve kârlılığı artırma gibi avantajlar da sunmaktadır. Bu durum işletmelerin sürdürülebilir rekabet kabiliyetlerini sağlamlaştırmaya da yardımcı olmaktadır. Yeşil inovasyon faaliyetleriyle üretim masraflarını azaltan işletmeler, tüketiciler için makul bir seviyedeki fiyatlarla ürün ve hizmetler sunmanın yanı sıra daha sağlıklı ve uzun ömürlü ürünler de sağlayabileceklerdir. Sanayi işletmeleri, yeşil inovasyon ile faaliyetlerini doğa ile uyumlu hale getirmek için Ar-Ge'ye olan önemini günden güne yükseltmektedirler (Avunduk, 2021).

Şimdilerde işletmeler, kendi Ar-Ge birimlerini kurarak bilimsel çalışmaların odak noktası olarak yer almakta ve yeni ürün geliştirme projeleri çerçevesinde ileri teknolojiyi kullanarak amaçlarını gerçekleştirmektedir. İşletmeler, faaliyete geçirdikleri projelerle mevcut sektördeki boşluğa ithafen

ürünlerini daha uygun masraflarla ve en hızlı şekilde geliştirmeyi ve üretmeyi amaçlamaktadırlar. Bu projeler çerçevesinde işletmeler, pazarda güçlü bir varlık göstermek istedikleri ürünlerin geliştirilmesi ve pazarlanması için yoğun çaba sarf etmektedirler. Bu durum, yeni ürün geliştirme projelerinin giderek daha fazla önem kazanması ve yaygınlaşmasıyla doğrudan ilişkilidir (Açıkgöz ve Günsel 2014).

Yeşil üretim ilkelerini en etkili şekilde hayata geçiren bir işletme, kaynak kullanımı, yeşil enerji kullanımı, tehlikeli çevresel atık miktarı ve bu atıkların geri dönüşüm oranı gibi dört ana unsuru titizlikle denetlemek durumundadır (Prasad vd., 2016).

Bu anlatılanlar dikkate alındığında, yeşil inovasyon, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet azaltma açısından kritik bir rol oynamaktadır. Otomotiv sektöründe yeşil uygulamalar, sera gazı emisyonlarını azaltma ve kaynak verimliliğini artırma gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Türkiye'deki otomotiv firmaları, yeşil inovasyon projelerine olan ilgiyi artırarak Ar-Ge yatırımlarını ve yeni teknolojilerin entegrasyonunu önceliklendirmektedir.

## 7. Değerlendirme ve Sonuç

Otomotiv sektörü, küresel ekonomide stratejik bir öneme sahip olup, teknolojik gelişmeler, çevresel politikalar ve tüketici tercihlerindeki değişimlerle birlikte hızla dönüşen bir endüstri olarak öne çıkmaktadır. Bu dönüşüm, yalnızca araç üretimini değil, yedek parça sektörünü de derinden etkilemekte ve sektörün geleceğini şekillendirmektedir. Günümüzde, otomotiv endüstrisi, elektrikli araçlar, otonom sürüş teknolojileri, bağlantılı araçlar ve dijitalleşme gibi trendlerle birlikte yeni bir çağa adım atmaktadır. Bu süreç, yedek parça sektöründe de köklü değişikliklere yol açmakta ve sektörün yeniden yapılanmasını gerektirmektedir.

Otomotiv sektöründeki teknolojik ilerlemeler, özellikle elektrifikasyon ve dijitalleşme, yedek parça sektöründe önemli bir dönüşümü tetiklemektedir. Geleneksel içten yanmalı motorların yerini elektrikli motorların alması, motor bileşenleri, şanzıman ve debriyaj sistemleri gibi birçok parçaya olan ihtiyacı azaltmaktadır. Öte yandan, elektrikli araçların yaygınlaşması, batarya sistemleri, elektrik motorları ve elektronik kontrol üniteleri gibi yeni nesil parçalara olan talebi artırmaktadır. Bu durum, yedek parça üreticilerinin ürün portföylerini yeniden gözden geçirmelerini ve elektrikli araç teknolojilerine uyum sağlamalarını zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca, otonom sürüş teknolojilerinin gelişmesi, direksiyon ve fren sistemleri gibi geleneksel parçalara olan ihtiyacı azaltırken, sensörler, kameralar ve yapay zekâ tabanlı sistemler gibi yeni bileşenlere olan

talebi artırmaktadır. Bu dönüşüm, yedek parça sektöründe faaliyet gösteren firmaların Ar-Ge yatırımlarını artırmalarını ve yeni teknolojilere odaklanmalarını gerektirmektedir.

Endüstri 4.0, otomotiv yedek parça sektöründe üretim süreçlerinin daha verimli, esnek ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti, yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi teknolojiler, yedek parça üretiminde maliyetleri düşürürken, ürün kalitesini ve üretim hızını artırmaktadır. Ayrıca, bu teknolojiler, stok yönetimi, tedarik zinciri optimizasyonu ve müşteri taleplerine hızlı yanıt verme gibi alanlarda da önemli avantajlar sunmaktadır.

Endüstri 4.0'ın yedek parça yönetimine entegrasyonu, sektördeki rekabet avantajını artırmakta ve firmaların daha sürdürülebilir bir üretim modeline geçmelerine olanak tanımaktadır. Özellikle, döngüsel ekonomi prensipleri ve yeşil inovasyon uygulamaları, yedek parça sektöründe kaynak verimliliğini artırmakta ve çevresel etkileri minimize etmektedir. Bu bağlamda, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, atık yönetimi ve enerji verimliliği gibi konular, sektörün geleceğini şekillendiren önemli unsurlar haline gelmiştir.

Türkiye, otomotiv yedek parça sektöründe önemli bir üretim ve ihracat merkezi olarak öne çıkmaktadır. Ülkenin geniş araç parkı ve artan araç yaş ortalaması, yedek parça sektörüne olan talebi sürekli kılmaktadır. Ancak, küresel otomotiv endüstrisindeki dönüşüm, Türk yedek parça üreticilerini de etkilemekte ve sektörün elektrikli araç teknolojilerine uyum sağlamasını gerektirmektedir.

Türkiye'deki otomotiv yedek parça firmaları, Ar-Ge yatırımlarını artırarak yeni nesil parçaların üretimine odaklanmalı ve elektrikli araçlar için gerekli olan batarya sistemleri, elektrik motorları ve elektronik kontrol üniteleri gibi bileşenlerin üretiminde uzmanlaşmalıdır. Ayrıca, dijitalleşme ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi, Türk firmalarının küresel rekabette öne çıkmasını sağlayacaktır.

Otomotiv yedek parça sektöründe sürdürülebilirlik, giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yeşil inovasyon uygulamaları, çevresel etkileri azaltırken, maliyetleri düşürme ve rekabet avantajı sağlama gibi faydalar sunmaktadır. Türkiye'deki otomotiv firmaları, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi konularda yenilikçi çözümler geliştirerek, sürdürülebilir bir üretim modeline geçiş yapmalıdır.

Yeşil inovasyon, yalnızca çevresel sürdürülebilirliği sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda tüketicilerin çevre dostu ürünlere olan talebini karşılamak açısından da önemlidir. Bu bağlamda, otomotiv yedek parça firmaları, yeşil ürünler geliştirerek hem çevresel hem de ekonomik açıdan avantajlı bir konuma gelebilirler.

Otomotiv sektöründeki teknolojik dönüşüm, yedek parça sektörünü de derinden etkilemekte ve sektörün geleceğini şekillendirmektedir. Elektrikli araçlar, otonom sürüş teknolojileri ve dijitalleşme gibi trendler, yedek parça üreticilerinin ürün portföylerini ve üretim süreçlerini yeniden gözden geçirmelerini gerektirmektedir. Endüstri 4.0 ve yeşil inovasyon uygulamaları, sektördeki rekabet avantajını artırmakta ve sürdürülebilir bir üretim modeline geçişi kolaylaştırmaktadır.

Türkiye, otomotiv yedek parça sektöründe önemli bir potansiyele sahip olup, küresel rekabette öne çıkmak için teknolojik yeniliklere ve sürdürülebilir uygulamalara odaklanmalıdır. Ar-Ge yatırımlarının artırılması, elektrikli araç teknolojilerine uyum sağlanması ve dijitalleşme süreçlerinin hızlandırılması, Türk yedek parça firmalarının gelecekteki başarısını belirleyecek kritik faktörlerdir. Bu doğrultuda, sektördeki paydaşların iş birliği içinde hareket etmesi ve yenilikçi çözümler geliştirmesi, Türkiye'nin otomotiv yedek parça sektöründeki konumunu güçlendirecektir.

## Kaynakça

- Açıkgoz, A., & Günsel, A. (2014). Yeni ürün geliştirme projelerinde yönlendirici yönetim anlayışı, motivasyon ve inovasyon becerisi. *Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 3(2), 33-60.
- Akbaba, A. İ., & Akbulut, E. (2021). 3 boyutlu yazıcılar ve kullanım alanları. *ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3, 19-46. <https://doi.org/10.47358/sentez.2021.13>
- Alalawin, A., Arabiyat, L. M., Alalaween, W., Qamar, A., & Mukattash, A. (2021). Forecasting vehicle's spare parts price and demand. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(3), 483-499. <https://doi.org/10.1108/jqmc-03-2020-0019>
- Arena, F., Collotta, L., Ruggieri, & Termine, F. G. (2022). Predictive maintenance in the automotive sector: A literature review. *Mathematical and Computational Applications*, 27(1), 2. <https://doi.org/10.3390/mca27010002>
- Arslan, İ. (2019). *Dünya'da ve Türkiye'de otomotiv sektörü, BIST 100'de işlem gören otomotiv sektörü işletmelerinin finansal analizi* [Yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Atlas Copco. (2024). *Industry solutions: Automotive*. <https://www.atlascopco.com/tr-tr/itba/industry-solutions/automotive-entry>
- Avunduk, Z. B. (2021). Üretim yönetiminde yeşil inovasyon: (S)SCI dergilerinde yayımlanan makalelerin içerik analizi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 19(Özel Sayı), 187-210. <https://doi.org/10.35408/comuybd.974854>
- Beckmann, A., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2021). Circular economy versus planetary limits: A Slovak forestry sector case study. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6), 1673-1698. <https://doi.org/10.1108/jeim-03-2020-0110>
- Binay, İ. (2006). *AB sürecinde otomotiv sektöründe satış sonrası hizmetler* [Yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Boratav, K., & Türkcan, E. (1994). *Türkiye'de sanayileşmenin yeni boyutları ve KİT'ler*. Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.
- Chen, J., Gusikhin, O., Finkenstaedt, W., & Liu, Y. N. (2019). Maintenance, repair, and operations parts inventory management in the era of Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 171-176. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.171>
- Chen, Y. S., Lai, S. B., & Wen, C. T. (2006). The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, 67, 331-339. <https://doi.org/10.1007/s10551-006-9025-5>
- Chiaberge, M. (2011). *New trends and developments in automotive industry*. In-Tech Open, London, UK.

- Dinç, İ. (2017). *Küçük ve orta ölçekli işletmelerde işçi ve işveren ilişkilerinde yaşanan problemler ve çözüm önerileri: Konya otomotiv yedek parça sanayi örneği* [Yüksek lisans tezi]. KTO Karatay Üniversitesi, Konya.
- Dobrican, O. (2013). Forecasting demand for automotive aftermarket inventories. *Informatica Economica*, 17(2). <https://doi.org/10.12948/issn14531305/17.2.2013.10>
- Erdoğan, M. H. (2019). *Otomotiv sektöründeki teknoloji yönelimleri ve teknik analizler* [Yüksek lisans tezi]. Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Hocgaerts, L., & Schönenberger, B. (2019). *The automotive digital transformation and the economic impacts of existing data access models. FLA*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120343>
- KPMG Türkiye. (2022). *Otomotiv sektörel bakış*. KPMG. <https://kpmg.com/tr/tr/home/insights/2023/07/otomotiv-sektorel-bakis.html>
- Kulshrestha, S., Agrawal, S., & Shree, D. (2024). Spare parts management in Industry 4.0 era: A literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. <https://doi.org/10.1108/jqmc-04-2023-0037>
- Laborda, J., & Moral, M. J. (2020). Automotive aftermarket forecast in a changing world: The stakeholders' perceptions boost!. *Sustainability*, 12(18), 7817. <https://doi.org/10.3390/su12187817>
- Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E., & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the automobile: Personal urban mobility for the 21st century*. The MIT Press, Massachusetts, USA. <https://doi.org/10.7551/mitpress/8490.001.0001>
- Mocuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- MOSPART. (2024). *Yedek parçaların geleceği: Sektöre yönelik öngörüler ve trendler*. <https://mospart.com/tr/yedek-parcalarin-gelecegi-sektore-yonelik-ongoruler-ve-trendler/>
- OSD. (2016). *Otomotiv Sanayii Derneği küresel değerlendirme raporu 2016*. [https://www.osd.org.tr/saved-files/PDF/2022/02/03/OSD\\_Kuresel\\_Degerlendirme\\_Raporu\\_2016.pdf](https://www.osd.org.tr/saved-files/PDF/2022/02/03/OSD_Kuresel_Degerlendirme_Raporu_2016.pdf)
- Öztekın, S. Ç. (2016). *Türkiye otomobil sektörünün talep analizi* [Yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Pişkin, S. (2017). Türkiye otomotiv sanayii rekabet gücü ve talep dinamikleri perspektifinde 2020 iç pazar beklentileri. *Otomotiv Sektör Raporu*, 3(25), 2019. <https://doi.org/10.53306/klujfeas.1066941>
- Prasad, S., Khanduja, D., & Sharma, S. K. (2016). An empirical study on the applicability of lean and remanufacturing for the automotive aftermar-



- ket-strategic factors: Literature review and future research needs. *Journal of Cleaner Production*, 17(13), 1163-1174. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0058>
- Roda, I., Macchi, M., Fumagalli, L., & Viveros, P. (2012). On the classification of spare parts with a multi-criteria perspective. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(31), 19-24. <https://doi.org/10.3182/20121122-2-cs-4026.00020>
- Sahu, A., Agrawal, S., & Kumar, G. (2022). Integrating Industry 4.0 and circular economy: A review. *Journal of Enterprise Information Management*, 35(3), 885-917. <https://doi.org/10.1108/jcim-11-2020-0465>
- Satınalma Dergisi. (2024, Aralık 16). *Otomotiv satış sonrası yenileme pazarı: 8,85 milyar dolarlık büyüklüğe ulaştı*. <https://satinalmadergisi.com/otomotiv-satis-sonrasi-yenileme-pazari-8-85-milyar-dolarlik-buyukluge-ulasti/>
- Siregar, K., Ariani, F., & Tambunan, M. M. (2019). Reducing waste in spare part production process with lean manufacturing approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 648(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/648/1/012016>
- Subramoniam, R., Huisingh, D., & Chinnam, R. B. (2009). Remanufacturing for the automotive aftermarket-strategic factors: Literature review and future research needs. *Journal of Cleaner Production*, 17(13), 1163-1174. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.004>
- Şahinkaya, E. (2023). Araç yedek parça sektörünü elektrifikasyon, fikri mülkiyet ve inovasyon yoluyla dönüştürmek. *TAYSAD XIII. Aftermarket Conference, 25.05.2023, İstanbul*. [https://taysad.org.tr/Home/Download?file=020620231651257xiii\\_-aftermarket-conference-erdem-sahinkaya-sampa.pdf&cyer=BilgiBankasi&id=2491](https://taysad.org.tr/Home/Download?file=020620231651257xiii_-aftermarket-conference-erdem-sahinkaya-sampa.pdf&cyer=BilgiBankasi&id=2491)
- TBEM. (2024). *Makine ve otomotiv sektöründe 3D baskı teknolojisinin kullanımı*. <https://www.tbem.com.tr/makine-ve-otomotiv-sektorunde-3d-baski-teknolojisinin-kullanimi>
- Tonga, M. Y., & Tonga, M. (2022). Endüstri 4.0'a genel bir bakış: Sanayinin geleceği. *GÜ İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 6(6), 40-60.
- Turrini, L., & Meissner, J. (2019). Spare parts inventory management: New evidence from distribution fitting. *European Journal of Operational Research*, 273(1), 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.039>
- TÜBİTAK. (2023). *Vizyon 2023 raporu: Otomotiv sektörü değerlendirmesi*. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. [https://tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/vizyon2023/mm/Ek6a.pdf](https://tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/mm/Ek6a.pdf)
- Zhang, D., Rong, Z., & Ji, Q. (2019). Green innovation and firm performance: Evidence from listed companies in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.023>
- Zhang, S., Huang, K., & Yuan, Y. (2021). Spare parts inventory management: A literature review. *Sustainability*, 13(5), 2460. <https://doi.org/10.3390/sul3052460>

