

ISSN: 1307 - 3818



# İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

## FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ ISTANBUL BEYKENT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

**İstanbul Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164**

**Cilt/Volume: 17 Sayı/Number: 2 Yıl/Year: 2024 Güz/Fall**

ISSN: 1307 - 3818

T.C.  
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN VE MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ DERGİSİ



ISTANBUL BEYKENT UNIVERSITY  
JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Sertifika No:  
46286

İstanbul Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 17 Sayı/Number: 2 Yıl/Year: 2024 Güz/Fall

www.beykent.edu.tr

*Her hakkı saklıdır. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayımlanan, hakemli bir dergidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kişisel düşünceleri olup, hiçbir şekilde Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nin veya İstanbul Beykent Üniversitesi'nin görüşlerini ifade etmez. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler iade edilmez.*



**SAHİBİ/PROPRIETOR**

Prof. Dr. Volkan ÖNGEL

İstanbul Beykent Üniversitesi adına / on behalf of Istanbul Beykent University

**EDİTÖR**

Doç. Dr. Atıncı YILMAZ

**EDİTÖR YARDIMCILARI**

Dr. Öğr. Üyesi Umut KAYA

Dr. Öğr. Üyesi Havva Aysun SEZGİN KÖKSAL

**TEKNİK EDİTÖR**

Dr. Öğr. Üyesi Seda KILIÇER

Arş. Gör. Salih BÜTÜNER

**YAYIN KURULU/PUBLISHING BOARD**

Prof. Dr. Adnan KAYPMAZ

Prof. Dr. Ayşe Uğur TÜTENGİL

Prof. Dr. Kazım SARI

Prof. Dr. Şeyma AYDINOĞLU

Prof. Dr. Suat YILMAZ

Prof. Dr. Şah KIRBAŞLAR

Prof. Dr. Recep BURKAN

Dr. Alen Murat KUYUMCU

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÇETİN

Doç. Dr. Yücel Batu SALMAN

Doç. Dr. Özge KUYUMCU

**DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD**

Prof. Dr. Hüseyin CÖMERT

Prof. Dr. Ayla ANTEL

Prof. Dr. Argun KOCAMAN

Doç. Dr. Benoît CAGNON

Doç. Dr. Marius Sebastian SECULA

Dr. İrem FIRTINA ERTİŞ

Dr. Öğr. Üyesi İhsan KARAGÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin Kerem AYTULUN



Dr. Öğr. Üyesi Bilge YILDIRIM GÖNÜL

Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ

Prof. Dr. Başar ÖZTAYŞI

Prof. Dr. Ümit IŞIKDAĞ

Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU

Prof. Ayşe Nilay EVCİL

Prof. Dr. Gündüz HORASAN

Prof. Dr. Ali PINAR

Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU

Doç. Dr. Ömer OĞUZ

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI

Prof. Dr. Tanay Sıdkı UYAR

Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU

**YAYINEVİ MÜDÜRÜ/PUBLISHING MANAGER**

Can EKŞİ

**DERGİ ASİSTANLARI/JOURNAL ASSISTANTS**

Arş.Gör. Mürüvvet AKBUDAK

Arş.Gör. Müge Yaren YAŞARTÜRK

**YAYIN SEKRETERİ/PUBLISHING SECRETARY**

Arş.Gör. İrem ACET

**TÜRKÇE DİL EDİTÖRÜ/TURKISH LANGUAGE EDITOR**

Dr.Öğr.Üyesi Ali ŞEYLAN

**İNGİLİZCE DİL EDİTÖRÜ/ENGLISH LANGUAGE EDITOR**

Dr. Öğr. Üyesi Seval ARSLAN

**TEKNİK EDİTÖR/TECHNICAL EDITOR**

Arş.Gör. Seda KILIÇER

Arş.Gör. İrem ACET

**İNDEKS SORUMLULARI/INDEX RESPONSIBILITIES**

Arş. Gör. Salih BÜTÜNER

**MİZANPAJ EDİTÖRLERİ/LAYOUT EDITORS**

Arş.Gör. Salih BÜTÜNER

Arş.Gör. Mürüvvet AKBUDAK

Arş.Gör. Müge Yaren YAŞARTÜRK



## İÇİNDEKİLER

YÜKLEME HIZININ HAFİF AGREGALI FARKLI TASARIMLARDA İMAL EDİLMİŞ KÂĞIR BLOK ELEMANLARIN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ Lütfullah GÜNDÜZ, Şevket Onur KALKAN .....	1-18
YÜKSEK TEKNOLOJİ ŞİRKETLERİ İÇİN AR-GE'NİN ÖNEMİ: DUDULLU ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÖRNEĞİ Dilan AYDIN UZUN, Tarık BAYKARA .....	19-32
SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STOK YÖNETİMİ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI Ayça DENİZ, Yavuz ÖZDEMİR, Mustafa YILDIRIM, AYTEKİN .....	33-56
ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNE ETKİSİ: LİTERATÜR TARAMASI Elif ŞAHİN , Yavuz ÖZDEMİR, Mustafa Yıldırım, Hakan KAVAK .....	57-74
MİKROSERVİS TABANLI E-TİCARET UYGULAMALARINDA SİPARİŞ ODAKLI ENDPOINT YÖNETİMİ Hilal ŞEN, TALAT FİRLAR .....	75-86



## YÜKLEME HIZININ HAFİF AGREGALI FARKLI TASARIMLARDA İMAL EDİLMİŞ KÂĞİR BLOK ELEMANLARIN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

### EFFECT OF LOADING RATE ON COMPRESSIVE STRENGTH OF LIGHTWEIGHT AGGREGATED MASONRY BLOCK ELEMENTS MANUFACTURED IN DIFFERENT DESIGNS

DOI: 10.20854/bujse.1405940

Lütfullah GÜNDÜZ<sup>1</sup>, Şevket Onur KALKAN<sup>2,\*</sup>

#### Öz

Beton örneklerinin basınç dayanımı deneyi, beton kalite kontrolünde sıkça kullanılan bir testtir. Bununla birlikte, aynı karışım tasarımı kullanılarak üretilen örneklerin farklı yükleme hızları altında farklı basınç dayanım değerleri sergileyebildikleri bilinmektedir. Hafif betondan mamul kâgir blok ürünleri çimento bağlayıcılı ürünler olup günümüzde inşaat sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ürünlerin en önemli kalite parametrelerinden bir tanesi de basınç dayanım değeridir. Beton örneklerinde olduğu gibi hafif kâgir blok örneklerinde de basınç dayanımı yükleme hızına bağlı bir değerdir. Bu çalışmada, 13 ayrı geometrik tasarıma sahip kâgir blok elemanın 6 ayrı yükleme hızı (0,005 MPa/s, 0,075 MPa/s, 0,01 MPa/s, 0,03 MPa/s, 0,05 MPa/s, 0,06 MPa/s) kullanılarak basınç dayanımları tespit edilmiş ve analiz bulguları karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, boşluklu kâgir blokların basınç dayanımlarının 0,03 MPa/s yükleme hızına kadar arttığı, bu yükleme hızından daha büyük uygulama hızlarında ise dayanım değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Dolu formdaki kâgir blokların basınç değerlerinin tamamının ise yükleme hızı arttıkça arttığı tespit edilmiştir.

#### Abstract

Compressive strength testing of concrete samples is a test frequently used in concrete quality control. However, it is known that samples produced using the same mixture design may exhibit different compressive strength values under different loading rates. Masonry block products made of lightweight concrete are cement-based products and are frequently used in the construction industry today. One of the most important quality parameters of these products is also the compressive strength value. As in concrete samples, compressive strength in lightweight masonry block samples is a value dependent on the loading rate. In this study, compressive strengths were determined using six different loading rates (0.005 MPa/s, 0.075 MPa/s, 0.01 MPa/s, 0.03 MPa/s, 0.05 MPa/s, 0.06 MPa/s) for 13 different masonry block elements with distinct geometric designs, and the analysis findings were compared. According to the research results, it was observed that the compressive strength of hollow masonry blocks increased up to a loading rate of 0.03 MPa/s, and the strength values decreased at application rates greater than this loading rate. It has been determined that all compressive strength values of solid concrete masonry blocks increase as the loading rate increases.