## Yeşil Lojistik Üzerine Kavramsal İnceleme: Türkiye’deki Sektörel Yaklaşımlar<sup>1</sup>

Muhammed Turgut<sup>2</sup>

Bensu Narin<sup>3</sup>

### Özet

Küreselleşen dünyada insan geleceğine yönelik sürdürülebilir uygulamalar süreç boyunca önem kazanmakta ve bireyleri bilinçlendirmektedir. Bu uygulamalar yalnız toplum içerisindeki aktivitelerin sürdürülebilir bir şekilde değişimini değil, dünyadaki her türlü aktivitenin bu alana yönelmesine imkân sağlamıştır. Lojistik kavramı bir ürün veya hizmetin müşteri isteklerini karşılmasıyla talep edilen varış noktasına ulaştırılması ve aynı zamanda süreç içerisindeki faaliyetlerin de kontrolünü içermektedir. Lojistik faaliyetlerinden olan depolama, elleçleme, ambalajlama, satın alma, taşıma gibi her türlü faaliyetin doğaya verdiği zarar göz önüne alındığında bu tür aktivitelerin her bakımdan daha çevre dostu hale getirilmesi gerekmektedir. Lojistik faaliyetlerin çevreye verdiği zararları azaltabilmek adına “Yeşil Lojistik” faaliyetleri ortaya çıkmıştır. Karbon emisyonu düşük araçların kullanılması, yeşil binaların kullanımı, taşımacılık sırasında elektrikli araçlardan faydalanılması gibi eylemler yeşil lojistiğin günümüzdeki aktivitelerinden birkaçı olarak sayılabilir. Literatüre giren “Yeşil Lojistik” kavramı sayesinde firmaların daha çevre dostu aktivitelere yönelmesine ve bu aktivitelerin topluma da örnek olduğu görülmektedir. Yeşil lojistikle birlikte düzenlenen yönetmelikler ve mevzuatlar tüm dünyada yaygınlaşmış olup gelecek nesillere yönelik daha temiz bir dünya bırakmak amacıyla ülkeler tarafından yürürlükte olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada “Yeşil Lojistik” kavramı ve Türkiye’de bulunan firmaların yeşil lojistik kavramına olan yaklaşımıyla alakalı literatür

- 1 Çalışma, özet bildiri olarak Kayseri Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi tarafından 19-20 Aralık 2024 tarihleri arasında düzenlenen Uluslararası Ticaret ve Lojistik Kongresi 2024 (UTL2024)’te çevrimiçi olarak sunulmuştur.
- 2 Dr. Öğretim Üyesi, Tarsus Üniversitesi, UBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, muhammedturgut@tarsus.edu.tr, Orcid: 0000-0002-0868-7041
- 3 Araştırma Görevlisi, Tarsus Üniversitesi, UBF, Gümrük İşletme Bölümü, bensunarin@tarus.edu.tr, Orcid: 0009-0005-6423-6818

taraması yapılacaktır. Çalışmanın amacı, yeşil lojistik kavramının detaylı bir şekilde ele alınması ve Türkiye'de faaliyet gösteren firmaların bu konudaki yaklaşımlarının incelenmesidir. Bununla birlikte, çevre dostu yöntemlerin tanımlanması yoluyla yeşil lojistik uygulamalarının temel gereksinimlerine ilişkin bilgi edinmek isteyen firmalara yönlendirici bir çerçeve sunulması hedeflenmiştir.

## 1. Giriş

Günümüzde, çevresel bağlamda giderek daha fazla önem kazanan faaliyetlerden biri lojistik faaliyetleridir. Temelde ana ve yardımcı faaliyetler olmak üzere ikiye ayırdığımız bu kavram özellikle dünyanın küreselleşmesi ve ülkelerin siyasi ve ticari ilişkilerinin artışı sonucunda daha sık gündeme gelmektedir. Lojistik faaliyetlerin, sürdürülebilirliğin 3 ana teması olan sosyal, çevresel ve ekonomik boyutu incelendiğinde her bir ana başlık için lojistik faaliyetlerine düzenlemeler getirildiği ve bu düzenlemelerle ülkelerin her alanda bilinçlendiği ve bireyleri de bilinçlendirmeye çalıştığı görülmektedir. Dünyadaki birçok ülke ticaret yaparken, ticaretin gerçekleştiği mal ve hizmetlerin lojistiği de bulunmaktadır; bu süreçte dünyada verilen zararın azaltılması amacıyla “Yeşil Lojistik” kavramı literatürde daha fazla yer almaya başlamıştır. Bu kavramın literatüre girmesiyle her ülke kendi ülke sınırları içerisindeki birtakım faaliyetlere kısıtlamalar, şartlar ve zorunluluklar getirerek yeşil lojistik kavramının ülkelerinde uygulanması amacını hedeflemektedir. Bu hedefe yönelik yapılan her türlü pozitif yönlü çalışmalar yeşil lojistik kavramını detaylandırmakta ve ülkelerin kamu politikalarını yönlendirerek firmalara yol göstermektedir. Yönlendirmelerin sonucunda her bir lojistik faaliyet için çeşitli önlemler ve tavsiyeler gündeme gelmekte olup firmaların bu düzenlemelere ayak uydurmaya çalışmasıyla her bir faaliyet biriminde farklı değişimler görülmektedir. Taşımacılık için kullanılan elektrikli araçlar, yapay zeka yardımıyla rotaların optimizasyonu ve hibrit taşıma modları kullanılmaya başlanmasıyla birçok fikir ortaya atılmış olup firmaların yeşil lojistik alanında bir rekabet içerisinde buldukları söylenebilir. Bu rekabet ortamında yeşil lojistik kavramı bağlamında başarıya ulaşmak ve bu başarının uluslararası belgelerle tasdiklenmesiyle kavram daha da derinleşmektedir. Firmaların en temel amacı olan kâr dışında minimum maliyetle doğa dostu rotaları tercih etme eğilimleri de sürdürülebilirlik açısından birçok uygulamanın gündeme gelmesini, bu sayede ürün veya hizmet lojistiğinin maddi tarafı dışında başka bir yönünü de ortaya çıkarmaktadır. Farklı stratejilerin yarıştığı bu rekabet ortamında firmaların eğilimleri, tercih ettikleri yöntemler, bu yöntemler arasında aldıkları verim ve müşteriye sundukları hizmetin kalitesi firmanın geleceğini belirleyecek etmenler arasında bulunduğu söylenebilir. Bu bağlamda yeşil lojistik kavramı sürdürülebilirlik potansiyeli sağlaması ve

firmaların rekabet avantajı elde etmesiyle müşterilere çevre dostu ve kaliteli bir hizmet sunmaktadır.

Araştırmada, firmaların yeşil lojistik kavramı içerisinde yapmış olduğu eylemler, gelecek stratejileri, uyguladıkları stratejilerin başarısı ve pazara tutunmak amacıyla gösterdikleri çalışmalar incelenerek firmalar açısından stratejik bir çerçeve çizilmesi hedeflenmektedir. Araştırmanın birinci kısmında araştırmanın önemi, yöntemi ve amacı açıklanmış, ikinci kısmında lojistik kavramı açıklanmış ve Türkiye’deki durum detaylandırılmış, üçüncü kısmında yeşil lojistik kavramına değinilerek Türkiye’nin yeşil lojistik uygulamaları ve politikaları anlatılmış ve son kısımda sonuç bölümüne yer verilmiştir.

## 2. Lojistik Kavramı

Lojistik kavramsal açıdan Council of Supply Chain Management Professionals tarafından “Hizmetler ve ilgili bilgiler dahil olmak üzere malların, müşteri gereksinimlerine uyum amacıyla, kaynak noktasından tüketim noktasına kadar verimli ve etkili bir şekilde taşınması ve depolanması için prosedürleri planlama, uygulama ve kontrol etme süreci” olarak tanımlanmıştır (CSCMP, 2013). İhtiyaç duyulan ürün veya hizmetlerin karşılanmasında veya üretimi için gereken süreçleri kapsayan tüm faaliyetler olarak da tanımlanabilir (Keskin, 2016:5). Sanayi devriminin başladığı 18. yüzyıl sonlarında insan gücünün yerini makineler almaya başlamış ve sonucunda işletmelerin üretim kapasitelerinde artış gözlemlenmiştir (Öçal ve Çarıkçı, 2021:42). Bu üretim artışıyla ülkelerin ürünlerini dünya bazında satışını gerçekleştirmek istediği, bu istek doğrultusunda bazı temel kavramların ortaya çıktığı söylenebilir. Lojistik kavramı yıl bazında düşünüldüğünde 1950’li yıllar boyunca taşımacılık anlamı, 1960’lı yıllara gelindiğinde fiziksel dağıtım, 1970’li yıllara gelindiğinde fiziksel tedarik, 1980’li yıllara gelindiğinde taşımacılık deregölasyonu ve 1990’lı yıllara gelindiğinde işletme lojistiği olarak tanımlanmaktaydı (Aydın vd., 2021:289). Lojistik, bir ürün veya hizmetin belirlenen konuma taşınması sürecindeki depolama, elleçleme, ambalajlama, müşteri hizmetleri gibi birçok faaliyetin de yönetilmesi anlamını taşımaktadır. Lojistik kavramı 2. Dünya Savaşı sonrasındaki dönemlerde karmaşık bir yapıya dönüşmüş, gelişen her yeni lojistik faaliyetine yeni isimler eklenmesi, aynı eylemler için farklı isimler kullanılmasına sebep olmuştur (Keskin, 2016:6). Gelişen ekonomide gerçekleşen gelişmeler ve ticaretin uluslararası boyuta ulaşması lojistik sektörünün öneminin artmasına, gelişmesine katkı sağlamıştır (Karaköy ve Üre, 2020:276). Lojistik faaliyetleri ana faaliyetler ve yardımcı faaliyetler olmak üzere 2 başlık altında incelendiğinde ana faaliyetler içerisinde

talep tahmini, stok yönetimi, müşteri hizmetleri, sipariş işleme, taşıma ve depolama; yardımcı faaliyetler içerisinde üretim planlaması, ambalajlama, tesis seçimi, satın alma ve diğer faaliyetler bulunmaktadır (Kayabaşı, 2007:60; Deran 2012:78 Akt. Deran, Arslan ve Köksal, 2014:23). Bu faaliyetler arasında lojistik ile en çok entegrasyonu sağlanan faaliyetler taşımacılık ve depolamadır (Karaköy ve Üre, 2020:279). İşletmelerin rekabet avantajı elde edebilmeleri adına bu faaliyetler üzerinde yaptıkları stratejileri geliştirmeleri gerekmekte ve bu stratejilerin sürdürülebilir olması bakımından tartışılmalıdır. Lojistiğin temel prensipleri olarak ifade edilen “7 Doğru” doğru ürünün doğru zamanda, doğru yerde, doğru miktarda, doğru tüketiciye, doğru koşullarda ve doğru fiyattan ulaştırılmasını kapsamaktadır (TIMOCOM, 2024). Lojistiğin 7 Doğrusu prensibinin çevresel faktörlerin de göz önüne alınmasıyla daha kapsamlı hale geldiği, bu kapsam içerisinde doğayı koruma amacı doğrultusunda işletmelerin faaliyetlerini devam ettirme amacı benimsedikleri söylenebilir.

### 2.1. Türkiye’de Lojistik Kavramı

Türkiye’de 1996 yılında Avrupa Topluluğu ile girmiş olduğu gümrük birliği süreci sonunda nakliye kavramını genişleterek lojistik kavramını ele almaya başlamıştır (Fidan ve Öztürk, 2015: 534-535). Türkiye uygun coğrafik koşulların karayolu bağlamında kolaylaşması, üç tarafının denizlerle çevrili olması, diğer ülkeler için köprü rolü üstlenmesi gibi nedenlerle birlikte ülkelere karşı rekabet avantajını elinde tutmaya devam etmektedir (Bozdağlıoğlu ve Keşir, 2022:46). Bu avantajı ülke lehine stratejilerle geliştirerek Türkiye’nin lojistik bağlamındaki rolünü arttırmayı hedeflemektedir. Türkiye için geçmişte demiryolu taşımacılığı ile başlayan lojistik kavramı günümüzde karayolu taşımacılığının artan önemiyle devam etmektedir. Taşınan mal değeri bağlamında son 10 yılda denizyolu taşımacılığı ithalat ve ihracat faaliyetlerinde en büyük sahip olup 2. sırada karayolu taşımacılığı, üçüncü sırada havayolu taşımacılığı yer almaktadır (UTIKAD, 2023). Lojistik Performans Endeksi (LPI) ise bu lojistik hizmetlerinin performanslarının değerlendirilmesinde kritik rol oynamakta olup lojistik hizmet kalitesinin ölçümü, müşteri memnuniyeti, kaynak verimliliği ve ürün veya hizmetlerin taşınma sürecindeki sorun çözümlerini belirlemektedir (Bozdağlıoğlu ve Keşir, 2022:80). LPI, ülke performansları kıyaslamada 6 ölçüt kullanılmakta olup gümrük, altyapı, hizmet kalitesi, zamanında teslimat, uluslararası sevkiyat ve takip ve izleme ölçütlerini içermektedir (UTIKAD, 2018). Türkiye, 2023 yılında yayınlanan LPI’ya göre 42. sırada yer almakta olup en yüksek skoru 3.6 puan ile zamanında teslimat ölçütünden almıştır (LPI, 2023). 2018 yılı LPI sıralamasında

ise Türkiye 47. sırada, en yüksek skoru 3.63 puan ile zamanında teslimat ölçütünde kaydedilmiştir (LPI, 2018). LPI'nın ülkelerin lojistik kavramı açısından faaliyetlerin karşılaştırılabilmesi yönünden Türkiye'nin konumu görebilmeyi kolaylaştırmaktadır. Türkiye'nin LPI sıralamasının sınırlı ölçütte artmasının başlıca sebepleri yurt içi karayolu ağırlıklı taşıma yapılması, sektörün istenilen düzeyde kurumsal olamaması, yoğun bürokrasi, uzun gümrükleme süreçleri sayılabilirken; coğrafi avantajının yanı sıra altyapının da 2022 yılında açıklanmış olan Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planının tamamen uygulamada olmasında fayda bulunmaktadır (Tanyaş, 2023).

### 3. Yeşil Lojistik Kavramı

Lojistik faaliyetlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan incelendiğinde her bir ülkenin kendi bünyesinde geliştirmesi gereken bazı politikalar ve alması gereken bazı aksiyonlar bulunmaktadır. Küreselleşme devam ettikçe ülkelerin birbirleriyle olan ticaret yoğunluğu artmaya devam edecektir. 1980'lerin sonu, 1990'ların başlarında ulaşım sektöründe bir slogan haline gelen 'Yeşil' kelimesi gittikçe yaygınlaşmakta ve küresel ısınma gibi kamusal sorunlar çevresel problemlerin farkındalığı üzerinde etkisi olmuştur (Mersin, 2020:4). Kısa vadede maliyeti yüksek olan yeşil lojistik uygulamaları uzun vadede firmaların ve ülkelerin rekabet avantajı elde edebilecekleri bir ortama sahip olmalarını sağlayarak kârlarını da benzer oranda arttıracaktır. Günümüzde nihai müşteriler alışveriş yaparken sürdürülebilir uygulamalara dikkat etmekle birlikte ürün seçimlerini çevre dostu ürünlerden yana kullanmaktadırlar. Aynı durum ülkeler ve firmalar arasında düşünüldüğünde aslında yeşil lojistik gündelik yaşamda bulunan, etkilerini somut bir şekilde yaşadığımız bir olgudur. Yeşil lojistik kavramı hammadde tedariginden üretimden, paketlemeden, depolamadan ve geri dönüşümden nihai tüketiciye kadar olan tüm faaliyetleri kapsamakta, kalkınmayı bir bütün olarak görerek geleneksel lojistik faaliyetlerinin ekolojik zararlarını minimize etmekte, ülke kalkınmasıyla ekolojik zarar arasındaki pozitif ilişkiyi modern lojistik tesislerine öncelik veren bir yaklaşımla negatif ilişkiye dönüştürmeyi amaçlamaktadır (Yurtkuran, 2021:181). Yeşil lojistikteki dengeyi ifade etmek için "üçlü temel çizgi" kavramı (ekonomik, sosyal, çevresel) iş dünyasına girmiştir ve "yeşil altın" olarak adlandırılan çevresel fayda sağlayan lojistik uygulamaları bu denge kurma ihtiyacını gidererek maliyet tasarrufu sağlar (McKinnon, 2010:4). Ekonomik anlamda büyüme, verimlilik, rekabet konularını; sosyal anlamda güvenlik çeşitlik, sağlık konularını; çevresel anlamda hava kalitesi, iklim değişikliği gibi konular ele almaktadır (Akbal, 2022:19). Yeşil lojistik faaliyetlerine örnek olarak ürünlerin büyük gruplar halinde taşınması gerektiği, çevre dostu araçların taşımacılıkta kullanılması

gerektiği, paketlemelerin çevre dostu paketlemelere dönüştürülmesi gerektiği gibi birçok örnek bulunmaktadır (İncaz, 2015:157). Dünyadaki neredeyse tüm ülkelerin dünyanın korunması ve çevre dostu uygulamaların faaliyete geçirilmesiyle alakalı yasal düzenlemeleri bulunmaktadır. Yasal yükümlülüklere uymayan firmalara para cezası kesilmekte ve toplum karşısında marka imajları zedelenmektedir. Bunun riskini almak istemeyen firmalar ülkelerin koydukları yasal zorunlulukları yerine getirerek yeşil lojistik kavramını geçmişten günümüze taşımıştır. Örneğin Volkswagen firmasının 2015 yılındaki “Dizel Skandalı”nda yazılımsal manipülasyonlarla araçlarını düşük karbon emisyonu göstermiş fakat sonrasında çevreye daha fazla zararlı gaz yayılımı tespit edilince araçlarını geri toplatmış ve yüksek cezalar ödemek durumunda kalmıştı (Özkan, 2021). Bu tür itibar zedeleyici durumlarla karşılaşmamak ve yüksek cezalar ödemek istemeyen firmalar için gerekli düzenlemelere kanunlar dahilinde ayak uydurmanın gerekliliği bu örnekle anlaşılmaktadır.