**Anahtar Kelime:** Kâgir Blok, Hafif Agregata, Basınç Dayanımı, Yükleme Hızı, Tasarım, Analiz

**Keywords:** Masonry Block, Lightweight Aggregate, Compressive Strength, Rate Of Loading, Design, Analysis

<sup>1</sup> İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2487-467X.  
<sup>2,\*</sup> Sorumlu Yazar: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0250-8134.

## 1. GİRİŞ

Kâgir blok elemanların basınç dayanımı, geometrik biçimi belirlenmiş ve farklı yoğunluk değerlerinde imal edilmiş boşluklu ve/veya boşluksuz formlardaki bir birim duvar elemanının döşeme yüzüne dik doğrultuda etkiyen basınç yükü karşısındaki davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç karakteristiği olarak tanımlanabilir (Gündüz, 2005). Diğer bir deyişle, birim duvar elemanının boyutunu küçültme eğiliminde olan basınç yüklerine dayanma kapasitesi olarak da nitelendirilebilir. Günümüzde farklı geometrik tasarımlarda ve farklı agrega bileşenleri ile farklı birim hacim kütle değerlerinde çok çeşitli kâgir blok ürünlerini sektörel kullanımlarda yaygın olarak görülmektedir. Bu blok elemanların çoğunluğu çimento bağlayıcılı ve neredeyse sıfır slump (çökme) değerindeki bir beton harcı kullanılarak vibrasyon ve presleme yöntemiyle kalıplara yerleştirilerek elde edilmektedir. Üretim sürecinin alternatiflerine göre daha hızlı ve daha ekonomik olmasının yanı sıra, özellikle teknik özellikleri bağlamında binaların ısı ve ses yalıtımına önemli katma değerler sağlaması, bu türev blok elemanlarının teknolojik gelişimini de doğrudan olumlu yönde etkilemektedir.

Kâgir blok elemanları yapılarda taşıyıcı ve/veya taşıyıcı olmayan dolgu duvar uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu blok elemanların teknik özellikleri bağlamında önemli bir parametresi, blok elemanının tekil birim olarak basınç dayanım değeridir. Kâgir blok elemanlarının basınç dayanımı, teknolojik olarak birden fazla parametreye göre değişkenlik göstermektedir. Bunlar genellikle 4 ayrı kategoride irdelenebilmektedir:

- Blok elemanının üretiminde kullanılan beton harcının bileşimi. Blok harcında yer alan malzemelerin türü, agrega özellikleri, tane boyutu dağılımı, kullanım oranları, çimento türü ve dozajı, kimyasal katkı kullanımı vb. gibi parametreler bu grupta sayılabilir.
- Blok elemanının tasarımı. Kâgir bloğun geometrik biçimi, anma boyutları, boşluk ve doluluk oranları vb. gibi parametreler bu grupta sayılabilir.
- Blok elemanının üretiminde uygulanan metot. Vibrasyon, presleme oranı (kalıba yerleşmede sıkışma oranı) ve kütleme koşulları vb.
- Blok elemanının basınç dayanımı deneyi sırasında uygulanan koşullar.

Eşdeğer özelliklerde (geometrik biçimi, boyutu, yoğunluğu, üretim şekli vb. özellikleri aynı olarak) üretilmiş bir kâgir blok elemanının sektörel uygulamalarda karakteristik basınç dayanım değerlerinin farklı sayısal değerlerde beyan edildikleri sıklıkla görülebilmektedir. Bunda en büyük etken, yukarıda tanımlanan kategorik değerlendirmede blok elemanının basınç dayanım deneyi sırasında uygulanan koşulların farklılığından kaynaklandığı görülmektedir. Farklılık sergileyen bu koşullar genellikle şu şekilde ifade edilebilir:

- Basınç dayanım testinin uygulandığı test presinin özellikleri,
- Test örneklerinin deneyden önce şartlandırılma seçenekleri. Kâgir blok elemanları TS EN 772-1 standardında (TSE, 2015b) öngörülen alternatif 3 ayrı şartlandırma uygulamasından birinin kullanımı. Bu standarda göre kâgir blok elemanları hava kurusuna şartlandırma, etüv kurusuna şartlandırma ve %6 nem oranına şartlandırma olmak üzere opsiyonel koşullar tanımlanmıştır.
- Basınç dayanım testinin uygulandığı an test örneğinin sıcaklığı,
- Test örneklerinde TS EN 772-1 standardında öngörülen başlıklama yapılıp yapılmadığı,
- Basınç dayanım testi esnasında uygulanan yüklenme hızı değeri.

Burada tanımlanan bu beş koşuldaki her biri kâgir blok elemanının test sürecinde basınç dayanım değerini doğrudan etkilemektedir. Ancak konu üzerine literatürde farklı tasarımlara

sahip kagir blok elemanları üzerine yeterince karşılaştırmalı detay teknik bilgilere rastlanılamamaktadır. Genelde beton ve kâgir blok harcının standart basınç dayanım testleri üzerine yapılan çalışmalar yaygın bir şekilde görülebilmektedir. Bu araştırmalarda, beton ve/veya harcın kür koşulları, sıcaklık değerleri, test esnasındaki beton örneği üzerine uygulanan yükleme hızı değişimi vb. hususların sıklıkla irdelendiği görülmektedir. Örneğin, Felekoğlu ve Türkel (Felekoğlu ve Türkel, 2004) betonun basınç dayanımının, yükleme hızındaki değişimlerden etkilendiğini rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda beton örneğine uygulanan gerilmenin uygulama hızı azaldıkça (yük daha uzun bir süreyle beton örneği üzerine etkidikçe) numunenin daha küçük bir gerilme altında kırıldığını tanımlamaktadırlar. Diğer bir deyişle, düşük yükleme hızı uygulanan numunelerde elde edilen basınç dayanım değeri daha az olmaktadır. Yükleme hızının 0,02 – 0,18 kgf/cm<sup>2</sup>/sn olduğu beton örneklerinden elde edilen basınç dayanımı değerleri (yükleme hızının 24-30 dakika sürdüğü koşulda), yükleme hızının 2,1 kgf/cm<sup>2</sup>/sn olduğu diğer beton örneklerinden elde edilen basınç dayanımı değerlerinden yaklaşık %15 daha az olduğu literatürde beyan edilmiş olup, bu durumun yükün örnek üzerinde daha uzun süre kalması nedeniyle bir miktar sünme yapmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Bununla birlikte, yüksek yükleme hızları uygulanan beton örneklerinin daha büyük bir yük altında kırıldığı ve daha yüksek basınç dayanım değeri elde edildiği belirtilmiştir. Yükleme hızı 70 kgf/cm<sup>2</sup>/sn olarak uygulanan örneklerden elde edilen basınç dayanımı, yükleme hızı 2,1 kgf/cm<sup>2</sup>/sn olarak uygulanan örneklerden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık %10 daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Yükleme hızının basınç dayanımına olan etkilerini incelemek amacıyla beton örneklerinde yapılan bu çalışmalarda, genel bir eğilimle yavaş yük uygulanan bir beton örneğinin basınç dayanımının, daha hızlı yük uygulanan bir örneğe oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Bununla birlikte, literatürde hafif betonların basınç dayanımlarının tespitinde kullanılan yükleme hızları farklılık göstermektedir: 500 N/sn (Lima ve ark., 2010); 0,3-0,5 MPa/sn (Liu ve Chen, 2014); 0,24 MPa/sn (Sim ve ark., 2013); 0,25 MPa/sn (Altun ve ark., 2008). Benzer şekilde boşluklu beton blokların kagir blok basınç dayanım değerlerinin tespiti için kullanılan yükleme hızları da literatürde farklılık göstermektedir: 4 kN/sn (Zhou ve ark., 2017); 0,5 kN/sn (Al-Tarbi ve ark., 2022). Literatür çalışmalarından da görüldüğü üzere hafif beton ve boşluklu kagir blok ürünlerinin basınç dayanım tespitinde çok farklı yükleme hızları kullanılmıştır. Beton örneklerinde görülen bu ve benzeri çalışma bulgularında yükleme hızının etkinliği ve betonun dayanım değerlerindeki değişim olgusu tecrübe edinilmiştir. Ancak benzeri tecrübeler, beton ve/veya hafif betondan mamul kagir blok elemanlarının basınç dayanım testi sırasında uygulanan yükleme hızı değişimlerinde ne gibi bulgular elde edilebileceği üzerine yeterince detay incelemelere rastlanılamamaktadır. Bu bağlamda, kagir blok elemanının boyut değişimi, geometrik biçim farklılıkları, yoğunluk değişimleri gibi etmenlere bağlı farklı yükleme hızı uygulamalarında basınç dayanım değerlerindeki etkileşimlerin belirlenmesi, sektörel gelişmelere ayrı bir ışık tutacağı kaçınılmazdır. Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip 13 ayrı blok elemanın farklı yükleme hızları altında mekanik davranışı üzerine yürütülen bir araştırmadan elde edilen basınç dayanım değerleri üzerine karşılaştırmalı analizlerin bulguları tartışılmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip blok elemanların farklı yükleme hızları altında basınç dayanım değerlerinin belirlenmesi amacıyla,



13 ayrı geometrik biçimde kâgir blok ürünleri piyasa koşullarından temin edilmiştir. Bu blok elemanlarının tamamı Nevşehir bölgesinde üretim yapan bimsblok üreticilerinin ürünleri olup, pomza taşının kullanımıyla hafif agregalı beton harcından üretilmiş ve aynı parti ürünlerinden oluşan kâgir blok ürünleridir. Çalışma kapsamında blok tasarımının etkilerinin detaylı incelenebilmesi amacıyla başlıca 3 grup blok tasarımı analizlere tabi tutulmuştur. Bunlar:

- İki sıra boşluklu kâgir blok elemanları,
- Üç sıra boşluklu kâgir blok elemanları,
- Dolu formda kâgir blok elemanları,

İki sıra boşluklu kâgir blok elemanları bu çalışmada sırasıyla B1, B2, B3, B4 ve B5 olarak kodlanmıştır. Üç sıra boşluklu kâgir blok elemanları ise sırasıyla B6, B7, B8 ve B9 olarak kodlanmıştır. Dolu formda kâgir blok elemanları ise sırasıyla B10, B11, B12 ve B13 olarak kodlanmıştır. Tüm kâgir blok elemanların tasarım ve genel formları sembolik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanları genel görünümü.

Bu çalışmada kullanılan tüm kâgir blok örnekleri geçmeli (lamba-zıvanalı) formda olup, 7 ayrı anma boyutu değerlerine sahiptir. Basınç dayanım deneyleri sırasında uygulanan her bir yük değeri için 5’şer adet blok örneği kullanılmış olup, çalışma boyunca toplamda 390 adet blok elemanı test edilmiştir. Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanların geometrik biçim özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanların geometrik biçimi.

Blok Kodu	Blok Formu	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	Yükseklik (mm)	Ortalama Ağırlık (kg)	Brüt Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Net Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Alansal Doluluk (%)	Hacimsel Doluluk (%)
B1	Boşluklu, 6 Gözlü	85	390	185	4,17	680	910	75,08	79,28
B2	Boşluklu, 6 Gözlü	100	390	185	5,12	710	940	67,47	73,70
B3	Boşluklu, 6 Gözlü	125	390	185	6,49	720	950	61,88	71,27
B4	Boşluklu, 6 Gözlü	135	390	185	6,33	650	850	59,10	70,68
B5	Boşluklu, 6 Gözlü	150	390	185	6,28	580	860	56,63	67,44
B6	Boşluklu, 9 Gözlü	150	390	185	6,93	640	880	67,39	76,21
B7	Boşluklu, 8 Gözlü	190	390	185	8,09	590	870	59,87	69,04
B8	Boşluklu, 9 Gözlü	190	390	185	8,23	600	870	58,66	69,03
B9	Boşluklu, 9 Gözlü	250	390	185	9,92	550	830	50,80	66,30
B10	Dolu	100	390	185	8,44	1170	1200	96,66	98,73
B11	Dolu	150	390	185	12,99	1200	1235	96,72	98,01
B12	Dolu	190	390	185	17,14	1250	1290	96,31	97,87
B13	Dolu	250	390	185	23,09	1280	1315	97,22	98,47

Basınç dayanım testlerinin uygulanmasında kullanılan pres BAZ MAKİNA marka 2011 Model yılı olan elektronik bir pres olup, hız ayarlı hidrolik güç ünitesi, oynar başlık sistemli, dijital göstergeli, otomatik bilgisayar sistemli ve 80 ton basma kapasitelidir. 0,1 kN/sn ile 25 kN/sn arasında değiştirilebilen yükleme hızı kapasitesine sahiptir. Kâgir blok elemanlarının pres başlıkları altına yerleştirilmesi için 310x510 mm yüzey alanlı 50 mm kalınlıkta çelikten mamul basma başlıklarına sahiptir. Basma tablaları arasındaki yükseklik en çok 320 mm olup, bu yükseklik test örneğine göre ayarlanabilir özelliktedir.

## 2.2. Metot

Tüm kâgir blok örnekleri öncelikle TS EN 771-3 standardının (TSE, 2015a) öngördüğü prensiplere göre test örneklerinin hazırlık işlemine tabii tutulmuştur. Deneylere başlamadan önce, imalât işlemi esnasında, kâgir birimin yük uygulanacak yüzeylerine yapışmış halde kalan herhangi bir malzeme varsa bunlar öncelikle temizlenmiş olup (TSE, 2015b), kâgir bütün birimin yük uygulanacak yüzeylerinin sapması 1 mm'den az olacak şekilde aşınma yoluyla düzeltme işlemi yapılmıştır. Kâgir blok örneklerinde yer alan tüm lâmba veya zıvanalar (girinti veya çıkıntı) blok elemanının matris yapısına hasar/zarar verilmeyecek şekilde kesilerek uzaklaştırılmıştır. Boşluklu tasarıma sahip ve/veya yüzeyinde boşluk-çukurluklar bulunan blok örnekleri TS EN 772-1'de öngörülen yöntemle (TSE, 2015b) başlıklamaları yapılmıştır. Başlık yapımı uygulanan tüm numuneler, başlık yapımında kullanılan harcın priz alması amacıyla kür süresince ıslak çuvallarla kaplanarak bağıl nemi %90'dan az olmayan bir kür ortamında 14 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Başlıklama ve priz işlemleri sonrası tüm kâgir blok örnekleri, basınç dayanım testlerine tabii tutulmadan önce TS EN 772-1 standardında beyan edilen etüv kurusuna şartlandırmaları yapılmıştır. Bu işlem için tüm örnekler, değişmez kütleyle ulaşıncaya

kadar ( $70 \pm 5$ )°C sıcaklıktaki ortamda kurutulmuştur. Değişmez kütleyle ulaşılması, kurutma esnasında 24 saatten daha az olmayan zaman aralıklarıyla yapılan tartımlarla belirlenen kütleler arasındaki farkın, toplam kütlelerin %0,2'sinden daha az olmasıyla belirlenmiştir. Kurutmadan sonra numuneler, deney uygulanmadan önce, ( $20 \pm 2$ )°C sıcaklıkta ısı dengesi sağlanıncaya kadar muhafaza edilmiş ve sonrasında basınç dayanım testleri 24 saat içerisinde uygulanmıştır.

Kâgir blok örneklerinin basınç dayanım testlerinde farklı yükleme hızının etkisini incelemek amacıyla, farklı standartlarda öngörülen yükleme hız koşulları öncelikle incelenmiştir. TS 3289 standardına göre basınç dayanımı deneylerinde yükleme hızı olarak 0,5–2,0 kgf/cm<sup>2</sup>/sn arasında seçilmesi gerektiği belirtilmiştir (TSE, 2007). Bununla birlikte TS EN 772-1 standardında ise tahmin edilen basınç dayanımı değerine göre alternatif yükleme hızları öngörülmüştür. Bu çalışmada bu öngörülen yükleme hızları dikkate alınarak (Tablo 2) testler uygulanmıştır. Standarttaki değerlendirmede deney başlangıcında, elverişli herhangi deney hızı uygulanabileceği, ancak tahmin edilen en yüksek yükün yaklaşık yarısına ulaşılınca, yüklem hızı, en yüksek yük değerine yaklaşık olarak bir dakikadan az olmayan sürede ulaşılacak şekilde ayarlanması belirtilmiştir.