### **3.1. Türkiye’de Yeşil Lojistik Uygulamalarının İncelenmesi**

Türkiye, 2021 yılında Paris Anlaşması imzalayarak anlaşma gereği belli başlı kurallara uyum sözü vermiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nin hazırlamış olduğu 2011-2023 İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı’nın uygulama sürecinin sonlanmasıyla yeni bir stratejiye gerek duyulmuş ve İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planında enerji, sanayi, bina, ulaştırma, tarım, atık ve arazi kullanımı sektörleri arasında 49 strateji ve 260 eylem planı hazırlanmıştır (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024). Sıfır Atık Projesi ile birçok lojistik firmasını atık konusunda teşvik edecek uygulamalara geçilmiştir. Örneğin Ceva Lojistik, 2021 yılında 683 bin ton atık topladıklarını belirterek firmaya teşekkür belgesi verilmiştir (UTİKAD, 2022). Ticaret Bakanlığının “Yeşil Mutakabata Uyum Projesi Desteği”yle ihracat yapan firmalara sürdürülebilirlik dönüşümünü Avrupa Yeşil Mutakabata esasında sağlayabilmeleri amacıyla mevcut koşulların olumlu hale getirilmesine yönelik stratejik yolların şekillendirilmesi ve uluslararası fonlara ulaşımının kolaylaştırılması amaçlanmaktadır (Ticaret Bakanlığı, 2024). Gümrük Birliği Anlaşması sonucu Türkiye’nin toplam ihracatında ortalama %40’ın üzerindeki oranı ile Avrupa Birliği ve Türkiye ticaretini sürdürülebilirlik ve yeşil değişim belirleyeceği; AB tarafından “Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizması” ile belirlenen demir-çelik, çimento, alüminyum, gübre, elektrik ve hidrojen ile giyim sektörünün bu yeşil değişimden en kısa sürede etkilenecek sektörler olacağı, Türkiye’nin bu dönüşüm sürecinden negatif etkilenmemesi ve pazarlarını kaybetmemesi için firmalara gerekli desteği verdiği görülmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2024). Yeşil Liman, 2014 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının projesiyle yenilenebilir kaynakların

kullanımı, elektrik enerjisiyle çalışan elleçleme makinaları, etkin liman operasyonları gibi hedeflerle Avrupa Deniz Limanları Organizasyonları tarafından AB limanlarına ECO-PORTS adıyla sürdürdüğü bir projedir (Denizcilik Genel Müdürlüğü, 2023). Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının yeşil lojistik faaliyetleri sürdüren firmalara belirli koşulları sağlaması sonucunda “Yeşil Lojistik Belgesi” verdiği ve bu belgenin taşıma yetki ve faaliyet belgeleriyle taşıt kartı fiyatlandırmasında indirimde bulunarak teşvik sağladığı görülmektedir. Avrupa Birliği’nin düzenlemesine uygun hazırlanan yönetmelikle verilen bu belgenin süresiz verildiği ancak belge alım sürecindeki geçersiz belge tespiti veya firmanın uygulamış olduğu yeşil lojistik faaliyetlerini düzenli sürdürülmemesi sonucu iptali gerçekleşebilmektedir (UTIKAD, 2023). Bir firmanın yeşil lojistik faaliyetlerini net bir biçimde yürütebilmesi için Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesine ve Uluslararası Yeşil Enerji Sertifikasını elde etmiş olması gerekmektedir. Ayrıca taşıma faaliyetlerinin kombine yük taşımacılığıyla yapılması gerektiği ‘Kombine Taşımacılık Yönetmeliği’nin 7/1-a bendinde yer almaktadır. Eğer taşıma faaliyeti yalnızca tek bir taşıma moduyla sürdürülüyse bu yeşil lojistik faaliyeti kapsamında değerlendirilmeyecektir. Firma enerji tüketiminin %5’ini yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmesi gerekmektedir. Firmanın iklimlendirme sürecinde Düşük Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) değerine sahip gazlar içermesi talep edilmektedir. Yıllık asgari %5 oranında yeşil paketleme gerçekleştirilmesi ve firmanın Orman Genel Müdürlüğüne senelik 500 fidan bağışı yapması gerekmektedir (Özel, 2024:57-66). Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların yeşil lojistik bağlamındaki faaliyetleri için Arkas Line, Ekol Lojistik, Netlog Lojistik ve Borusan Entegre incelenmiştir.

Arkas Line 2023 Sürdürülebilirlik raporuna göre Arkas Holding, kapıdan kapağa konteyner taşımacılığındaki süreçleri çevreci çözümlerle yenilemiş olup Arkas Line Türkiye merkez ofisinin ISO 14001 standardına uygun bir şekilde faaliyette olduğu belirtilmiştir. 2023 yılında Carbon Disclosure Project’ e ilk raporlamalarını sunmuş, çalışanların çevresel konularla eğitim verdiğini belirterek 2023 yılında yayımladıkları Çevre Politikasını her yıl düzenleyerek aktif bir şekilde kontrolünü sağladıklarını açıklamıştır. 2020 yılından itibaren tüm gemilerde Çok Düşük Kükürt İçerikli Yakıt ve Aşırı Düşük Kükürt İçerikli Yakıt olarak isimlendirilmiş yakıt kullanımının geçişi sağlanarak emisyon oranı %82,8 oranında azaltılmıştır. Emisyonu azaltmak ve verimliliği arttırmak için OpEx birimi kurulmuş, Arkas Line Yeşil Ofis ile su tasarrufunun önemi üzerinde durulmuş, grup şirketi Arkas Bunker tarafından Uluslararası Sürdürülebilirlik ve Karbon Sertifikası’ni alan ve Arkas Line olarak Biyoyakıt-Bio24F ürününün test aşamasında kontrolünü sağlayan ilk denizcilik şirketi olmaktadır (Arkas Line, 2023).



Ekol Lojistik 2022 yılı Sürdürülebilirlik Raporu'na göre, ilk olarak 2004 yılında ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemi ile sertifikalandırılmıştır. 2015 yılında sürdürülebilirlik alanındaki çalışmalarını etkin bir şekilde devam etmek için "Kurumsal Sürdürülebilirlik Direktörlüğü" kurulmuştur. Kapsam 1-2-3 bağlamında 2030 yılına kadar 2020 yılına oranla %55, Avrupa'ya ürün taşıyan araçlarının tüm emisyonlarını %75 düşürerek 2050 yılına kadar Karbon Nötr hedefini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Filosunda bulunan tüm çekicileri 2011 yılı sonu itibarıyla EURO 5 kapsamında düzenlediği açıklanmıştır. İş dünyasının sorumluluklarını hedef alan Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi'ne imza atan firmalardan birisi olmaktadır. Rota optimizasyonu ile intermodal taşımacılığa geçiş yapmakta olup yeşil bina sertifikalarına sahip bir firma olmaktadır (Ekol, 2022). Şirket içi eğitimleriyle personellerinin bu alana yönelik bilgilerini pekiştirmeyi hedeflemiştir. CDP(Karbon Saydamlık Projesi) raporlamasında "İklim Değişikliği Programı" alanında B yönetim seviyesinde derece alan Türkiye'nin ilk ve tek lojistik firması olmaktadır. Türkiye'de ilk "Yeşil Lojistik Belgesi"ne sahip lojistik firması olmuştur (UTIKAD, 2023).

Netlog Lojistik, atık pil yönetimi, atık lastik yönetimi, alternatif yolların kullanımı, kağıt tasarrufu gibi yöntemler kullanarak yeşil lojistik alanında aktivite gösteren bir diğer firmadır. Kullanılan lastikler geri kullanılmayacak durumdaysa imha edilmekte, kullanılabilir olanlar kaplanarak geri dönüşümü sağlanmaktadır. Kullanılan kağıtların %40'ını çift taraflı kullanarak kağıt tasarrufu sağlamıştır (Netlog Lojistik, 2024). 2020 yılında Renault Trucks ile yaptığı anlaşmayla birlikte 150 adet Euro 6 standartlarına uyum sağlayan T480 model aracı filosuna katan firma, hem çevre dostu yaklaşımını göstermiş olup hem de sürdürülebilirlik konusundaki hedeflerini sürdürmekte olduklarını belirtmektedirler (Demirören Haber Ajansı, 2020).

Borusan Entegre 2023 Faaliyet Raporu'na göre, Borusan 2008 yılında ilk Sürdürülebilirlik Raporunu hazırlayarak yeşil lojistik bağlamındaki ilk adımını atarak hedeflerini oluşturmaya başlamaktadır. Paydaş Etkileşim tablosuyla birlikte çok yüksek öncelikli, yüksek öncelikli ve öncelikli olmak üzere üçe ayırdığı operasyonlarını tablolastırarak tanıtmaktadır. 2030 yılı Borusan Grubu çevresel hedeflerinde emisyon azaltılması, tek kullanımlık plastik ürünlerin sıfırlanması; insan hedeflerinde en çok tercih edilen 10 işveren arasında yer almak, sürdürülebilir bağlılık skoru elde etmek, sıfır ölümlü kaza; inovasyon hedeflerinde ekosistem işbirliğiyle çevresel ve sosyal fayda sağlama gibi hedefleri bulunmaktadır. Borusan EnBW Enerji ile yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ve satışı gerçekleştirerek yeşil değişimi sağlamaktadır. Borusan Limanı, Yeşil Liman belgesine sahip Türkiye'deki ilk limandır. Borusan Lojistik ise intermodal taşımacılığa

yönelerek taşımacılıkta karbon emisyonu en az yöntemleri tercih etmektedir. Borusan Otomotiv Grubunda ise çevre dostu araç üretiminde lider olmayı hedeflemektedir (Borusan, 2023).

#### 4. Sonuç

Yeşil lojistik kavramı, literatürde farklı şekillerde tanımlansa da temel olarak lojistik faaliyetlerin çevresel açıdan faydasını gözetmesi anlamına gelmektedir. Türkiye'nin Avrupa Birliği ile olan ticaretinin artması ve pazar kaybı riski nedeniyle yeşil lojistik kavramı üzerine çeşitli teşvikler ve programlar uygulanmaya başlanmıştır. İş dünyasındaki zorlu rekabet ortamı, firmaların yeşil lojistik kavramını detaylandırmakla birlikte çeşitli uygulamaları aktif bir şekilde günümüze uyarlamış ve çeşitli raporlarla bunları topluma sunmuşlardır. Özellikle dünyanın yeşil süreçlere dönmesiyle her alanda dönüşüm yaşanmakta olup bu dönüşüme Türkiye'nin ve Türkiye'de bulunan tüm sektörlerin kendi firmaları bazında değişimi yakalamaya çalıştıkları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren firmaların yeşil lojistiğe yönelik eylemleri ve Türkiye'nin yeşil lojistik kavramına yaklaşımıyla teşvikleri anlatılmıştır. Yeşil lojistik bağlamında çevresel alanda ilerlemek, hem toplumu hem de ekonomiyi geliştirerek günceli yakalamaya çalıştığı tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye'de bulunan teşvikler ve belgelendirmelerle firmaların ilerlemesi, çevreyi koruma eğilimleri, topluma karşı sürdürülebilirlik sorumluluklarına olan bilinçleri ve yapay zekanın rota optimizasyonunun kullanımıyla gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakmaya olan hedefleri doğrultusundaki çalışmalarının artacağı yönünde bir izlenim bıraktığı saptanmıştır. Küresel ticaret kapsamında yeşil lojistik kavramının ülkeler için bir koşul hale gelmeye başlamasıyla Türkiye'nin lojistiğe yönelik politikalarının değişimi gözlemlenmiş ve gündemi takiben gelecekte de bu politikaların sürdürülebilirliğinin devamı beklenmektedir. Yeşil lojistik faaliyetleri firmalar bazında yüksek altyapı maliyetlerinden dolayı tercih edilmemekte ve Türkiye'nin verdiği teşvikler ve düzenlediği mevzuatlarla firmalar bu alana yönelmek durumunda kalmıştır. Yeşil lojistik kavramının uygulanabilirliğinin yalnızca işletmelerin inisiyatifine bırakılması yeterli değildir; bu bağlamda, devletlerin teşvik edici politikalar ve düzenlemelerle süreci desteklemesi gereklidir. Türkiye'de bulunan firmaların yeşil lojistik kavramına olan faaliyetleriyle birlikte tutumları ve geleceğe yönelik düşünceleri anketle detaylandırılması, farklı ülkelerin verdikleri teşvikler ve yönetmelikleri incelenerek ülkeler arası kıyaslama yapılabilmesi, yeşil lojistik kavramının gelişmesine rağmen yeşil lojistik faaliyeti gerçekleştirilmeyen veya az gerçekleştiren firmaların sebepleri araştırılarak engellerin aşılmasına yönelik prosedürlerin arttırılmasına yönelik çalışmalar çoğaltılabilir.

## Kaynakça

- Akbal, H. (2022). Sürdürülebilir Lojistik Kapsamında Yeşil Lojistik Uygulamaları. *Kapadokya Akademik Bakış*, 6(1), ss. 15-23.
- Arkas Line.(2023). *2023 Sürdürülebilirlik Raporu*. *Arkas Line Web Sitesi*, <https://www.arkasline.com> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Aydın, H., Ramazan, S. ve Altınok, H. (2021). Lojistik ve Faaliyetleri Konusunda Yapılan Lisansüstü Tezlerin İçerik Analizi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(1), ss. 288-303.
- Borusan.(2023). *2023 Entegre Faaliyet Raporu*. *Borusan Web Sitesi*, [www.borusan.com](http://www.borusan.com) adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Bozdağhoğlu, E.Y. ve Keşir, B. (2022). Türkiye'de Lojistik Sektörünün Dış Ticarete Etkisi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 10(1), ss. 1-17.
- Boztepe, H.(2023). *Lojistik Performans Endeksi 2023 (LPI 2023)*. *Ticaret Uzmanları Derneği*. <https://tiud.org.tr/2023/07/17/lojistik-performans-endeksi-2023-lpi-2023/> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). (2013). Supply Chain Management Terms and Glossary. *Council of Supply Chain Management Professionals Web Sitesi*, [https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx) 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Demirören Haber Ajansı. (2020). Renault Netlog Lojistik'e 150 adet çekici teslim etti. *Demirören Haber Ajansı Web Sitesi*, <https://www.dha.com.tr/> adresinden 16 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Denizcilik Genel Müdürlüğü.(2023). Yeşil Liman Uygulamaları ve TCDD Al-sancak Limanı. *Dünya Denizciliğindeki Son Gelişmeler*. Sayı: 3, ss. 2-3.
- Deran, A., Arslan, S., ve Köksal, A. G. (2014). *İşletmelerde Lojistik Maliyetlerin Hesaplanması: Maden İşletmesinde Uygulama Örneği*, 1. Baskı, Eğitim Yayınevi
- Ekol.(2022). *2022 Sürdürülebilirlik Raporu*. Ekol Web Sitesi, [www.ekol.com](http://www.ekol.com) adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Fidan, A., ve Öztürk, D. (2015). Büyük Ölçekli İşletmelerde Lojistik Politikaları ve Hizmet Üretim Süreçlerinin Performans ve Verimliliği, *I. Uluslararası Kafkasya-Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi Bildiriler Kitabı içinde*, Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, ss. 529-555.
- İncaz, S.(2015). *Lojistik ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeni Yaklaşımlar*. Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3(1), ss. 149-162.
- Karaköy, Ç. ve Üre, S.(2020). *Türkiye'de Lojistik Sektöründeki Gelişmeler ve Dış Ticaret Üzerine Etkileri*, İ. Yalman (Ed.) Türkiye'de Dış Ticaret ve Lojistik Uygulamaları ve Teorik Seçme Konular, 1. Baskı, Nobel Yayınları, ss. 275-290.