**Tablo 2:** TS EN 772-1'e göre uygun yüklem hızları (TSE, 2015b).

Tahmin Edilen Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Yüklem Hızı (N/mm <sup>2</sup> )/sn
<10	0,05
11 – 20	0,15
21 – 40	0,3
41 – 80	0,6
>80	1,0

Bu çalışma kapsamında test örneği olarak seçilen tüm blok örneklerinin pomza agregalı hafif betondan mamul kâgir blok elemanları ve çoğunlukla boşluklu geometrik bir biçime sahip olmaları sebebiyle tahmin edilen basınç dayanım değerleri <10 N/mm<sup>2</sup> mertebesinde olmuştur. Bu bağlamda yüklem hızı olarak 0,050 MPa/sn değerinin öngörüldüğü görülmektedir. Ancak, bu değer, 0,0010-0,050 MPa/sn değer aralığında olabileceği düşünüldüğünde, bu çalışmada 6 farklı yüklem hızı uygulaması planlanmış ve tüm blok örneklerine bu yüklem hızları ayrı ayrı uygulanarak, basınç dayanım değerleri belirlenmiştir. Bu bağlamda, deneysel çalışmada yüklem hızlarının seçiminde standartta öngörülen gerilme uygulama hızı limit değerleri arasında kalan bir yüklem hızı ve bu limitlerin dışındaki (üstündeki ve altındaki) iki kademeli yüklem hızı seçilmiştir. Standart yüklem hızı olarak 0,010 MPa/sn, düşük yüklem hızları olarak iki kademede 0,0050 ve 0,0075 MPa/sn değeri, ayrıca yüksek yüklem hızları olarak da üç kademede 0,030, 0,050 ve 0,060 MPa/sn ile 0,05 MPa/sn değerleri seçilmiştir. Test algoritmasında uygulanan yüklem hızları Tablo 3'te verilmiştir. Bu seçimde, özellikle 0,060 MPa/sn'lik yüklem hızı, tahmin edilen basınç dayanım değer sınırı dışında kalmasına rağmen, blok örneklerine daha yüksek yüklem hızı uygulanmasıyla nasıl bir etki edeceğinin belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir.

**Tablo 3:** Gerilme uygulama hızları.

Yüklem Türü	Uygulama Hızı (MPa/sn)
Yavaş	0,0050
	0,0075
Standart	0,0100
	0,0300
Hızlı	0,0500
	0,0600

### 3. BULGULAR

Pomza hafif agregalı kâgir blok elemanı örneklerine 6 farklı gerilme uygulama hızı sonucu elde edilen basınç dayanımı değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'de TS EN 772-1'de öngörülen birimlerde gerilme uygulama hızı değerlerinin teste tabi tutulan her bir blok elemanın deneye tabi tutulan yüzey alanı ile çarpımı sonucu elde edilen değer, standartta belirtildiği üzere test sırasında uygulanan yükleme hızı (kN/sn) biriminde tanımlanarak verilmiştir. Deneye tabi yüzey alanı değerleri, blok elemanının geometrik tasarımında yer alan tüm lâmba veya zıvanalar (girinti veya çıkıntı) blok elemanının matris yapısına hasar/zarar verilmeyecek şekilde TS EN 772-1 standardında öngörüldüğü şekilde kesilerek uzaklaştırıldıktan sonra blok elemanın nihai uzunluğu ile blok elemanının genişliğinin çarpımı olarak belirlenmiştir.

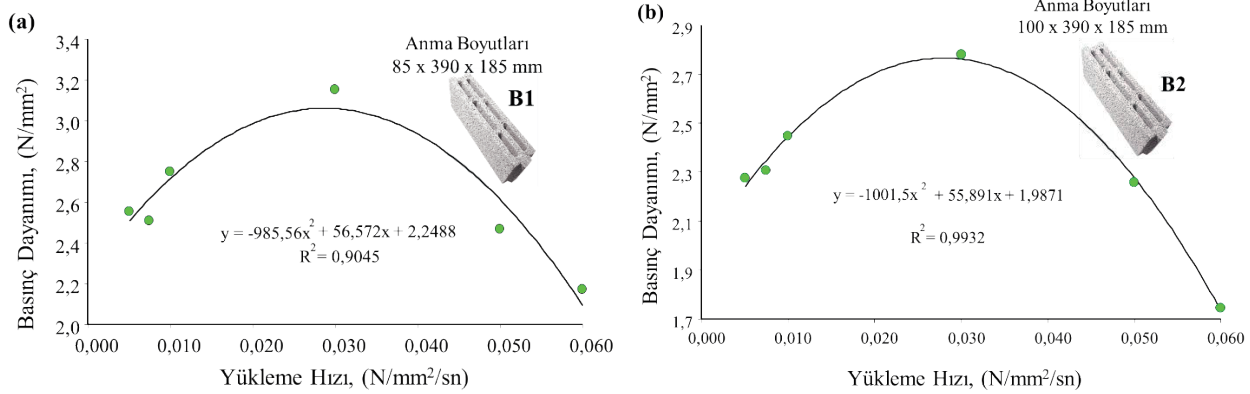
**Tablo 4:** Pomza hafif agregalı kâgir blok elemanların basınç dayanım analiz bulguları.

Blok Kodu	Gerilme Uygulama Hızı (MPa/sn)	Test Sırasında			Yenilme Yükünün		
		Deneye Tabi Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Uygulanan Yükleme Hızı (kN/sn)	Yenilme Yükü (kN)	Yenilme Zamanı (sn)	Yarı Değerine Kadar Geçen Süre (sn)	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
B1	0,0050	319,6	0,1598	81,62	616	319	2,55
B1	0,0075	319,6	0,2397	80,17	473	203	2,51
B1	0,0100	319,6	0,3196	87,94	392	172	2,75
B1	0,0300	319,6	0,9588	100,79	192	92	3,15
B1	0,0500	319,6	1,5980	78,88	138	54	2,47
B1	0,0600	319,6	1,9176	69,45	123	48	2,17
B2	0,0050	376,0	0,1880	85,52	554	285	2,27
B2	0,0075	376,0	0,2820	86,74	426	185	2,31
B2	0,0100	376,0	0,3760	92,02	353	157	2,45
B2	0,0300	376,0	1,1280	104,61	173	84	2,78
B2	0,0500	376,0	1,8800	84,87	124	49	2,26
B2	0,0600	376,0	2,2560	65,62	110	41	1,75
B3	0,0050	468,8	0,2344	98,85	480	245	2,11
B3	0,0075	468,8	0,3516	102,17	369	163	2,18
B3	0,0100	468,8	0,4688	105,96	306	138	2,26
B3	0,0300	468,8	1,4063	121,96	150	74	2,60
B3	0,0500	468,8	2,3438	101,79	108	46	2,17
B3	0,0600	468,8	2,8125	67,04	96	37	1,43
B4	0,0050	506,3	0,2531	95,60	457	232	1,89
B4	0,0075	506,3	0,3797	93,73	351	156	1,85
B4	0,0100	506,3	0,5063	101,48	291	132	2,00
B4	0,0300	506,3	1,5188	113,78	143	71	2,25
B4	0,0500	506,3	2,5313	92,04	102	44	1,82
B4	0,0600	506,3	3,0375	79,57	91	38	1,57
B5	0,0050	562,5	0,2813	99,94	426	216	1,78
B5	0,0075	562,5	0,4219	100,82	328	147	1,79
B5	0,0100	562,5	0,5625	111,33	272	125	1,98
B5	0,0300	562,5	1,6875	130,20	133	67	2,31
B5	0,0500	562,5	2,8125	105,78	96	40	1,88
B5	0,0600	562,5	3,3750	85,25	85	35	1,52
B6	0,0050	564,0	0,2820	121,76	426	208	2,16
B6	0,0075	564,0	0,4230	125,13	328	143	2,22

Yükleme Hızının Hafif Agregalı Farklı Tasarımlarda İmal Edilmiş Kâgir Blok Elemanların Basınç Dayanımına Etkisi

B6	0,0100	564,0	0,5640	136,05	272	121	2,41
B6	0,0300	564,0	1,6920	160,57	133	68	2,85
B6	0,0500	564,0	2,8200	126,29	96	43	2,24
B6	0,0600	564,0	3,3840	106,42	85	38	1,89
B7	0,0050	712,5	0,3563	134,91	366	183	1,89
B7	0,0075	712,5	0,5344	132,88	281	128	1,86
B7	0,0100	712,5	0,7125	146,63	233	109	2,06
B7	0,0300	712,5	2,1375	166,51	114	58	2,34
B7	0,0500	712,5	3,5625	128,78	82	44	1,81
B7	0,0600	712,5	4,2750	96,19	73	39	1,35
B8	0,0050	712,5	0,3563	123,63	360	181	1,74
B8	0,0075	712,5	0,5344	120,71	276	124	1,69
B8	0,0100	712,5	0,7125	136,60	229	107	1,92
B8	0,0300	712,5	2,1375	157,05	112	60	2,20
B8	0,0500	712,5	3,5625	125,38	81	46	1,76
B8	0,0600	712,5	4,2750	97,10	72	42	1,36
B9	0,0050	937,5	0,4688	144,68	306	152	1,54
B9	0,0075	937,5	0,7031	148,36	235	110	1,58
B9	0,0100	937,5	0,9375	160,39	195	93	1,71
B9	0,0300	937,5	2,8125	182,19	96	59	1,94
B9	0,0500	937,5	4,6875	158,13	69	44	1,69
B9	0,0600	937,5	5,6250	113,67	61	34	1,21
B10	0,0050	376	0,1880	131,65	554	285	3,50
B10	0,0075	376	0,2820	136,47	426	185	3,63
B10	0,0100	376	0,3760	145,87	353	157	3,88
B10	0,0300	376	1,1280	185,53	173	58	4,93
B10	0,0500	376	1,8800	189,45	124	48	5,04
B10	0,0600	376	2,2560	197,14	110	43	5,24
B11	0,0050	564	0,2820	202,25	426	215	3,59
B11	0,0075	564	0,4230	212,43	327	147	3,77
B11	0,0100	564	0,5640	224,61	271	125	3,98
B11	0,0300	564	1,6920	286,71	133	56	5,08
B11	0,0500	564	2,8200	292,70	95	46	5,19
B11	0,0600	564	3,3840	305,87	85	41	5,42
B12	0,0050	714,4	0,3572	263,33	365	183	3,69
B12	0,0075	714,4	0,5358	285,38	280	128	3,99
B12	0,0100	714,4	0,7144	292,73	233	109	4,10
B12	0,0300	714,4	2,1432	366,51	114	55	5,13
B12	0,0500	714,4	3,5720	391,98	82	42	5,49
B12	0,0600	714,4	4,2864	404,58	73	36	5,66
B13	0,0050	940	0,4700	363,22	305	151	3,86
B13	0,0075	940	0,7050	378,25	235	110	4,02
B13	0,0100	940	0,9400	412,76	195	93	4,39
B13	0,0300	940	2,8200	490,67	95	54	5,22
B13	0,0500	940	4,7000	514,24	68	40	5,47
B13	0,0600	940	5,6400	541,92	61	33	5,77

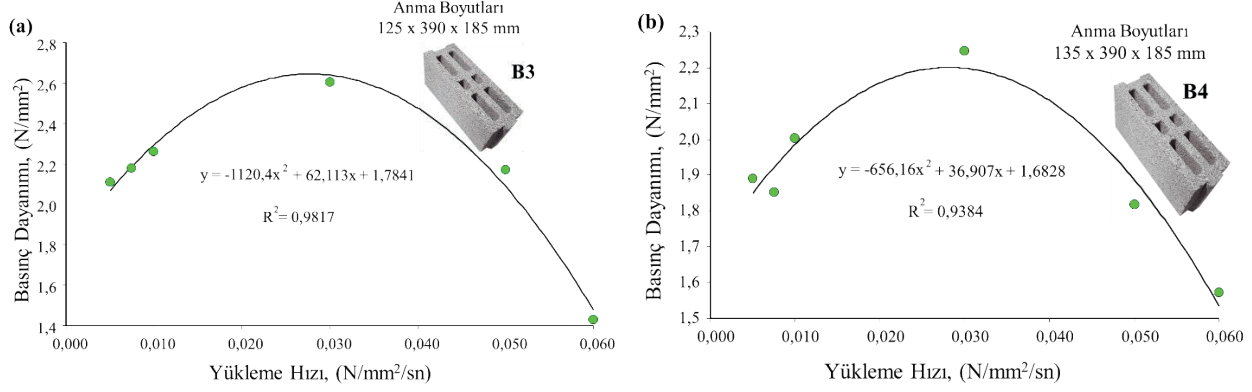
Tablo 4 incelendiğinde görüleceği üzere, kagir blok örneklerinin geometrik biçim durumuna göre elde edilen basınç dayanım değerleri farklılıklar göstermektedir. Sıra boşluk adedi ve boşluk göz sayısından bağımsız olarak boşluklu formda geometrik tasarıma sahip tüm blok örneklerinde yavaş yükleme kademelerindeki hızlarda, genel bir yaklaşımla artan yükleme hızlarında basınç dayanımının da minimal bir etkiyle artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle boşluklu bloklarda, standart yükleme hız değerine kadar bu dayanım artışı belirgin bir şekilde gelişme göstermiş olup, hızlı yükleme kategorisinde ilk kademe yükleme hızına (0,030 MPa/sn) kadar dayanım artışı gelişerek maksimum değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Hızlı yüklemenin diğer iki kademesinde ise yükleme hızı arttıkça, belirgin bir şekilde basınç dayanım değerinin düştüğü, diğer bir deyişle blok örneklerinin daha düşük değerlerde kırıldığı görülmüştür. Dolu formdaki bloklar incelendiğinde ise yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir. Boşluklu bloklardaki karakteristik olgu, her bir test bloğu özelinde irdelenecek olursa; B1-B9 blok örnekleri için yükleme hızı – basınç dayanım değeri ilişkileri Şekil 2-Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 2: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B1 ve (b) B2.

Şekil 2 incelendiğinde görüleceği üzere B1 blok örneklerinin alansal ve doluluk oranının B2 blok elemanının oranlarına göre daha yüksek olması, basınç dayanımı değerlerinin de daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Yükleme hızının etkisi açısından irdelendiğinde, 0,005 MPa/sn'lik yavaş yükleme hızında elde B1 örneği için basınç dayanımı 2,55 N/mm<sup>2</sup> iken, yükleme hızı 0,0075 MPa/sn seviyesine artırıldığında blok dayanımında %1,77'lik bir azalma kaydedilmiştir. Bu azalmanın sebebi olarak uygulanan yükteki artışın test örneklerinin boşluklu formda oluşu ve kırılma yüküne ulaşmadan önce gerilme yükünde bir dalgalanma olduğu ve test örneğinin hızla yorulmasından kaynaklı gerilme yükünün azaldığı görülmüştür. 0,01 MPa/sn'lik standart yükleme hızında ise en düşük yavaş yükleme hızında elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B1 blok örneklerinin dayanımı %7,75 oranında artış göstermiştir. Hızlı yükleme kademelerinden 0,03 MPa/sn'lik yükleme hızında ise B1 blok örneği için en yüksek basınç dayanım değerine (3,15 N/mm<sup>2</sup>) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artış en yavaş yükleme koşuluna göre %23,5'luk bir dayanım artışını sağlamıştır. Bu yükleme hızı kademesinden sonraki artan yükleme hızlarında ise B1 blok örneklerinin dayanımı en yüksek dayanım değerine göre sırasıyla %21,74 ve %31,09 oranlarında azalarak daha düşük dayanım değerleri oluşturduğu belirlenmiştir. Benzer karakteristik durum B2 blok örnekleri için de elde edilmiş olup, 0,005 MPa/sn'lik yavaş yükleme hızında basınç dayanımı 2,27 N/mm<sup>2</sup> iken, yükleme hızı 0,0075 MPa/sn seviyesine artırıldığında blok dayanımında %1,42'lik bir artış görülmüştür. 0,01 MPa/sn'lik standart yükleme hızında ise en düşük yavaş yükleme hızındaki basınç dayanımına kıyasla, B2 blok örneklerinin dayanımı %7,60 oranında artış göstermiştir. Hızlı yükleme kademelerinden 0,03 MPa/sn'lik yükleme hızında ise B2 blok örneği için en yüksek basınç