- Keskin, H.(2016). *Lojistik El Kitabı: Küresel Aktörlerin Lojistik Pratikleri*, Nobel Yayınları.
- McKinnon, A. (2010). *Environmental Sustainability: A New Priority For Logistics Managers*, A. McKinnon, S. Cullinane, M. Browne, and A. Whiteing (Eds.) *Green Logistics: Improving The Environmental Sustainability Of Logistics*, Kogan Page, pp. 3-31.
- Mersin, K. (2020). *Yeşil Lojistik ve Ülkemizde Yeşil Lojistik Uygulamaları*. İstanbul Gelişim Üniversitesi.
- Netlog Lojistik. *Sürdürülebilirlik*. Netlog Lojistik Web Sitesi, <https://www.net-loglogistics.com/> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Öçal, B. & Çarıkçı O. (2021). Batı Akdeniz Bölgesi İhraç Ürünlerinin Lojistik Faaliyetleri Açısından Isparta Süleyman Demirel Havalimanının İncelenmesi. *Journal of Aviation Research*, 3(1), ss. 41-52. <https://doi.org/10.51785/jar.781034>
- Özel, B.(2024). *Kombine Taşımacılık Yönetmeliği Kapsamında Türkiye’de Yeşil Lojistik Faaliyetlerin Belirlenmesi*, S. Kılıç (Ed.) Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Temel Alanında Akademik Çalışmalar - II, 1. Basım, Artıkel Akademi, ss. 57-71.
- Özkan, Y.(2021). *Volkswagen ‘Emisyon Skandalı’ Nedeniyle Hollandalı Araç Sahiplerine Tazminat Ödemeye Mahkûm Edildi*. BBC News Türkçe. <https://www.bbc.com/turkce> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024). *2024-2030 İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Strateji ve Eylem Planları Yayınlandı*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı Web Sitesi, <https://iklim.gov.tr/> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- T.C. Ticaret Bakanlığı.(2024). *Ticaret Bakanlığından İhracatta “Yeşil Dönüşüme Desteği” Paketi*. T.C. Ticaret Bakanlığı Web sitesi, <https://ticaret.gov.tr/> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- T.C. Ticaret Bakanlığı.(2024). *Yeşil Mutabakata Uyum Projesi Desteği – Responsible ® Programı*. T.C. Ticaret Bakanlığı Web sitesi, <https://ticaret.gov.tr/> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Tanyaş, M.(2023). *Lojistik Performans Endeksi (LPI)*. Yeşillojistikçiler Web sitesi. <https://www.yesillojistikciler.com/lojistik/lojistik-performans-indeksi-lpi-2023/20815> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- The World Bank. (2018). *Logistics Performance Index 2018*. The World Bank Web sitesi, [lpi.worldbank.org](http://lpi.worldbank.org) adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- The World Bank. (2023). *Logistics Performance Index 2023*. The World Bank Web sitesi, [lpi.worldbank.org](http://lpi.worldbank.org) adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.

- TIMOCOM, *Transportlexikon*, TIMOCOM Web Sitesi <https://www.timocom.de/> adresinden 15 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- UTIKAD. (2023). *Ekol, "Yeşil Lojistik" Belgeli İlk Türk Şirketi Oldu*. UTIKAD Web sitesi, <https://www.utikad.org.tr> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- UTIKAD. (2023). *Yeşil Lojistik Belgesi Alan Firma Sayısı Artıyor*. UTIKAD Web sitesi, <https://www.utikad.org.tr> adresinden 16 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- UTIKAD.(2013). *Lojistik Firmalarının Yeşil Olması İçin 10 Temel Neden*. UTIKAD Web sitesi, <https://www.utikad.org.tr> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- UTIKAD.(2018). *Lojistik Performans Endeksi 2018 ve Türkiye*. UTIKAD Web sitesi, <https://www.utikad.org.tr> adresinden 11 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- UTIKAD.(2022). *Ceva Lojistik Tesislerinde 2021 Yılında 683 Bin Ton Atık Toplandı*. UTIKAD Web sitesi, <https://www.utikad.org.tr> adresinden 12 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Yurtkuran, S.(2021). *Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği ve Yeşil Lojistik: Türkiye Örneği*. *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(45), ss. 171-201.

## Sayısal İkiz Üzerine Bir Literatür Taraması<sup>1</sup>

İlker İbrahim Avşar<sup>2</sup>

Dilara Berrak Tarhan<sup>3</sup>

### Özet

Verimlilik ister işletmeler açısından ele alınsın ister ülke ekonomileri açısından ele alınsın rekabet için önemli bir kavramdır. Endüstri 4.0 bağlamında değerlendirilen Sayısal İkiz, işletmelere dolayısıyla ülkelere verimlilik artışı vaat etmektedir. Bu çalışma ile Sayısal İkiz ve verimlilik konusunu işleyen akademik yayınların; yıllara göre sayısı, hangi dergilerde yayımlandığı, kategorilerine göre yayınların dağılımı, yayınlarda tercih edilen türler, yazarın çalıştığı kurum, yayını destekleyen kuruluşlar, yayınlarda sık kullanılan kelimeler ve kelimeler arasındaki ilişki durumunu göstererek konuya ilgi gösteren araştırmacılara fikir vermek amaçlanmaktadır. Sistematik literatür taramasıyla Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınların genel görünümü çıkarılmaya çalışılmıştır. Web of Science (WoS) veri tabanı Sayısal İkiz ve verimlilik anahtar kelimeleri kullanılarak taratılmıştır. Tarama sonucunda 300 adet yayına ulaşılmıştır. Elde edilen yayınlar WoS kategorisi, yayın yılı, belge türü, yazarın bağlı olduğu kuruluş, yayının yapıldığı dergi, yayına destek veren kuruluşlar gibi farklı kriterler ile tasnif edilmiştir. WoS kategorisine göre Sayısal İkiz ve verimlilik alanındaki yayınlar en fazla mühendislik alanından gelmektedir. Bu alan, yeni olmasına karşın 2017 yılından itibaren her yıl daha fazla sayıda yayın yapıldığı görülmektedir. Yayınlarda en fazla makale türü tercih edilmektedir. Üniversiteler arasında en fazla “Beihan Üniversitesi” konuya ilgi göstermektedir. Çin merkezli kuruluşların ve Avrupa Komisyonu’nun Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınlara en fazla finansal destek veren kuruluşlar olduğu görülmektedir.

1 Bu bölümün özeti, UTZ2022 Sinop Kongresi’nde sunulmuştur.

2 Dr. Öğr. Üyesi, Korkut Ata Üniversitesi, Bahçe MYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü/ Lojistik Pr., iibrahimavsar@osmaniye.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2991-380X

3 Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Medipol Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, dbtarhan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4303-5292

## Giriş

Çağımızın çözülmesi zor problemlerinin temelinde ekonomik sorunlar yatmaktadır. “Verimlilik” ekonomik problemleri çözecek önemli anahtar kelimelerdendir. Verimlilik; üretimin girdi ve çıktı süreçlerinde savurganlıktan uzak şekilde eldeki kaynaklardan en yüksek verimi almaktır. Verimliliği arttıran faktörler arasında; maliyeti azaltacak, üretimi hızlandıracak ve kayıpları en aza indirecek modeller öncelikli olarak değerlendirilmelidir. Amaçlara hizmet edecek olan araçların tespiti, yerleşim düzeninin planlaması, varlıkların yönetimi, taşımacılık gibi süreçlerin etkin kullanımı değerlendirilecek diğer konular arasındadır. Bunların yanı sıra kapasitenin tam kullanımı, kalitenin artırılması, insan kaynağının eğitilmesi konuları da verimlilik ile ilgilidir (Kara ve Döğeroğlu, 1994: 33).

Üretim süreçlerinin dönüşümü ile akıllı üretim giderek daha önemli hale gelmektedir. Sayısal İkiz kullanılan akıllı üretim, ürünlerin üretim sürecini daha verimli ve akıllı hale getiren akıllı algılama ve benzetim işlevlerine sahiptir. Sayısal İkiz; ürünlerin ve üretim donanımlarının durumunu gerçek zamanlı olarak izleyebilir ve oluşacak arızaları tahmin edebilir (He ve Bai, 2021: 15). Birçok alanda kullanılabilir özellikte olan Sayısal İkiz henüz sınırlı kullanıma sahiptir ve üretim dışında sağlık, muhasebe, kamu denetimi, inşaat, eğitim gibi alanlarda da kullanılabilir (Aynacı, 2020; Yukcu ve Aydın, 2020; Özen ve Gürel, 2020; Ceylan, 2019; Göçen, 2020)

Üretimin zorluklarında biri de etkin iletişimidir. Endüstri bileşenlerinin iletişim kurma, bilgi alışverişi yapma ve bilgi paylaşma ihtiyacı üretim süreçlerinin hızla sayısallaşmasının arkasındaki isteklendirmedir. Sayısal İkiz hızla artan sayısallaşma talebine modern çözümdür. Sayısal İkiz; veriyi toplar, süreci izler, geçmiş verilere erişir. Bunun sonucu olarak iş sürecinin daha iyi anlaşılmasına ve oluşacak durumların daha iyi tahmin edilmesine olanak tanır (Botkina ve diğerleri, 2018: 218).

Çalışma, Sayısal İkiz ve verimlilik konusunu işleyen yayınların genel eğilimlerini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 ile adı sıkça duyulmaya başlayan sayısal ikiz konusuna olan akademik ilgiye yönelik eğilimleri göstermek çalışmanın temel motivasyonudur. Bu şekilde sayısal ikiz konusunda oluşan yönelimleri görmek mümkün olacaktır ve konuya ilgi duyan araştırmacılara fikir verilecektir. Çalışmanın temel amacı sayısal ikiz konusuna olan akademik ilginin seviyesini göstermektir ve konuya yönelik literatüre katkıda bulunmaktır. Bu amaçla; çalışma ile Web of Science (WoS) veri tabanında verimlilik ve Sayısal İkiz konulu sorgulama yapılmıştır. Elde edilen 300 yayın üzerinde sistematik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Literatür taramasından önce endüstri 4.0, sayısal ikiz ve verimlilik kavramları

açıklanmış, daha önce konuyla ilgili yapılan yayınlara yönelik örnek yayınlar listelenmiştir.

Yazarın ulaşabildiği literatürde, “Verimlilik” ve “Sayısal İkiz” odaklı WoS veri tabanı sorgusuna yönelik yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmanın literatürdeki boşluğu dolduracağı öngörülmektedir. Çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Bölüm 2 kavramsal çerçeve, bölüm 3 yöntem, bölüm 4 veriler, bölüm 5 sonuç konularını içermektedir.

## 1. Kavramsal Çerçeve

### 1.1. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 sayısal dönüşümü ve sayısal teknolojileri kullanarak akıllı ekosistemler oluşturma çabasını ifade etmektedir. Endüstri 4.0 hem endüstri hem de hizmet alanında çalışan kuruluşlara hitap edecek şekilde geniş uygulama alanına sahiptir (Erturan ve Ergin, 2018: 827).

Endüstri 4.0; Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti, Siber Fiziksel Sistemler, Benzetim, Bulut Bilişim, Büyük Veri, Akıllı Fabrikalar, Yapay Zekâ, Üç Boyutlu Yazıcılar, Otonom Robotlar, Arttırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik gibi bileşenlere sahiptir. Bu bileşenlerden Yapay Zekâ, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti ve Hizmetlerin İnterneti birçok alanda kullanılan temel bileşenler arasındadır (Akgül, 2021: 221-222). Bu teknolojiler farklı adlara sahip olsalar bile iç içe geçmiş yapılardır. Detaylandırmak gerekirse; Endüstri 4.0 Siber-Fiziksel Sistemle, Siber-Fiziksel Sistem Büyük Veriyle, Büyük Veri Nesnelerin İnterneti ile ilişkilidir (Ediz, 2021: 10). Sayısal İkiz ise Nesnelerin İnterneti çerçevesinde devrim niteliğinde bir gelişmedir (Gopinath ve diğerleri, 2019: 8).

Nesnelerin İnternet’inin ortaya çıkışından sonra nesnelerin bulunduğu yeri göstermede kullanılan radyo frekans tanımlama yongalarının fiyatındaki ucuzlama yeni bir çağın ortaya çıkışını kolaylaştırmıştır. Bu teknolojilerle elde edilen veriler kısa zamanda artmış ve yeni iş kollarını ortaya çıkarmıştır. Gerçek zamanlı verilerle yapay zekâ teknikleri kullanılarak sadece nesnenin takibi yapılmamış aynı zamanda insan etkisi olmadan yürütülen iş modellerinin sürdürülebilmesi de sağlanmıştır. Sayısal İkiz’in bir kopyadan ötesi olmasını sağlayan ve onu Endüstri 4.0 için anahtar ürün haline getiren özellik fiziksel üründe meydana gelebilecek tüm durumları değerlendirebilmesidir. Nesnelerin İnternet’i teknolojisi Sayısal İkiz teknolojisini uygulanabilir hale getirmektedir ve birçok sektörde kullanımının önünü açmaktadır (Kumaş ve Erol, 2021: 699).



## 1.2. Sayısal İkiz

Fiziksel sistem ve onun sayısal temsili arasında yakınsama sağlayan model olarak Sayısal İkiz; veriye ve fiziksel bilgiye dayalı zekâyı tek model altında birleştirerek olası durumların tahmini için yeni bakış açısı sağlar (Qiao ve diğerleri, 2019: 6). Sayısal İkiz, siber fiziksel dünyayı üretim gibi süreçlere bütünleştirerek Endüstri 4.0 uygulamaları için umut verici ortam sağlamaktadır (Qi ve diğerleri, 2018: 6). Sayısal İkiz'in uygulaması gerçek durumun analizinde başlar ve kullanıcının sistemle etkileşime girebileceği bir platform tasarımıyla sona erer (Bevilacqua ve diğerleri, 2020: 14). Gerçek verilerle çalışabilen Sayısal İkiz; uygulanması durumunda işletmeler için faydalı olabilecek bir modeldir (Sommer ve diğerleri, 2020: 461; Liu ve diğerleri, 2019: 19319).

Sayısal İkiz, gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki köprü işlevi görmektedir. Aynı zamanda dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı ve temel teknoloji yaklaşımlarından biridir. Her şeyin birbiriyle bağlantısını destekleyen kapsamlı teknoloji yaklaşımıdır. Ayrıca sayısal ekonominin köşe taşıdır ve geleceğin akıllı çağında bilgi altyapısının temelidir. Bu yeni teknoloji, önümüzdeki on yıla damgasını vuracaktır. Dördüncü sanayi devrimi bağlamında Sayısal İkiz; küreselleşmenin, sanayileşmenin ve kentleşmenin tüm alanlarına nüfuz ederek her yerde bulunur hale gelecektir (Duan ve Tian, 2020: 731).

Sayısal İkiz kullanım alanına örnek vermek gerekirse; Sayısal İkizin erişebildiği gerçek zamanlı algılayıcı verilerinin sentezlenmesiyle fabrikada hareket eden ve insanlara yardım eden çift kollu robotlar yönetilir. Bu sistem, robotların yerleşim ve görev planları açısından en iyi yapılandırmayı üretir. Beklenmedik olay olduğunda görevi yeniden tanımlayabilir ve sistemin çevrimiçi yeniden yapılandırılmasına imkân tanınır (Kousi ve diğerleri, 2021: 12).

### 1.2.1. Sayısal İkizin Özellikleri

Sayısal İkiz modelinin sahip olması gereken bazı temel özellikler (Ashtari Talkhestani ve diğerleri, 2019: 765):

- Sayısal İkiz'in, her zaman fiziksel varlıkla gerçek zamanlı veri alışverişini yapıyor olması gerekmektedir.
- Sayısal İkiz, fiziksel varlığın veya sürecin sayısal temsili olduğundan dolayı mümkün olduğunca gerçekçi modele sahip olmalı ve fiziksel varlığa ilişkin mümkün olan en çok veri ve bilgiyle modellenmelidir.

- İşletme sırasında elde edilen tüm süreç verilerinin yanı sıra varlığın geliştirilmesi sırasında oluşturulan tüm organizasyonel ve teknik bilgileri içeren veri setiyle çalışılmalıdır.
- Fiziksel varlığın davranışı Sayısal İkiz üzerinde benzetim çalıştırmaya olanak tanınmalıdır.
- Sayısal İkiz'i çalıştırabilmek için yukarıdakilere ek olarak; benzersiz Sayısal İkiz kimliği, yaşam döngüsü süresince Sayısal İkiz'deki değişimleri kaydedecek sürüm yönetim sistemi, eş benzetim ve veri alış-veriş uygulamaları için ara yüzler, modellerin koşurulduğu araçlarda ara yüzler, ortak simülasyonlarda diğer ikizler için ara yüz uygulamaları geliştirmek de gerekmektedir.

Geleceğin Sayısal İkiz ekosistemine doğru bilgi teknolojileri ve iletişim teknolojileri evrim geçirmektedir. Endüstri 4.0'ın başlattığı devrim ile herhangi bir işte gelecekte firesiz test yapabilmek için bir dizi adım bulunmaktadır (Liu ve diğerleri, 2018: 6):

- Modern iletişim ve bilgi teknolojileri kullanarak gerçek zamanlı ve esnek firesiz test planları geliştirilmelidir.
- Fire vermeden yapacağınız test süreçlerini çevrimiçi izleme yapabilecek şekilde iş sürecinizle bütünleştirilmelidir.
- Firesiz test süreçlerine karar verme özelliği katılmalıdır.

### 1.2.2. Sayısal İkiz ve Maliyet Faydası

İşletmeler; petrol kulesi, hidroelektrik santrali, 5G ağı veya uçak gibi karmaşık bir fiziksel sistem geliştirirken üretim aşamasına geçmeden önce tüm olası durumları görmek istemektedir. Sonucun kesin olarak tahmin edilmesi için her girdi değerinde olası durumların iyi bilinmesi gerekmektedir. Örneğin bir 5G yatırımında; 4G uygulaması olan gelişmekte olan bir ülkede deneme amaçlı 5G ağı oluşturmak pahalı olacaktır. Eğer 5G hücrelerinin konumlandırılması olası noktaların etkileri önceden tahmin edilirse, yöneticilerin kendi ülkeleri için uygun stratejileri geliştirmelerine olanak tanınacaktır. Dolayısıyla geri dönüşü olmayan maliyetli yatırım hatalarının önüne geçilecektir (Nguyen, 2021: 11).

Maliyet faydası elde edebilmek için; Sayısal İkiz uygulamaları, birden fazla kullanımı desteklemesi için uygulamadan bağımsız (genel), özelleştirilebilir ve yeniden kullanılabilir olmalıdır. Bu modelde yönergeler, yöntemler ve iyi geliştirilmiş bir uygulama bulunmalıdır. Bir şirkette tutarlı şekilde uygulanan model; birleştirilebilir ve birlikte kullanılır özellikleri kolayca tasarlanır

olmalıdır. Tasarımdan sonra veri elde etme, modelleme ve benzetim, iletişim ve bütünleştirmeye ilgili standartları inşa edilir (Shao ve Helu, 2020: 3).

### 1.2.3. Sayısal İkiz Konulu Yayınlar

Sayısal İkiz'in verimlilik odaklı diğer uygulamalarına yönelik çalışmalar bulunmaktadır; sesli iletişime dayalı Sayısal İkiz örneğinde ambalaj kutuları üretimi (Padovano ve diğerleri, 2018), insan makine etkileşimine Sayısal İkiz yaklaşımı (Ma ve diğerleri, 2019), binalarda enerji tasarrufu (Lydon ve diğerleri, 2019), lazerli üretim modellemesi (Papacharalampopoulos ve Stavropoulos, 2019), cevher atığı temizlemede enerji tasarrufu (Dli ve diğerleri 2020), havacılıkta bakım (Oyekan ve diğerleri, 2020), enerji tüketimi için çift yönlü karar verme (Fathy ve diğerleri, 2021), makine optimizasyonu (Heo ve Yoo, 2021), prefabrik bina kaldırma sisteminde güvenlik (Liu ve diğerleri, 2021), tesiste doluluk (Seghezzi ve diğerleri, 2021) konulu çalışmalar yapılan uygulamalara örnekler arasındadır.

### 1.3. Verimlilik

Verimlilik kavramı geçmişten günümüze önemini korumaktadır (Dinç ve Kılıçaslan, 2021: 24). Verimlilik kavramını önemli yapan şey insan ve üretim arasında bağ kurmasıdır (Suiçmez, 2015: 2). Tek tanımı olmamasına rağmen verimlilik; iyi seçilmiş işlerin, ideal şekilde ve ekonomik olarak yapılarak akılcı işin elde edilmesidir (Gülcü, 2004: 3).

Verimlilik önemli bir göstergedir (Çetin, 2004: 27). Günümüzde işletmelerin başarı düzeylerini değerlendirmenin yanı sıra ülkelerin kalkınma çabalarını değerlendirmede temel göstergelerden biri de verimliliğidir. Verimlilik, yaşam kalitesiyle de ilgilidir. Verimlilik seviyesi yükseldikçe daha ucuz ve daha kaliteli ürünler piyasaya sürülebilmektedir. Verimlilik artışı istikrara sebep olmaktadır (İleri, 2014: 22-23).

Verimliliğin geliştirilmesi isteği mevcut ürünlerin güncellenmesi anlamına gelmektedir. Bunun için; hizmetleri geliştirmek, çok işlevli ekipler kurmak, pilot uygulamalarla yenilikleri önceden denemek, diğer işletmelerin elde ettikleri başarılarından yararlanmak ve başarısızlıklardan ders almak gerekmektedir (Özer, 2017: 14). Çünkü işletmelerin ve dolayısıyla işletmelerin bulunduğu ülkelerin rekabet gücü verimlilik ile artırılır (Tutkavul, 2019: 52).

Verimlilik, bütüncül ele alış gerektirmektedir ve bir kurumdaki tüm fonksiyonlarla ilgilidir. Kurumların verimlilik seviyesi; yönetici bakış açısı, çalışan kalitesi, organizasyon kalitesi, kurum kültürü gibi birçok etmenle şekillenmektedir. Bir işletmenin rekabet gücünü önemli derecede

etkileyen verimlilik üzerinde özenle durulması gereken bir konudur (Mete ve Azizoglu, 2011: 4). Kıt kaynaklardan üst düzeyde fayda elde edilmek isteniyorsa verimlilik ilkesi göz ardı edilmemelidir (Dikmetaş, 2008: 16; Çalışkan, 2020: 170).

### Verimlilik ve Sayısal İkiz:

Teknolojinin sanayi ve günlük yaşantıya dair büyük kolaylıklar getirdiği gerçeği reddedilemez (Güler, 1996: 190). Robot, İnternet ve bilgisayar gibi bilgi teknoloji aygıtlarının verimlilik konusundaki olumlu katkısı ekonomi literatürü açısından genel kabul görmüş bir olgudur (Serin ve İşcan, 2019: 52; Benli, 2011:222; Yetiz ve diğerleri, 2021: 78).

Sayısal İkiz, sayısal dönüşümün temel taşlarından biri olma yolundadır. Sayısal İkiz, gerçek sistemlerin sayısal kopyasını oluşturarak gerçek zamanlı izleme, artan verimlilik ve artan üretkenlik sağlamaktadır (Mashaly, 2021: 6). Sayısal İkiz kullanılarak gerçekleştirilen iş süreçleri daha verimli hale gelmektedir. Çünkü Sayısal İkiz ile ürünlerin ve kullanılan teçhizatın durumları gerçek zamanlı olarak takip edilebilir ve oluşması muhtemel arızalar tahmin edilebilir (He ve Bai, 2021: 15).

## 2. Yöntem

Sistemik Literatür Taraması (SLT) mevcut bilimsel literatürü analiz etmek için geçerli bir tekniktir (Amaral, 2022: 14). Birçok araştırmanın temelini oluşturması açısından literatür taramaları önem taşımaktadır. Bu yöntem ile bilginin gelişimi görülebilir ve politika önerilerinde bulunulabilir. Gelecekteki araştırmalara yön vererek teoriyi oluşturmak bağlamında da önem taşımaktadır (Snyder, 2019: 339). SLT çalışmalarında mevcut yayınlar incelenir ve konu ile ilgili veriler üzerinde analizler yapılır. Çalışmalar makalenin kapsamı ve coğrafi konumu gibi farklı kriterler altında ayrıntılandırılır (Athanasidou, 2021: 17).

SLT, akademik yayınlarda kullanılan yöntemler arasındadır. Shahzamanian ve diğerleri (2021), Eylül 2020'de Google Scholar veri tabanını SLT için kullanmışlardır. Google Arama Motoru üzerinde anahtar kelimeler kullanarak arama yapmışlardır. Elde ettikleri yayınlar üzerinde analizler gerçekleştirmişlerdir. Forcina ve Falcone (2021), tarafından yapılan SLT çalışmasında olduğu gibi anahtar kelimeler arasında "AND" ve "OR" mantıksal operatörleri kullanılabilir. Yazarlar elde ettikleri yayınları; yayının yapıldığı ülke, yayın yılı, yayının yapıldığı dergi başlıkları altında incelemiş ve sonuçları yorumlamışlardır. Sayısal ikiz ve verimlilik konulu yayınların SLT yöntemi kullanılarak sayısal verilerle açıklanması

araştırmacıların konunun yönelimini kolayca görmeleri açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmada SLT yöntemi seçilmiştir.

SLT yoluyla temel süreçler ve ilgili terminoloji dâhil olmak üzere Sayısal İkiz karakterize edilebilir (Jones ve diğerleri 2021: 37). Bu bağlamda 08.07.2021 tarihinde Web of Science (WoS) veri tabanı tarandı. Tarama 1975-2021 tarihleri arasını kapsamaktadır. Tarama ile yayınların yıllara göre sayısı, yayımlandığı dergi, kategorilerine göre yayınların dağılımı, yayınlarda tercih edilen türler, yazarın bağlı bulunduğu kurum, yayını destekleyen kuruluşlar, yayınlarda sık kullanılan kelimeler ve kelimeler arasındaki ilişkilere yönelik veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler tablo olarak kullanıldı. Tablo dışında kümeleme analizi ile yayınlarda sık kullanılan kelimeler ve kelimeler arasındaki ilişkiler belirlendi

Verimlilik anlamında “efficiency” veya “productivity” kelimeleri kullanılabilir (Cavlak, 2021: 105). Bundan dolayı WoS veri tabanı “digital twin” anahtar kelimesi “efficiency”/“productivity” kelimeleri ile birlikte tarandı (Sorgu bağlantısı: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/787ae03b-5a54-47a5-9f51-0da72b7a59f9-00365ccc/relevance/1>). Sorgu ““digital twin” (Topic) and “productivity” or “efficiency” (Topic)” şeklindedir. Sorgu sonucu 300 adet yayına ulaşıldı. Elde edilen yayınların kelime analizi VOSviewer programı ile yapıldı.

### 3. Bulgular

Sorgu sonucu elde edilen 300 adet yayın içerisindeki kelimeler kümelirken; “Bağlantı (Association)” yöntemi ile normalize edilmiş, “Kümeleme/Çözünürlük (Clustering/Resolution)” değeri 1 ve en küçük küme değeri 1 olarak alınmıştır. Kümeleme sonucunda elde edilen 89 kelimenin dört ayrı gruba yerleştiği görülmektedir. Birinci küme 32, ikinci küme 24, üçüncü küme 18 ve dördüncü küme 15 elemanlı olarak şekillenmiştir.

Şekil 1 ile Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınlardaki sık kullanılan kelimelerin kendi arasında oluşturduğu bağ verilmektedir. Yeşil grupta oluşturduğu noktaların büyüklüğüne göre “internet”, “thing/nesne” ve “service/servis” kelimelerinin sık kullanıldığı belirlenmiştir. Kırmızı grupta en sık kullanılan ve diğer kelimelerle güçlü bağlara sahip olan “simulation/benzetim” kelimesi bulunmaktadır. Mavi grupta; “use/kullanım”, “energy/enerji” ve “area/alan” kelimeleri öne çıkmaktadır. Sarı grupta; “company/şirket”, “opportunity/fırsat”, “database/veri tabanı” gibi kelimelerin diğerlerinden fazla tercih edildiği görülmektedir. Kırmızı grupta yer alan benzetim ve Sayısal İkiz kavramlarının oluşturduğu bağlar incelendiğinde

benzetim kelimesinin diğer kelimeler ile daha kuvvetli bağlar oluşturduğu bulunmuştur.



Şekil 1: Sayısal İkiz ve Verimlilik Konulu Yayınların Ağ Yapısı.

Şekil 2 ile kümeleme sonucu elde edilen kelimelerin kullanım sıklığı verilmektedir. Kelimeler sarı noktalara yaklaştıkça ve yazı büyüklüğü arttıkça kullanım sıklığı ve diğer kelimelerle kurdukları bağlantı seviyesi artmaktadır. En sık kullanılan kelime olarak “benzetim” öne çıkmaktadır. “Benzetim” kelimesi “Sayısal İkiz Teknolojileri” kelimesinde daha fazla tekrarlanmıştır. Aynı zamanda diğer kelimelerle çok kuvvetli bağlar oluşturduğu görülmektedir. Bu noktada; benzetim konusunun Sayısal İkiz konusu ile yakından ilişkili olduğu düşünülebilir. Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınlarda Şekil 2 ile verilen yoğunluk grafiğindeki kelimeler sıklıkla kullanılmaktadır.



Tablo 2 ile yayınların yıllara göre dağılımı verilmektedir. 01.01.2021-08.07.2021 tarihleri arasında 94 yayın yapılmıştır. 2021 yılında tüm yılı kapsayan bir istatistik olmadığından dolayı yayın sayısında azalma var gibi gözükmektedir. 2020 yılına ait 99 yayın bulunmaktadır ve 2019 yılına ait 71 adet yayın gözükmektedir. 2018 yılına ait 32 ve 2017 yılına ait 4 yayın bulunmaktadır. Konu ile ilgili çalışmalar WoS platformunda 2017 yılında yayımlanmaya başlandı ve her geçen yıl daha fazla sayıda yayın yapılmaktadır.

*Tablo 2: Yayınların Yıllara Göre Dağılımı*

Yayın Yılı	Sayı
2021	94
2020	99
2019	71
2018	32
2017	4

*Kaynak: WoS*

Tablo 3 ile belge türlerine göre akademik yayınların sıralaması verilmektedir. Belge türlerine göre sıralama; makale, bildiri belgesi, erken erişim, makale inceleme, kitap bölümü ve editoryal materyal belgesi olarak sıralanmaktadır. Tablo 3'te WoS politikası gereği bazı yayınların birden fazla alanda listelendiği görülmektedir. Bu durum bazı istatistikleri etkilemektedir.

*Tablo 3: Belge Türüne Göre Yayınlar*

Belge Türleri	Sayı
Makale	203
Bildiri Belgesi	82
Erken erişim	20
Makale İnceleme	15
Kitap Bölümü	3
Editoryal Materyaller	2

*Kaynak: WoS*

Tablo 4 ile yazarların bağlantılı olduğu kuruluşlar verilmektedir. İlk sırada 16 yayın ile "Beihan Üniversitesi" bulunmaktadır. İkinci sırada "Kuzeybatı Politeknik Üniversitesi" 8 yayın ile yer almaktadır. Üçüncü sırada yer alan "Birmingham Üniversitesi" 7 yayına sahiptir. "Pekin Teknoloji Enstitüsü" ve "Auckland Üniversitesi" 6 adet yayına sahiptir. "Çin Bilimler Akademisi",



“Dalian Teknoloji Üniversitesi”, “Fraunhofer Gesellschaft”, “Huazhong Bilim Teknoloji Üniversitesi” ve “Singapur Ulusal Üniversitesi” 5 adet yayına sahiptir.