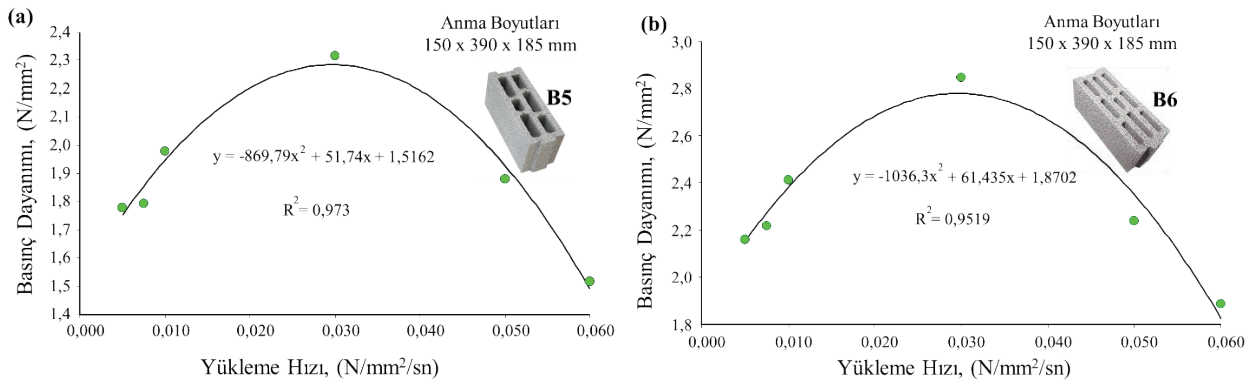
dayanım değerine ( $2,78 \text{ N/mm}^2$ ) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artış en yavaş yükleme koşuluna göre %22,3'lük bir dayanım artışını sağlamıştır. Bu yükleme hızı kademesinden sonraki artan yükleme hızlarında ise B2 blok örneklerinin dayanımı en yüksek dayanım değerine göre sırasıyla %18,87 ve %37,27 oranlarında azalarak daha düşük dayanım değerleri tespit edilmiştir.



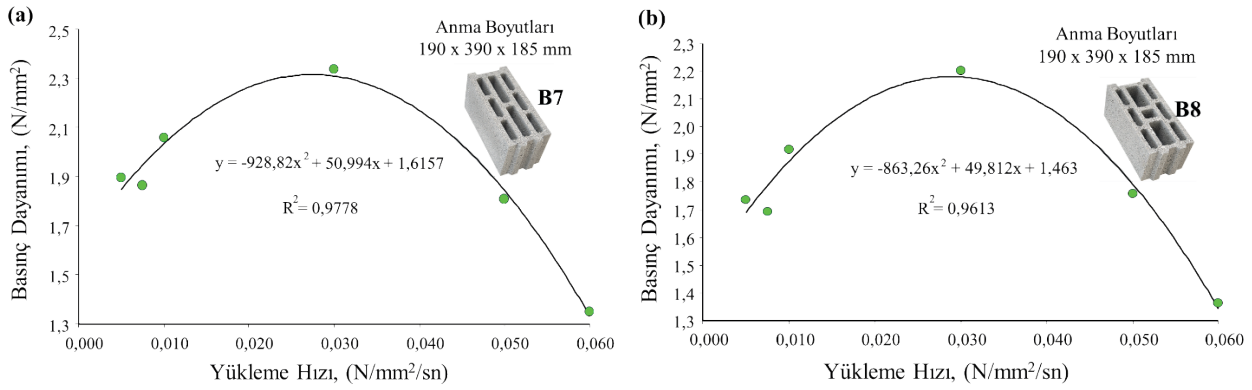
Şekil 3: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B3 ve (b) B4.

Boşluklu kâgir blok elemanların tasarım parametrelerinden özellikle alansal doluluk ve hacimsel doluluk oranı değerinin, blok elemanın basınç dayanımında etkin bir rol çizmektedir. Alansal doluluk, bir bloğun üstten görünüşünde sertleşmiş harç ile dolu alanın toplam alana oranıdır. Hacimsel doluluk ise bir bloktaki toplam sertleşmiş harç hacminin toplam hacme oranıdır. Genel bir yaklaşımla, alansal ve hacimsel doluluk oranının eşdeğer olarak arttığı bir blok elemanın basınç dayanımı, benzer yoğunluk değerlerine sahip daha düşük oranlardaki blok elemanlarının basınç dayanımından daha yüksektir. Bu etkileşimin blok elemanın yükleme hızı değişimlerinde de korunduğu görülebilmektedir. Anma boyutunda 125 mm ve 135 mm genişlik değerine sahip B3 ve B4 blok örneklerinde (Şekil 3) en düşük yavaş yükleme hızında basınç dayanımı B3 örneği için  $2,11 \text{ N/mm}^2$ , B4 örneği için ise  $1,89 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Yükleme hızı  $0,0075 \text{ MPa/sn}$  seviyesine artırıldığında blok dayanımlarında B3 örneği için %3,35'lik bir artış, B4 örneklerinde ise ortama %1,89'lük bir düşüş görülmüştür. Buradan anlaşıldığı üzere yükleme hızları arasında düşük düzeyde uygulanan artışlar, yük altındaki gerilme değerlerinde küçük salınım ve dalgalanmaları oluşturmakta ve bu da dayanım değerlerinin düşük düzeyde de olsa azalma yönünde etkilemektedir.  $0,01 \text{ MPa/sn}$ 'lik standart yükleme hızında ise en düşük yavaş yükleme koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B3 ve B4 blok örneklerinin dayanımlarında sırasıyla %7,18 ve %6,15 oranında artış göstermiştir. Hızlı yükleme kademelerinden  $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yükleme hızında B1-B2 blok örneklerinde olduğu gibi, B3 ve B4 blok örnekleri için de en yüksek basınç dayanım değerlerine ( $2,60 \text{ N/mm}^2$  ve  $2,25 \text{ N/mm}^2$ ) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artışın en yavaş yükleme koşuluna göre B3 ve B4 blok örneklerinde sırasıyla %23,37 ve %19,01'lik artış sağlamıştır. Bu yükleme hızı kademesinden sonraki artan yükleme hızlarında ise B3 blok örneklerin dayanımı en yüksek dayanım değerlerine göre sırasıyla %16,54 ve %45,03 oranında azalarak düşük dayanım değerleri bulunmuştur. Benzer olgu B4 blok örneklerinde de görülmüş olup, en yüksek dayanım değerlerine göre sırasıyla %19,11 ve %30,07 oranında azalmıştır. Hızlı yükleme kademesindeki  $0,05$  ve  $0,06 \text{ MPa/sn}$ 'lik yükleme hızlarında, blok elemanların yük etkisi altında yenilme zamanı diğer yükleme hızlarındaki süreler göre oldukça düşüktür (Tablo 4). Bununla birlikte yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değerleri de çok düşüktür. Blok örneğinin düşük zaman biriminde oldukça hızlı bir yüke maruz kalması, blok matrisinde ani çatlak oluşumları ve iç ve dış hatılların birleşim lokasyonları ve tasarımlarındaki köşe birleşim

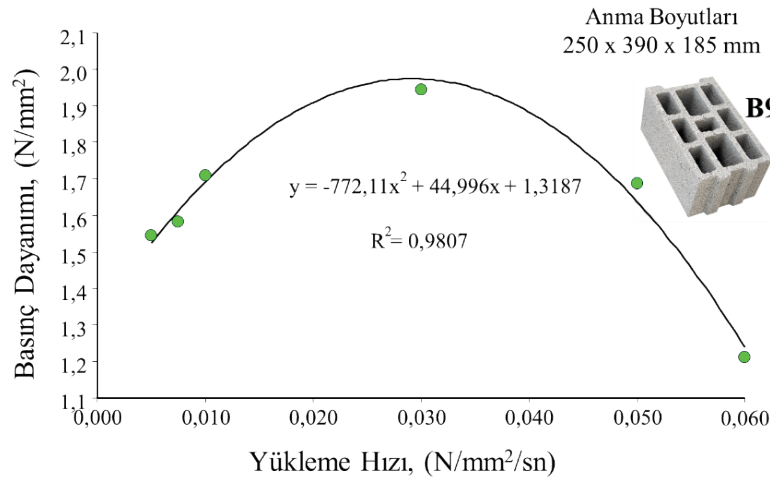
yerlerinde kesilme yükü etkisi göstererek, hızlı yorulma ve deforme olmaya bağlı kılcal yarılmaların oluşmasına sebep olmakta ve bu durum boşluklu geometriye sahip blok elemanın yük taşıma kapasitelerini önemli ölçekte etkilemektedir.