*Tablo 4: Yazar ile Bağlantılı Üniversitelere Göre İlk On Kurum*

Bağlantılı Kuruluş	Sayı
Beihan Üniversitesi	16
Kuzeybatı Politeknik Üniversitesi	8
Birmingham Üniversitesi	7
Pekin Teknoloji Enstitüsü	6
Auckland Üniversitesi	6
Çin Bilimler Akademisi	5
Dalian Teknoloji Üniversitesi	5
Fraunhofer Gesellschaft	5
Huazhong Bilim Teknoloji Üniversitesi	5
Singapur Ulusal Üniversitesi	5

*Kaynak: WoS*

Tablo 5 ile en fazla yayın yapan dergiler sıralanmaktadır. İlk sırada 15 adet yayın ile “Journal of Manufacturing Systems” yer almaktadır. İkinci sırada 13 adet yayın ile “Procedia Cirp” bulunmaktadır. Üçüncü ve dördüncü sıradaki “Applied Sciences Basel” /” International Journal of Advanced Manufacturing Technology” isimli dergilere ait 12 yayın bulunmaktadır. “Sustainability” adındaki derginin 9 yayını bulunmaktadır. “IEEE Transactions on Industrial Informatics”, “IFAC Papersonline”, “International Journal of Computer Integrated Manufacturing” ve “Sensors” isimli dergilerin 7 adet yayını bulunmaktadır. “IEEE Access” ise 6 adet yayına sahiptir.

*Tablo 5: Yayımların Yapıldığı Dergiye Göre İlk On*

Dergi Adı	Sayı
Journal of Manufacturing Systems	15
Procedia Cirp	13
Applied Sciences Basel	12
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	12
Sustainability	9
IEEE Transactions on Industrial Informatics	7
IFAC Papersonline	7
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	7
Sensors	7
IEEE Access	6

*Kaynak: WoS*

Tablo 6 ile yayınları destekleyen finansal kuruluşlarda ilk 10 sıra verilmektedir. İlk sırada 64 yayın desteği Çin merkezli “NSFC” isimli kuruluş bulunmaktadır. İkinci sırada “Avrupa komisyonu” 14 yayın desteği ile yer almaktadır. Üçüncü sırada 13 yayın desteği ile Çin merkezli “Çin Ulusal Anahtar Araştırma ve Geliştirme Programı” isimli kuruluş yer almaktadır. “Çin Ulusal Anahtar Ar-Ge Programı” 10 yayına desteğine sahiptir. “Merkez Üniversiteler İçin Temel Araştırma Fonları” 7, “Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi” 6, “Ulusal Bilim Vakfı NSF” 6, “Mühendislik Fizik Bilimleri Araştırma Konseyi EPSRC” 5, “İngiltere Araştırma İnovasyonu UKRI” 5 ve “Çin Doktora Sonrası Bilim Vakfı” 4 yayın desteğine sahiptir.

*Tablo 6: Yayını Destekleyen Finansal Kuruluşlara Göre İlk On*

Finansman Kuruluşları	Sayı
Çin Ulusal Doğa Bilimleri Vakfı NSFC	64
Avrupa Komisyonu	14
Çin Ulusal Anahtar Araştırma ve Geliştirme Programı	13
Çin Ulusal Anahtar Ar-Ge Programı	10
Merkez Üniversiteler İçin Temel Araştırma Fonları	7
Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi	6
Ulusal Bilim Vakfı NSF	6
Mühendislik Fizik Bilimleri Araştırma Konseyi EPSRC	5
İngiltere Araştırma İnovasyonu UKRI	5
Çin Doktora Sonrası Bilim Vakfı	4

*Kaynak: WoS*

Tablo 6 ile yayınları destekleyen finansal kuruluşlarda ilk 10 sıra verilmektedir. İlk sırada 64 yayın desteği Çin merkezli “NSFC” isimli kuruluş bulunmaktadır. İkinci sırada “Avrupa komisyonu” 14 yayın desteği ile yer almaktadır. Üçüncü sırada 13 yayın desteği ile Çin merkezli “Çin Ulusal Anahtar Araştırma ve Geliştirme Programı” isimli kuruluş yer almaktadır. “Çin Ulusal Anahtar Ar-Ge Programı” 10 yayına desteğine sahiptir. “Merkez Üniversiteler İçin Temel Araştırma Fonları” 7, “Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi” 6, “Ulusal Bilim Vakfı NSF” 6, “Mühendislik Fizik Bilimleri Araştırma Konseyi EPSRC” 5, “İngiltere Araştırma İnovasyonu UKRI” 5 ve “Çin Doktora Sonrası Bilim Vakfı” 4 yayın desteğine sahiptir.

## Sonuç

Bu çalışma, Sayısal İkiz ve verimlilik konusuna yoğunlaşmaktadır ve Sayısal İkiz ve verimlilik konusunu birlikte ele alan akademik yayınların eğilimlerini göstermeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın başında Sayısal İkiz, Endüstri 4.0 ve verimlilik kavramları incelendi. Sonraki bölümler WoS veri tabanında Sayısal İkiz ve verimlilik konulu sorgulama sonucu elde edilen verileri içermektedir. WoS verilerini kullanan çalışmayla Endüstri 4.0 ile adı daha sık duyulmaya başlayan Sayısal İkiz ve verimlilik konusuna olan akademik ilginin seviyesi ortaya konarak konuyla ilgili araştırmacılara yol göstermek mümkün olmaktadır. Çalışma ile Sayısal İkiz ve verimlilik literatürüne katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Veri tabanı taraması sonucu elde edilen veriler; WoS kategorisine göre Sayısal İkiz ve verimlilik alanındaki yayınların en fazla mühendislik alanından geldiğini göstermektedir. Sayısal İkiz ve verimlilik çalışma alanı yeni olmasına karşın 2017 yılından itibaren her yıl daha fazla sayıda yayın yapıldığı görülmektedir. Yayınlar da en fazla makale türü tercih edilmektedir. Üniversiteler arasında en fazla “Beihan Üniversitesi” konuya ilgi göstermektedir. “Journal of Manufacturing Systems” isimli dergi en fazla yayın sayısına sahiptir. Çin ve Avrupa komisyonunun bu tür yayınlara en fazla finansal destek veren kuruluşlar olduğu görülmektedir.

Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınlarda sık kullanılan 89 kelime öne çıkmaktadır (Şekil 1). Bu kelimeler arasında ise benzetim, internet, Sayısal İkiz, nesne, servis, algoritma gibi kelimeler diğerlerinden daha fazla kullanıma sahiptirler. Bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacıların Şekil 1 ve Şekil 2 ile verilen kelimeleri dikkate almaları çalışmaları açısından yol gösterici olacaktır. Konuyla ilgili yapılacak uygulamalarda sık kullanılan kelimelere göre oluşan bir yoğunlaşma yeni çalışmaların verimliliği açısından önemlidir.

Dünya ekonomisindeki sıkıntılar ülkeleri çözüm arayışına sevk etmesine karşın verimlilik karnesi kötü olan Türkiye (Algan, 2018: 23; Şengök ve Suiçmez, 2007: 2); Sayısal İkiz ve verimlilik konulu yayınlarda herhangi bir üniversitesi, dergisi ve yayın desteği yapan kuruluşuyla WoS veri tabanında ilk 10 sırada yer almamaktadır. Bu Türkiye açısından çözülmesi gereken bir problem olarak görülmelidir. Verimlilik artışı vaat eden Sayısal İkiz konusunda Türkiye kaynaklı araştırmacıların ve kuruluşların artması ülkenin faydasına olacaktır. Sayısal İkiz teknolojisi oluşabilecek bir problemi önceden tahmin ederek iş süreçlerinde verimlilik vaat etmektedir. Bu vaadin teknolojiye yön veren politika yapıcılar, üniversite yöneticileri ve işletme yöneticileri tarafından göz ardı edilmemesi ülke yararına olacaktır.

Konuya yönelik yapılacak yeni çalışmalarda sayısal ikiz konusuna yönelik uygulamalar geliştirilebilir. Bu alana yönelik yazılım çalışmalarına hız verilebilir. Sayısal ikiz, oluşacak problemleri önceden tahmin edebilmenin hayati olduğu birçok alanda kendisine kullanım alanı bulabilmektedir. Endüstri 4.0 sürecinin ilerleyişi sonucu oluşan büyük veri ve bu verileri ulaşımda hayati role sahip olan nesnelerin interneti teknolojileri sayısal ikiz paradigmasının önünü açmaktadır. Bu alanlara yapılacak yazılım geliştirme odaklı yayınların sanayiye katkıda bulunması mümkündür.

## Kaynakça

- Akgül, B. (2021), Endüstri 4.0 Sürecinde Dijital Medyada Kültürel Dönüşüm, İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 6 (15), 206-224. DOI: 10.25204/iktisad.914933.
- Algan, F. (2018), Küresel Verimlilik İçin Ticaretin Kolaylaştırılması Anlaşması, Verimlilik Dergisi, (4), 185-218.
- Amaral J.V.S.D., Miranda J.A.B.M.R.D.C., Junior W.T.D.S, (2022), Metamodel-based simulation optimization: A systematic literature review, Simulation Modelling Practice and Theory, 114, 102403, ISSN 1569-190X, doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102403.
- Ashtari Talkhestani, B., Jung, T., Lindemann, B., Sahlab, N., Jazdi, N., Schlogl, W. Ve Weyrich, M. (2019), An architecture of an Intelligent Digital Twin in a Cyber-Physical Production System. at- Automatisierungstechnik, 67(9), 762-782, doi.org/10.1515/auto-2019-0039.
- Athanasiadou C. ve Theriou G., (2021), Telework: systematic literature review and future research agenda, Heliyon, 7 (10), e08165, ISSN 2405-8440, doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08165.
- Aynacı, İ. (2020), Dijital İkiz ve Sağlık Uygulamaları, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(1), 70-79.
- Benli, A. (2011), Sendikalar, Bilgi Teknolojileri ve İnternet, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, 55(1), 221-248.
- Bevilacqua, M., Bottani, E., Ciarapica, F. E., Costantino, F., Di Donato, L., Ferraro, A., MAZZUTO, G., ve diğerleri (2020), Digital Twin Reference Model Development to Prevent Operators' Risk in Process Plants. Sustainability, 12(3), 1088. MDPI AG, http://dx.doi.org/10.3390/su12031088.
- Botkina D., Hedlind M., Olsson B., Henser J., Lundholm T., (2018), Digital Twin of a Cutting Tool, Procedia CIRP, Volume 72, Pages 215-218, ISSN 2212-8271, https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.178.
- Cavlak, H. (2021), Etkinlik, Etkililik, Verimlilik, Kârlılık, Performans: Kavramsal Bir Çerçeve ve Karşılaştırma, Journal of Research in Business, 6 (1), 99-126.
- Ceylan, E. Z. (2019), Dijital İkizler ve İnşaat Sektöründeki Yeri, Yapı Bilgi Modelleme, 1 (2), 53-61.
- Çalışkan, H. (2020), Kamu Hastane Birliklerinin Verimlilik Düzeylerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi, Verimlilik Dergisi, (2), 157-178.
- Çetin, A. (2004), Finansal Gelişme, Teknoloji ve Verimlilik. Verimlilik Dergisi, (1).
- Dikmetaş, E. (2008), Sağlık Kurumlarında Verimlilik ve Veri Zarflama Analizi, Verimlilik Dergisi, (1), 55-77.

- Dinç, Ö., Kılıçaslan, Y. (2021), Hizmet Sektöründe Rekabet Edebilirlik ve Verimlilik, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22 (1), 135-162. DOI: 10.37880/cumuiibf.868337.
- Dli, M., Puchkov, A., Meshalkin, V., Abdeev, I., Saitov, R., ve Abdeev, R. (2020), Energy and Resource Efficiency in Apatite-Nepheline Ore Waste Processing Using the Digital Twin Approach. *Energies*, 13(21), 5829, MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/en13215829.
- Duan H., Tian F., (2020), The development of standardized models of digital twin, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 53, Issue 5, Pages 726-731, ISSN 2405-8963, doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.04.164.
- Ediz, Ç. (2021), Metin Madenciliği ile Endüstri 4.0'da Yeni Eğilimler, *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 7 (1), 1-14, DOI: 10.25272/j.2149-8539.2021.7.1.01.
- Erturan, İ. ve Ergin, E. (2018), Dijital Denetim ve Dijital İkiz Yöntemi, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20 (4), 810-830, DOI: 10.31460/mbdd.395261.
- Fathy, Y.; Jaber, M.; Nadeem, Z. (2021), Digital Twin-Driven Decision Making and Planning for Energy Consumption, *J. Sens. Actuator Netw.* 10, 37, doi.org/10.3390/jsan10020037.
- Forcina Antonio, FALCONE Domenico, (2021), The role of Industry 4.0 enabling technologies for safety management: A systematic literature review, *Procedia Computer Science*, Volume 180, Pages 436-445, ISSN 1877-0509, doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.260.
- Gopinath V., Srija A. ve Sravanthi C Neethu, (2019), Re-design of smart homes with digital twins, *International conference on computer vision and machine learning*, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1228 (2019) 012031 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1228/1/012031.
- Göçen, S. (2020), Açık ve uzaktan öğrenmede dijital ikiz teknolojisinin kullanımına ilişkin bir değerlendirme. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6 (4) , 155-173.
- Gülcü, A. (2004), Özel Hastanelerin 1998-1999 Yıllarına Ait Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Görece Verimlilik Analizi. *Verimlilik Dergisi*, (3) .
- Güler, M. (1996), İşçi Moralinin Önemi ve Verimlilik. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (1) , s.189-199.
- He, B., Bai, KJ. (2021), Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: a review. *Adv. Manuf.* 9, 1–21, doi.org/10.1007/s40436-020-00302-5
- Heo, E., ve YOO, N. (2021), Numerical Control Machine Optimization Technologies through Analysis of Machining History Data Using Digital Twin. *Applied Sciences*, 11(7), 3259. MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/app11073259

- İleri, Y. (2014), Verimlilik, Verimlilik ile İlgili Kavramlar ve İşletmeler Açısından Verimliliğin Önemi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 1 (2), 9-24.
- Jones D., Snider C., Nassehi A., Yon J., Hicks B., (2021), Characterising the Digital Twin: A systematic literature review, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Volume 29, Part A, Pages 36-52, ISSN 1755-5817, doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002.
- Kara, S, Döğeroğlu, T. (1994), Verimlilik ve Çevre. Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 5 (1), 33-35.
- Kousi, N., Gkournelos, C., Aivaliotis, S., Lotsaris, K., Bavelos, A. C., Baris, P., Michalos, G., ve diğerleri (2021), Digital Twin for Designing and Reconfiguring Human-Robot Collaborative Assembly Lines. Applied Sciences, 11(10), 4620, MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/app11104620.
- Kumaş, E. ve Erol, S. (2021), Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler, Politeknik Dergisi, 24 (2), 691-701.
- Liu Z., Meyendorf N. ve Mrad N. (2018), The Role of Data Fusion in Predictive Maintenance Using Digital Twin, 44th Annual Conference on Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation (QNDE), DOI 10.1063/1.5031520.
- Liu J., Zhou H., Liu X., ve diğerleri (2019), Dynamic Evaluation Method of Machining Process Planning Based on Digital Twin, IEEE Access, vol. 7, pp. 19312-19323, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2893309.
- Liu, Z., Meng, X., Xing, Z., ve Jiang, A. (2021), Digital Twin-Based Safety Risk Coupling of Prefabricated Building Hoisting. Sensors, 21(11), 3583, MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/s21113583.
- Lydon G.P., Caranovic S., Hischier I., Schlueter A., (2019), Coupled simulation of thermally active building systems to support a digital twin, Energy and Buildings, Volume 202, 109298, ISSN 0378-7788, doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.015.
- Ma X., Tao F, Zhang M., Wang T., Zuo Y., (2019), Digital twin enhanced human-machine interaction in product lifecycle, Procedia CIRP, Volume 83, Pages 789-793, ISSN 2212-8271, https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.330
- Mashaly Maggie, (2021), Connecting the Twins: A Review on Digital Twin Technology ve its Networking Requirements, Procedia Computer Science, Volume 184, Pages 299-305, ISSN 1877-0509, doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.039.
- Metç, M. ve Azizoğlu, Ö. (2011), İmalat Sanayi İşletmelerinde Verimlilik Yönetimi ve Denizli İlinde Karşılaştırmalı Bir Alan Çalışması. Verimlilik Dergisi, (3), 27-50.

- Nguyen H. X., Trestian R., TO D. ve Tatipamula M., (2021), Digital Twin for 5G and Beyond, in IEEE Communications Magazine, vol. 59, no. 2, pp. 10-15, doi: 10.1109/MCOM.001.2000343.
- Oyekan, J., Farnsworth, M., Hutabarat, W., Miller, D., ve Tiwari, A. (2020), Applying a 6 DoF Robotic Arm and Digital Twin to Automate Fan-Blade Reconditioning for Aerospace Maintenance, Repair, and Overhaul. Sensors, 20(16), 4637. MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/s20164637.
- Özen, A. ve Gürel, F. N. (2020), Kamu Denetiminde Dijital Dönüşüm: Dijital İkiz Yöntemi. İzmir Sosyal Bilimler Dergisi, 2 (1), 16-23.
- Özer, M. (2017), Örgütsel Verimlilik Yolunda “Mükemmelliği” Arayan İşletmeler. Verimlilik Dergisi, (3), s.7-28.
- Padovano A., Longo F., Nicoletti L., Mirabelli G., (2018), A Digital Twin based Service Oriented Application for a 4.0 Knowledge Navigation in the Smart Factory, IFAC-PapersOnLine, Volume 51, Issue 11, Pages 631-636, ISSN 2405-8963, doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.389.
- Papacharalampopoulos A., Stavropoulos P., (2019), Towards a Digital Twin for Thermal Processes: Control-centric approach, Procedia CIRP, Volume 86, Pages 110-115, ISSN 2212-8271, doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.015.
- Qi Q., Tao F., Zuo Y., Zhao D., (2018), Digital Twin Service towards Smart Manufacturing, Procedia CIRP, Volume 72, Pages 237-242, ISSN 2212-8271, doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103.
- Qiao Q., Wang J., Ye L., Gao X. R., (2019), Digital Twin for Machining Tool Condition Prediction, Procedia CIRP, Volume 81, Pages 1388-1393, ISSN 2212-8271, doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.049.
- Seghezzi, E., Locatelli, M., Pellegrini, L., Pattini, G., Di Giuda, G. M., Tagliabue, L. C., ve Boella, G. (2021), Towards an Occupancy-Oriented Digital Twin for Facility Management: Test Campaign and Sensors Assessment. Applied Sciences, 11(7), 3108, MDPI AG, dx.doi.org/10.3390/app11073108.
- Serin, D, İşcan, E. (2019), Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Verimlilik Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. Verimlilik Dergisi, (3), 41-55.
- Shahzamanian M.M., Lin Meng, Kanat Muntaseer, Yoosef-Ghodsi Nader, Adeeb Samer, (2021), Systematic literature review of the application of extended finite element method in failure prediction of pipelines, Journal of Pipeline Science and Engineering, Volume 1, Issue 2, Pages 241-251, ISSN 2667-1433, doi.org/10.1016/j.jpse.2021.02.003.
- Shao, G., ve HELU, M. (2020), Framework for a Digital Twin in Manufacturing: Scope and Requirements. Manufacturing letters, 24, 10.1016/j.mfglet.2020.04.004.



- Snyder H., (2019), Literature review as a research methodology: An overview and guidelines, *Journal of Business Research*,104, 333-339, ISSN 0148-2963, doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
- Sommer M., Stjepandić J., Stobrawa S. ve Von Soden M., (2020), Improvement of Factory Planning by Automated Generation of a Digital Twin, *Transdisciplinary Engineering for Complex Socio-technical Systems*, 453-462, doi:10.3233/ATDE200105.
- Suiçmez, H. (2015), Verimlilik Ekonomisi ve Politika Arayışları. *Verimlilik Dergisi*, (4), 33-77.
- Şengök, N, Suiçmez, H. (2007), Kayıt Dışı Ekonomi ve Verimlilik. *Verimlilik Dergisi*, (1), 9-30.
- Tutkavul, K. (2019). Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksini Kullanarak Finansal Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü: Borsa İstanbul Sınai Endeksi'nde Bir Uygulama, *Verimlilik Dergisi*, (2), 49-93.
- Vosviewer, VOSviewer is a software tool for constructing and visualizing bibliometric networks, <https://www.vosviewer.com>, (Erişim: 08.07.2021).
- WoS, Web of Science, <https://www.webofscience.com>, (Erişim: 08.07.2021).
- Yetiz, F, Turan, Y., ve Canpolat, İ. (2021), Bankacılık Sektöründe Robotik Süreç Otomasyonu ve Verimlilik İlişkisi: Bir Banka Örneği, *Verimlilik Dergisi*, (2), 65-80, DOI: 10.51551/verimlilik.765336.
- Yukcu, S. ve Aydın, Ö. (2020), Maliyet Düşürme Yöntemi Olarak Dijital İkiz, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22 (3), 563-579, DOI: 10.31460/mbdd.694571.

## A Review on Logistics and Supply Chain Agenda in the “Supply Chain Forum” Journal

İlker İbrahim Avşar<sup>1</sup>

### Abstract

In this study, the journal Supply Chain Forum International Journal (SCFIJ) was analysed using the bibliometric method. The Web of Science (WoS) database was searched and a total of 216 publications were obtained. When these publications were analysed, a significant increase in the number of publications was observed in 2024. Ruel S., Large R.O. and Noireaux V. stand out among the authors with the most publications in the journal. In the country analysis, France is by far the leader with 164 publications. Among the most cited studies, the theme of digital transformation stands out. The SCFIJ journal mainly contains publications on the supply chain, and blockchain, IoT, circular economy, traceability, artificial intelligence and automation are among the most discussed concepts. In addition, it was found that some research topics in the SCFIJ journal have changed since 2024. For example, Industry 4.0 is more closely associated with digital transformation after 2024. The bibliographic analyses show that the journals fall into two main groups within the common citation network. In the author-based analysis, four main themes were found to be prominent. This study is important because it reveals the basic dynamics of the SCFIJ literature. In addition to making a theoretical contribution to the supply chain literature, it provides a perspective on the field by analysing trends in the literature.

### 1. Introduction

SCFIJ is a regular peer-reviewed journal based in France. The journal covers Supply Chain Management (SCM) from a broad perspective. It focuses on all stages of the Supply Chain (SC) - procurement, production, distribution and sales - and publishes research on the integration of these

---

1 Osmaniye Korkut Ata University, Logistics, iibrahimavsar@osmaniye.edu.tr,  
Orcid: 0000-0003-2991-380X

processes. Researchers are expected to work on new methods and strategies that enable the integration of these stages (SCFIJ, 2025).

This study analyses the SCFIJ journal, which focuses on SC, using the bibliometric method. The study aims to provide guidance to academics who will conduct research in the field of SC and logistics by revealing the publication trends in the journal. The theoretical contribution of the research is that it reveals the general trends in the field by analysing the SC literature in a specific journal.

In this research, the SCFIJ journal was analysed in order to gain fundamental insights into the supply chain and therefore the logistics sector. The selection of a supply chain-oriented journal aims to approach the topic from a broader perspective. These insights are a valuable resource for researchers wishing to work in the field. In addition, policy makers can use this data to guide their future planning.

The study consists of four chapters. The first chapter contains the introduction, the second chapter explains the methodology, the fourth chapter contains the data analysis and discussion, and the last chapter contains the conclusion.

## **2.Methodology**

Supply Chain Forum International Journal (SCFIJ) journal is analysed using bibliometric methods. The data obtained from the journal is interpreted in terms of numerical results.

SCF is published by “Taylor & Francis Ltd” and indexed by WoS. The journal is in ESCI Q2 category. Journal Citation Indicator is 0.8 in 2022 and 0.99 in 2023 (WoS, 2025).

### **2.1. Obtaining Data**

On 14.02.2025, a search was made in the WoS database for the journal SCFIJ indexed by WoS. The query used in the search was (“Supply Chain Forum” (Publication Title)) and 216 publications were found in the search.

### **2.2.Software**

The Bibliometrix package was used to obtain the results. This package is a library that can be used within the R programming language. This library has been developed by Aria & Cuccurullo (2017).

### 2.3. Main Statistics

Table 1 shows the annual publication production and citation statistics of the journal SCFIJ. It can be seen that the journal increases the number of publications in 2023 and 2024. 2020 is considered to be the peak year for citations.

*Table 1. Basic Statistics*

Year	Articles	MeanTCperArt	N	MeanTCperYear	CitableYears
2019	25	13,32	25	1,90	7
2020	25	29,04	25	4,84	6
2021	26	10,19	26	2,04	5
2022	27	12,85	27	3,21	4
2023	34	8,00	34	2,67	3
2024	75	1,43	75	0,72	2
2025	4	0,25	4	0,25	1

*Source: Prepared by the author using Bibliometrix.*

*\*The year 2025 covers the period between 1 January 2025 and 14 February 2025.*

### 2.4. Study Limitations and Future Research

In this study, not all bibliometric analyses are available for the dataset. The research can be updated by adding new analyses.

## 3. Data and Discussion

### 3.1. Most Relevant Authors

Table 2 lists the researchers with the highest number of publications in the journal SCFIJ. Authors with 3 or more publications are included in the list. Ruel S. has the highest number of publications in SCFIJ with at least 6 studies. This author is followed by Large R.O. and Noireaux V. with 4 publications.

**Table 2. Most Relevant Authors**

S.N.	Authors	Articles	Articles Fractionalized	S.N.	Authors	Articles	Articles Fractionalized
1	Ruel S.	6	2,33	10	Gunasekaran A.	3	0,83
2	Large R.O.	4	1,50	11	Lissillour R.	3	2,00
3	Noireaux V.	4	2,00	12	Masmoudi M.	3	0,70
4	Carmagnac L.	3	2,00	13	Merminod N.	3	1,17
5	Cassière F.	3	1,50	14	Paché G.	3	1,00
6	Chouki M.	3	0,83	15	Rouquet A.	3	1,08
7	Elomri A.	3	0,92	16	Vanany I.	3	0,92
8	Fritz M.M.C.	3	1,03	17	Viale L.	3	1,83
9	Gonzalez-Feliu J.	3	0,65				

*Source: Prepared by the author using Bibliometrix.*

### 3.2. Countries' Scientific Production

Table 3 shows the countries of origin of the authors of the SCFIJ journal. The SCFIJ journal contains the largest number of articles by authors from France (The journal's French origins may have something to do with this: <https://www.tandfonline.com/journals/tscf20/about-this-journal#editorial-board>). This country is followed by the USA and India.

Some of the economically developed countries are included in this list. In addition to these countries, economically developing countries are also included in the top 21.

*Table 3. Countries' Scientific Production*

SN	Country	Freq	SN	Country	Freq
1	France	164	12	Iran	10
2	USA	43	13	Tunisia	10
3	India	40	14	China	8
4	UK	28	15	Colombia	7
5	Morocco	17	16	Finland	7
6	Germany	16	17	Norway	7
7	Indonesia	15	18	Australia	6
8	Pakistan	15	19	Canada	6
9	Brazil	12	20	Qatar	5
10	Italy	11	21	Saudi Arabia	5
11	Switzerland	11			

*Source: Prepared by the author using Bibliometrix*

### 3.3. Most Global Cited Documents

Table 4 shows the most cited studies in general (also outside the SCFIJ journal). The most cited studies are mostly from 2020 and earlier. The interesting result of this list is that the most cited research is “digital” oriented. For example, the most cited research focuses on digital technologies in SC management. Furthermore, according to these results, the SCFIJ journal includes the topic of digital applications in the SC. The other interesting result in this section relates to publication number eight. This publication is a review of the literature. This result shows that the SCFIJ journal includes publications of the literature review type. Researchers who produce such publications may prefer the SCFIJ journal.

**Table 4. Most Global Cited Documents**

S.N.	Paper	Title	Total Citations	TC per Year	Normalized TC
1	(Attaran, 2020)	“Digital technology ... implications for SCM”	168	28,00	5,79
2	(Ageron et al., 2020)	“Digital SC: challenges ...”	128	21,33	4,41
3	(Pujawan & Bah, 2022)	“SC under Covid-19 ...”	123	30,75	9,57
4	(Gupta et al., 2020)	“... Industry 4.0 and digital SC”	120	20,00	4,13
5	(Munim, 2019)	“Autonomous ships ...”	84	12,00	6,31
6	(Precindl et al., 2020)	“... SC: ... industry 4.0 and digital transformation”	84	14,00	2,89
7	(Makris et al., 2019)	“...supply chain 4.0 ...”	55	7,86	4,13
8	(Magnani et al., 2019)	“... lean: a literature review”	45	6,43	3,38
9	(Khan et al., 2021)	“... Halal SC ...”	44	8,80	4,32
10	(Vörösmarty & Dobos, 2020)	“Green purchasing ...”	37	6,17	1,27

*Source: Prepared by the author using Bibliometrix.*

### 3.4. Wordcloud

Figure 1 (see Appendix 1 for a detailed list) shows the most frequently used author keywords in publications in the SCFIJ journal. The words “0” and “>” were not taken as a separate word.

According to the word cloud, authors in SCFIJ used the keywords SCM and SC the most. This result can be interpreted as the journal prioritising publications according to its name. In third place is the term “sustainability”. This result shows that sustainability is one of the most researched topics. The term “Covid-19”, in fourth place, is an understandable result as it has been on the academic agenda in recent years.





- IoT-blockchain adoption in warehouse management applications (Kumar et al., 2023).
- Circular economy
  - Risk analysis of adopting circular economy practices (Dan et al., 2024).
- E-commerce
  - Buyer-supplier relationships in e-commerce (Saunila et al., 2019).
  - Assessing the difficulty of last mile delivery in terms of the efficiency of smart parcel stations (Eliyan et al., 2021).
  - Innovative solutions for the last mile delivery model (Mohammad et al., 2023).
  - Describe the relationships between customer preferences, innovation and the adoption of last-mile delivery (Alsmairat et al., 2025).
- Traceability
  - Impact of risk aversion on the need for transparency and traceability (Simmers et al., 2023).
  - Cost-benefit model for improving the traceability system in bulk liquid plants (Gunawan et al., 2019).
  - The impact of Brexit on supply chains in terms of potential risks (Philipp, 2024).
- Artificial intelligence
  - The role of artificial intelligence in the supply chain when analysed from a supply chain perspective (Georgiev et al., 2024).
  - Impacts of AIoT and supply chain alignment on product development and alignment to supply chain intelligence (Lai et al., 2024).
  - Artificial intelligence-driven supply chain strategies (Debnath et al., 2024).
- Automation
  - Automation applications in logistics and supply chain management (Nitsche et al., 2021).

- The impact of digitalisation on procurement processes through the example of robotic automation (Viale & Zouari, 2020).
- Use of automation in ordering by product classification (Juhala & Shamsuzzoha, 2024).

According to the literature listed above, blockchain technology is mostly related to security and transformation in SC processes. Due to its structure, blockchain represents an innovative approach in the SC model. Blockchain stands out as a tool of the new generation of traceable SC model. Second, Industry 4.0 technologies are important for SC. Third, blockchain and IoT are related. By combining these two technologies, efficient results can be achieved. Fourth, e-commerce seems to be related to last-mile delivery models. Fifth, traceability is important in supply chain processes. Sixth, artificial intelligence offers opportunities in supply chain applications. Sixth, the use of automation in the supply chain is an important part of digitalisation.

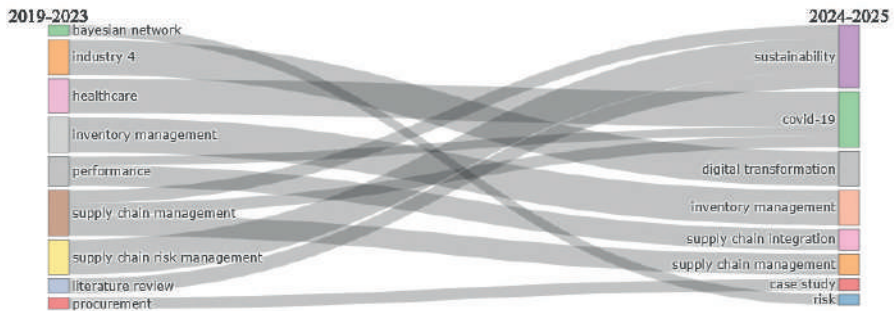
When analysing Figure 1 and Appendix 1, the most frequently used words are “logistics” in 13th place, “reverse logistics” in 15th place and “logistics service provider” in 41st place. Given the relationship between supply chain and logistics, it is to be expected that some logistics-oriented developments will be at the forefront. However, the prominence of reverse logistics is one of the notable findings of this section.

According to Figure 1 and Appendix 1, “e-commerce” is the 36th most frequently used keyword. E-commerce has significant potential for both supply chain and logistics-oriented research. It has become popular in recent years and continues to be on the agenda.

### 3.5. Thematic Evolution

Figure 2 shows the thematic evolution of publications in the SCFIJ journal according to their keywords. Publications have been cut from 2024 onwards. The first part covers the years 2019-2023 and the second part 2024 and beyond. This shows the changes that occur after 2024.

Changes are seen in two time periods: industry 4- digital transformation, performance- SC integration and SC risk management- sustainability.

*Figure 2. Thematic Evolution*

After 2024, there are themes that are prominent and important. A brief summary of the research on these themes is given below:

- Sustainability
  - The importance of integrated reverse supply chain networks in sustainability and blockchain assessment (Jraisat et al., 2023).
  - Innovation and Industry 4.0 in a sustainable supply chain (El Maalmi et al., 2023).
- Digital transformation
  - Determinants of the digital SC adoption process (Cagliano et al., 2021).
  - The effects of digital technologies on SC processes (Attaran, 2020).
  - Cloud technology proposal for SC (Mededjel et al., 2022).