Şekil 4: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B5 ve (b) B6.



Şekil 5: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B7 ve (b) B8.



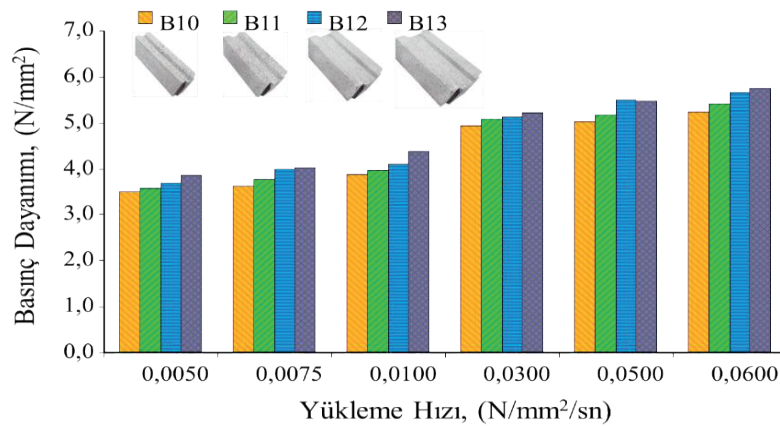
Şekil 6: B9 blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi.

Şekil 4 – Şekil 6 irdelendiğinde B5, B6, B7, B8 ve B9 blok örneklerinin üç ayrı kademede uygulanan yükleme hızları etkisinde basınç dayanım değerlerinin karakteristik değişimini göstermektedir. 150 mm - 190 mm arasında anma genişlik değerlerine sahip olan bu blok tasarımlarında da yukarıda diğer örnekler için gözlemlenen genel karakteristik etkileşimlerin benzer şekilde bu blok örnekleri için de elde edildiği görülmektedir. B5 – B9 blok örneklerinde yavaş yükleme kademesinde 0,005 MPa/sn'lik hız yükleme hızında B5-B9 blokları için sırasıyla



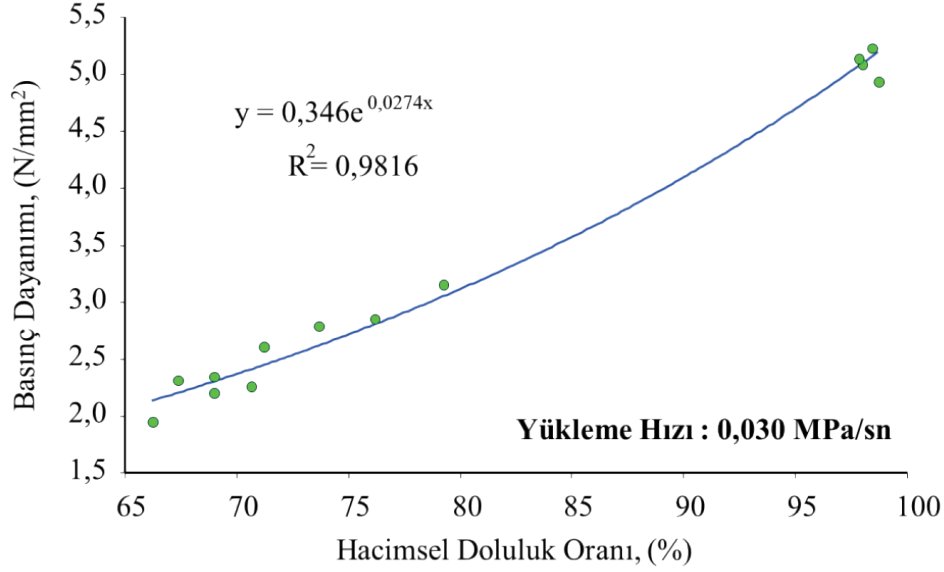
basınç dayanımları  $1,78 \text{ N/mm}^2$ ,  $2,16 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,89 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,74 \text{ N/mm}^2$  ve  $1,54 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Yüklemeye hızı  $0,0075 \text{ MPa/sn}$  seviyesine artırıldığında blok dayanımlarında B5, B6 ve B9 örneklerinde sırasıyla %0,88, %2,77 ve %2,54'lük bir artış, B7 ve B8 blok örneklerinde ise sırasıyla %1,51 ve %2,36'lık bir düşüş görülmüştür.  $0,01 \text{ MPa/sn}$ 'lik standart yüklemeye hızlarında ise en düşük yavaş yüklemeye koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B5-B9 blok örneklerinin dayanımları sırasıyla %11,39, %11,74, %8,68, %10,49 ve %10,86 oranlarında artmıştır. Hızlı yüklemeye kademelerinden  $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklemeye hızlarında ise en düşük yavaş yüklemeye koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B5-B9 blok örneklerinin dayanımları sırasıyla %30,28, %31,87, %23,42, %27,03 ve %25,93 oranlarında artmıştır. B1-B9 blok örneklerinin tasarımları genel olarak boşluklu geometride oldukları için, yavaş yüklemeye ve standart yüklemeye koşullarındaki yük taşıma kapasiteleri hep benzer karakteristik bir olguyu göstermiştir. Bu bağlamda,  $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklemeye hızı da dahil, bu yüklemeye hızı seviyesine kadar blok örneklerinin dayanım değeri değişiminde genel eğilim lineer kabul edilebilecek bir artışın olduğuudur. Ancak, yavaş yüklemeye ve standart yüklemeye hızı koşullarında, blok örneklerinin yük etkisi altında kırılma süresi diğer yüklemeye hızlarındaki sürelerle oldukça yüksektir (Tablo 4). Diğer bir deyişle, zamana bağlı kırılma yüküne daha uzun bir sürede ulaşmaktadır. Bu sürenin yüksekliği, blok elemanının daha uzun bir zaman periyodunda yüke maruz kalmasına ve blok matrisinde yük etkisiyle yorulmaya uğramasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, blok elemanının uzun süre yük altında kalması matris yapıda bağ kuvvetini oluşturan bileşenlerin yorulmayla zayıflamasına ve kohezyon değerinin düşmesine ve blok elemanının taşıma kapasitesine doğrudan etkileyen içsel gerilme değerinin düşmesine neden olmaktadır. Burum da blok örneğinin daha düşük basınç dayanım değerine sahip olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan, hızlı yüklemeye kademelerinden  $0,05 \text{ MPa/sn}$ 'lik hız yüklemeye hızında en yüksek dayanım değerlerine göre B5-B9 blokları için sırasıyla %18,76, %21,35, %22,66, %20,16 ve %13,21 oranında azalmıştır. Benzer eğilim,  $0,06 \text{ MPa/sn}$ 'lik hız yüklemeye hızında en yüksek dayanım değerlerine göre B5-B9 blokları için sırasıyla %34,53, %33,72, %42,23, %38,17 ve %37,61 oranında düşmüştür.

Boşluklu geometrik tasarımlara sahip blok örneklerinde özellikle yüksek yüklemeye hızı kademelerinde görülen basınç dayanım düşüşleri, eşdeğer özelliklerdeki harç kombinasyonlarıyla dolu blok formunda üretilmiş kâgir blok örneklerinin yüklemeye hızı değişimlerinde gözlenmemiştir. Çalışma kapsamında  $100 \text{ mm} - 250 \text{ mm}$  ana genişlik değerine sahip dolu formda imal edilmiş B10-B13 kodlu örneklerin üç ayrı (yavaş, standart ve hızlı) yüklemeye koşullarında elde edilen basınç dayanım değerlerinin boşluklu formdaki blok örneklerden farklı karakteristik oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 7).