Among the findings, sustainability and digital transformation stand out as the most prominent themes from 2024 onwards. When analysing the literature on these topics, the concept of Industry 4.0 and related technologies such as blockchain come to the fore. The new generation of SC is intertwined with these concepts.

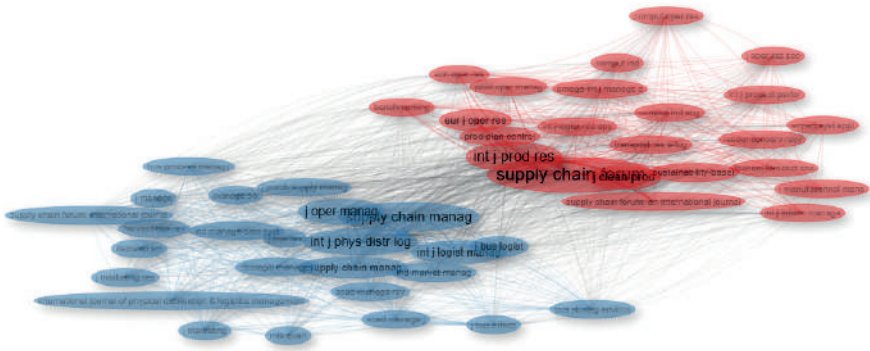
### 3.5. Co-citation Network

The co-citation network is shown in Figure 3. This network shows the intellectual structure of the publications in the journal SCFIJ. The network was constructed according to the sources and the network shows the structure formed according to the bibliographies of the publications. In the construction of the figure, “;” has been used as a separator. The network layout value was taken as “automatic layout”, the clustering algorithm as

“walktrap”, the number of nodes as 5, the repulsion force as 0.1, the removal of isolated nodes as “yes” and the minimum number of edges as 2. Detailed numerical values for Figure 3 are given in Appendix 2.

Looking at the graph created according to the bibliography section of the publications in the SCFIJ journal, we can see that the sources supporting the field are clustered in two groups (first 50 journal). The SCFIJ journal in the first cluster has a betweenness value of 74.870. The journals in the second cluster have a lower betweenness value compared to the first cluster.

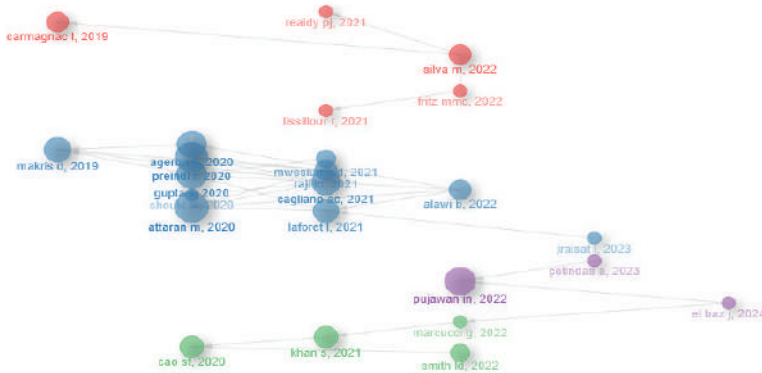
*Figure 3. Co-citation Network*



### 3.6. Historiograph

Figure 4 shows the historiograph prepared according to the author and year parameters. Number of nodes value is 20, node label “short id (1st, aauthor, year)”, remove isolated nodes “yes”, label size value is 3 and node size value is 4.

Figure 4 illustrates the inspiration of the authors in the SCFIJ journal in terms of their bibliographies. In this way it is possible to see the prominent publications in the literature. An analysis of the figure shows that four schools stand out among the publications.

**Figure 4. Historiograph**

## 4. Conclusion

This study analyses the journal SCFIJ. As a result of the review, a total of 216 publications were obtained and a significant increase in the number of publications was observed in 2024 (Table 1). Ruel S., Large R.O. and Noireaux V. stand out among the authors with the most publications in the journal (Table 2). When analysing the distribution of publications by country, France is by far the leader with 164 publications (Table 3). The theme of digital transformation stands out among the most cited studies (Table 4).

The SCFIJ journal contains mainly publications on the SC. In this context, blockchain, IoT, circular economy, traceability, artificial intelligence and automation are among the prominent concepts (Figure 1). In addition, it can be seen that some topics in the SCFIJ journal have changed by 2024. For example, Industry 4.0 is more closely associated with digital transformation after 2024 (Figure 2).

The analysis by bibliographies shows that the journals fall into two main groups within the co-citation network (Figure 3). The analysis by authors reveals four main theme (Figure 4).

It is only natural that logistics should be at the forefront of a magazine that focuses on the supply chain. The most frequently used keywords include terms such as “e-commerce”, which can be associated with both logistics and supply chain. In addition, ‘reverse logistics’ stands out as the most frequently used keyword after logistics. This is one of the more striking results of the logistics research.

## Data Link

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/5404bc2b-5047-43d7-a4e7-6f75a1beddeb-0149534852/relevance/1>

## References

- Ageron, B., Bentahar, O., & Gunasekaran, A. (2020). Digital supply chain: challenges and future directions. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 133–138. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1816361>
- Alawi, B., Al Mubarak, M. M. S., & Hamdan, A. (2022). Blockchain evaluation framework for supply chain management: a decision-making approach. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 23(3), 212–226. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1996862>
- Aliahmadi, A., & Nozari, H. (2023). Evaluation of security metrics in AIoT and blockchain-based supply chain by Neutrosophic decision-making method. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 31–42. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2101898>
- Alkhudary, R., Queiroz, M. M., & Féniciès, P. (2024). Mitigating the risk of specific supply chain disruptions through blockchain technology. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2090273>
- Alsmairat, M. A. K., Garza-Reyes, J. A., Dahmani, N., & Elrehail, H. (2025). Connecting the dots: investigating the relationships between customer preferences, innovation and last-mile delivery adoption: a mediated model. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/16258312.2025.2452148>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Attaran, M. (2020). Digital technology enablers and their implications for supply chain management. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 158–172. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1751568>
- Cagliano, A. C., Mangano, G., & Rafele, C. (2021). Determinants of digital technology adoption in supply chain. An exploratory analysis. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(2), 100–114. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1875789>
- Dan, A., Raj, A., Kumar, P., Singh, R. K., & Ahmed, F. (2024). Risk analysis of adopting the circular economy practices: a perspective of resource-dependent theory. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25(4), 504–521. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2296387>
- Debnath, R., Majumder, P., Tarafdar, A., Bhattacharya, B., & Bera, U. K. (2024). Artificial intelligence based supply chain management strategy during COVID-19 situation. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25(4), 446–465. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2303307>

- Dutta, P., Chavhan, R., Gowtham, P., & Singh, A. (2023). The individual and integrated impact of Blockchain and IoT on sustainable supply chains: a systematic review. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 103–126. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2082851>
- El Maalimi, A., Jenoui, K., & El Abbadi, L. (2023). Sustainable supply chain innovation: model validity and resilience study in the Moroccan context. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(2), 194–216. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2172956>
- Eliyan, A., Elomri, A., & Kerbache, L. (2021). The last-mile delivery challenge: evaluating the efficiency of smart parcel stations. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(4), 360–369. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1918532>
- Georgiev, S., Polychronakis, Y., Sapountzis, S., & Polychronakis, N. (2024). The role of artificial intelligence in project management: a supply chain perspective. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2384823>
- Gunawan, I., Vanany, I., & Widodo, E. (2019). Cost-benefit model in improving traceability system: case study in Indonesian bulk-liquid industry. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(2), 145–157. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1570671>
- Gupta, S., Modgil, S., Gunasekaran, A., & Bag, S. (2020). Dynamic capabilities and institutional theories for Industry 4.0 and digital supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 139–157. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1757369>
- Hrouga, M. (2024). Application of industry 4.0 technologies for mitigating humanitarian supply chains risks: the case of Covid-19. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25(3), 247–266. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2303692>
- Joshi, S., Sharma, M., & Barve, A. (2023). Implementation challenges of blockchain technology in closed-loop supply chain: A Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) management perspective in developing countries. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 59–80. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2135972>
- Jraisat, L., Jreissat, M., Upadhyay, A., & Kumar, A. (2023). Blockchain Technology: The Role of Integrated Reverse Supply Chain Networks in Sustainability. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 17–30. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2090853>
- Juhala, T., & Shamsuzzoha, A. (2024). Automation in purchasing order through items classifications: a case study in Finland. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2399501>

- Khan, S., Haleem, A., & Khan, M. I. (2021). Assessment of risk in the management of Halal supply chain using fuzzy BWM method. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(1), 57–73. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1788905>
- Kumar, S., Raut, R. D., Priyadarshinee, P., & Narkhede, B. E. (2023). Exploring warehouse management practices for adoption of IoT-blockchain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 43–58. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2082852>
- Laforet, L., & Bilek, G. (2021). Blockchain: an inter-organisational innovation likely to transform supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(3), 240–249. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1953931>
- Lai, J.-Y., Wang, J., & Cai, R.-H. (2024). The effects of AIoT-SC strategic alignment on SC intelligence and NPD performance. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2384824>
- Magnani, F., Carbone, V., & Moatti, V. (2019). The human dimension of lean: a literature review. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(2), 132–144. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1570653>
- Makris, D., Hansen, Z. N. L., & Khan, O. (2019). Adapting to supply chain 4.0: an explorative study of multinational companies. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(2), 116–131. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1577114>
- Mededjel, M., Belalem, G., & Neki, A. (2022). A cloud-fog architecture for physical-internet-enabled supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 23(3), 307–322. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1996861>
- Mohammad, W. A., Nazih Diab, Y., Elomri, A., & Triki, C. (2023). Innovative solutions in last mile delivery: concepts, practices, challenges, and future directions. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(2), 151–169. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2173488>
- Muduli, K., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., & Huisingh, D. (2023). Application of blockchain technology for addressing reverse logistics challenges: current status and future opportunities. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2165279>
- Munim, Z. H. (2019). Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(4), 266–279. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1631714>



- Nitsche, B., Straube, F., & Wirth, M. (2021). Application areas and antecedents of automation in logistics and supply chain management: a conceptual framework. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(3), 223–239. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1934106>
- Panghal, A., Manoram, S., Mor, R. S., & Vern, P. (2023). Adoption challenges of blockchain technology for reverse logistics in the food processing industry. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 7–16. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2090852>
- Philipp, B. (2024). Brexit consequences on supply chains: towards a risk management framework. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2424742>
- Preindl, R., Nikolopoulos, K., & Litsiou, K. (2020). Transformation strategies for the supply chain: the impact of industry 4.0 and digital transformation. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(1), 26–34. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1716633>
- Pujawan, I. N., & Bah, A. U. (2022). Supply chains under COVID-19 disruptions: literature review and research agenda. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 23(1), 81–95. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1932568>
- Ritchi, H., Harnowo, A., Sugianto, L. P. M., Setiono, K., & Saputro, V. (2024). Reviving the information veracity in healthcare supply chain with blockchain: a systematic review. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25(1), 111–130. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2199904>
- Samadhiya, A., Kumar, A., Agrawal, R., Kazancoglu, Y., & Agrawal, R. (2023). Reinventing reverse logistics through blockchain technology: a comprehensive review and future research propositions. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 81–102. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2067485>
- Saunila, M., Ukko, J., Sore, S., Rantala, T., & Nasiri, M. (2019). Managing buyer-supplier relationships in e-commerce projects: implications for relationship value. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(4), 299–309. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1672505>
- Simmers, C. S., Rast, R., Schaefer, A. D., & Hammons, D. (2023). Risk aversion impacts on need for transparency and traceability pre- and post-pandemic. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(4), 397–405. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2099759>
- Viale, L., & Zouari, D. (2020). Impact of digitalization on procurement: the case of robotic process automation. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 185–195. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1776089>

Vörösmarty, G., & Dobos, I. (2020). Green purchasing frameworks considering firm size: a multicollinearity analysis using variance inflation factor. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(4), 290–301. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1776090>

### **Internet References**

SCFIJ, Supply Chain Forum: An International Journal, <https://www.tandfonline.com/journals/tscf20/about-this-journal#aims-and-scope>, Access date: 14.02.2025

## Appendices

### Appendix I. Wordcloud Data

S.N.	Terms	Frequency	S.N.	Terms	Frequency
1	supply chain management	21	26	supply chain performance	4
2	supply chain	20	27	supply chain risk management	4
3	sustainability	15	28	automotive industry	3
4	covid-19	9	29	bayesian network	3
5	blockchain	7	30	buyer-supplier relationship	3
6	risk	7	31	case study	3
7	supply chain integration	7	32	circular economy	3
8	digital supply chain	6	33	covid-19 pandemic	3
9	literature review	6	34	developing countries	3
10	performance	6	35	disruption	3
11	blockchain technology	5	36	e-commerce	3
12	financial performance	5	37	france	3
13	logistics	5	38	green supply chain management	3
14	procurement	5	39	information sharing	3
15	reverse logistics	5	40	innovation	3
16	additive manufacturing	4	41	logistics service providers	3
17	coordination	4	42	performance measurement	3
18	digital transformation	4	43	risk management	3
19	healthcare	4	44	sme	3
20	industry 4	4	45	strategic alignment	3
21	internet of things	4	46	supply chain resilience	3
22	inventory management	4	47	traceability	3
23	purchasing	4	48	analytic hierarchy process	2
24	resilience	4	49	artificial intelligence	2
25	risk assessment	4	50	automation	2

## Appendix 2. Co-citation Network Data (Source)

Node	Cluster	Betweenness	Closeness	PageRank
supply chain forum	1	74,87	0,014	0,044
int j prod econ	1	69,017	0,014	0,042
int j prod res	1	44,565	0,014	0,037
j clean prod	1	22,882	0,014	0,03
cur j oper res	1	15,168	0,014	0,026
sustainability-basel	1	12,317	0,014	0,023
transport res e-log	1	8,781	0,014	0,022
prod plan control	1	14,031	0,014	0,022
comput ind eng	1	3,846	0,014	0,02
supply chain forum: an international journal	1	12,663	0,014	0,021
int j logist-res app	1	11,015	0,014	0,021
ann oper res	1	4,352	0,014	0,017
benchmarking	1	8,014	0,014	0,016
prod oper manag	1	6,397	0,014	0,017
technol forecast soc	1	4,726	0,014	0,015
int j inform manage	1	2,947	0,014	0,012
resour conserv recy	1	3,564	0,014	0,015
omega-int j manage s	1	4,582	0,014	0,015
expert syst appl	1	2,845	0,014	0,014
j manuf technol mana	1	4,278	0,014	0,014
comput ind	1	2,199	0,014	0,013
comput oper res	1	0,158	0,011	0,009
j oper res soc	1	0,896	0,013	0,01
int j product perfor	1	2,886	0,014	0,012
supply chain manag	2	46,703	0,014	0,036
j oper manag	2	27,021	0,014	0,033
int j phys distr log	2	35,997	0,014	0,033
int j oper prod man	2	24,461	0,014	0,031
j supply chain manag	2	16,901	0,014	0,026
int j logist manag	2	26,739	0,014	0,027
j bus logist	2	16,125	0,014	0,025
ind market manag	2	10,321	0,013	0,023
j bus ethics	2	2,747	0,013	0,013
j bus res	2	8,659	0,014	0,021
j purch supply manag	2	8,456	0,014	0,019
strategic manage j	2	7,671	0,014	0,021
acad manage rev	2	6,224	0,014	0,021
manage sci	2	7,735	0,014	0,017

harvard bus rev	2	3,601	0,013	0,015
acad manage j	2	3,414	0,013	0,016
bus strateg environ	2	3,481	0,013	0,011
mis quart	2	1,999	0,013	0,012
decision sci	2	4,483	0,014	0,016
ind manage data syst	2	6,93	0,014	0,016
j marketing res	2	3,205	0,013	0,016
j manage	2	3,545	0,013	0,016
supply chain forum: international journal	2	4,651	0,014	0,013
j marketing	2	0,841	0,013	0,012
international journal of physical distribution & logistics management	2	2,886	0,013	0,012
bus process manag j	2	3,203	0,013	0,012

---

# Lojistik İncelemelerde Yeni Paradigmalar ve Çözüm Önerileri

**Editör:**

**Dr. Öğr. Üyesi İlker İbrahim Avşar**

 **ÖZGÜR**  
YAYINLARI

ISBN 978-625-5958-47-1  
  
9 786255 958471