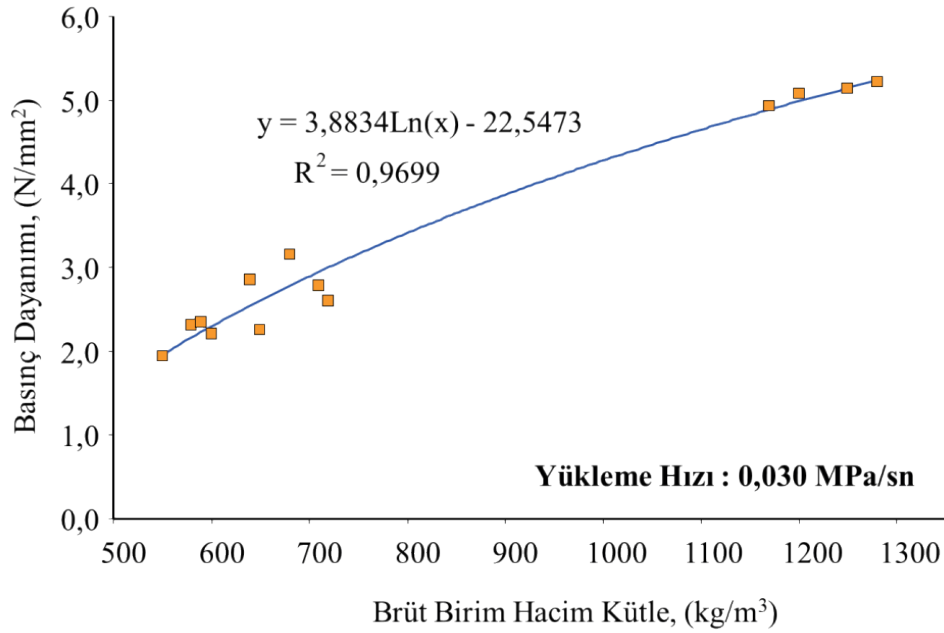
Şekil 7: B10 – B13 blok örneklerinin yüklemeye hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi.

Şekil 7 incelendiğinde görüldüğü üzere, dolu formda geometrik tasarımlara sahip blok örneklerinde tüm kademelerde yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da artış eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen nihai basınç dayanımı değerleri sayısal verileri bağlamında en yüksek değerlerin 0,060 MPa/sn hızlı yükleme değerinde elde edilmiştir. B10 – B13 blok örnekleri için en yüksek basınç dayanım değerleri olarak sırasıyla 5,24 N/mm<sup>2</sup>, 5,42 N/mm<sup>2</sup>, 5,66 N/mm<sup>2</sup> ve 5,77 N/mm<sup>2</sup>'dir. Blok tasarımının dolu formda olması, bloğu oluşturan sertleşmiş harç biriminin daha rijit bir yapıda hafif beton etkisi göstermektedir. Yükleme hızı artışlarına karşın yük taşıma kapasitesinin de belirgin sayılabilecek bir artış eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak, blok elemanı için kabul edilebilecek basınç dayanım değerinin belirlenmesinde blok elemanın yük etkisi altında yenilme zamanı ve yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri önem kazanmaktadır. TS EN 772-1 standardında (TSE, 2015b) kâgir blok elemanların basınç dayanımının belirlenmesinde test sırasında blok örneği en yüksek yükün yaklaşık yarısına ulaşıncaya, yükleme hızı, en yüksek yük değerine yaklaşık olarak bir dakikadan az olmayan sürede ulaşılacak şekilde yük uygulanması koşulu öngörülmüştür. Bu bağlamda, B10 – B13 blok örneklerinin bu çalışma kapsamında elde edilen basınç dayanım analizlerinde 0,05 MPa/sn ve 0,06 MPa/sn'lik yükleme hızlarında yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen sürelerin 60 saniyenin (1 dakikanın) oldukça altında kaldığı görülmüştür (Tablo 4). Bu nedenle, her ne kadar bu yükleme hızlarında basınç dayanım değerleri daha yüksek olarak görülse de, standardın bu koşulu dikkate alınarak, dolu formda kâgir blok örneklerinin basınç dayanımının belirlenmesinde 0,05 MPa/sn ve 0,06 MPa/sn'lik yükleme hızlarındaki bulgular değerlendirilmemiştir. Tablo 4'te tüm blok örnekleri için elde edilen yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri TS EN 772-1 standardında öngörülen koşul açısından irdelendiğinde, çalışma kapsamında boşluklu ve dolu forma sahip tüm blok elemanlar için en uygun yükleme hızı değerinin 0,03 MPa/sn olduğu öngörülebilmektedir. Bu bağlamda, kâgir blok üretimi yapan üreticilerin ve/veya blok örneklerinin taşıma kapasiteleri üzerine inceleme yapan araştırmacıların bu yükleme hızı değerine ve test sürecinde yenilme zamanı değerlerine dikkat edilmesi gerekliliği çok önem kazanmaktadır. Buna uyulmadığı durumlarda, aynı blok elemanları için farklı dayanım değerleri elde edilebilir ki, bu da kâgir blok elemanın kullanım yeri ve uygulandığı projelerde teknik hesaplamalarda farklılıkları oluşturabilir. Bu değerlendirme ve yaklaşıma göre B1-B13 kodlu tüm blok örneklerinin 0,03 MPa/sn yükleme hızındaki basınç dayanım değerleri, bu çalışma kapsamında blok örneklerinin kabul edilen basınç dayanım değeri olarak nitelendirilmiştir. Pomza agregalı hafif betondan mamul farklı tasarımlara sahip blok elemanların basınç dayanımını karakterize etmek amacıyla, 0,03 MPa/sn yükleme hızındaki basınç dayanım değerleri ile blok tasarımındaki hacimsel doluluk oranı, brüt birim hacim kütle değeri ve net birim hacim kütle değerleri arasındaki ilişkiler grafiksel olarak irdelenmiştir (Şekil 8-Şekil 10).

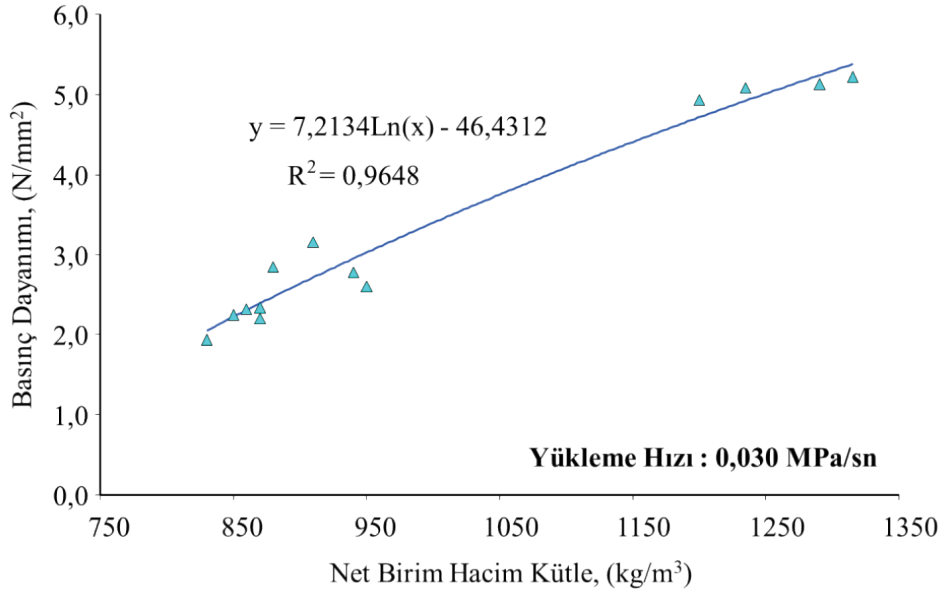


**Şekil 8:** Hafif agregalı kâgir blok elemanların hacimsel doluluk oranı – basınç dayanımı ilişkisi.

Kâgir blok elemanın geometrik biçimi ve tasarım özelliklerine göre hacimsel doluluk oranı arttıkça, blok elemanın basınç dayanım değeri de artmaktadır (Şekil 8). Özellikle dolu formda veya dolu forma yakın tasarım parametreleri içeren blok elemanların eşdeğer hafif agregalı bir harçla üretildiklerinde basınç dayanım değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel bir yaklaşım olarak bir blok elemanın hacimsel doluluk oranı %85 ve üzerinde ise bu blok tasarımlarının dolu form karakteristiği oluşturduğu kabulü yapılabilir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre blok tasarımında hacimsel doluluk oranının %70'ten %80'e artması, 0,03 MPa/sn yükleme hızında basınç dayanımında yaklaşık %32'lik bir artış öngörülebilir. Bu da blok geometrik tasarımın önemini vurgulamaktadır.



**Şekil 9:** Hafif agregalı kâgir blok elemanların brüt birim hacim kütle – basınç dayanımı ilişkisi.



**Şekil 10:** Hafif agregalı kâgir blok elemanların net birim hacim kütle – basınç dayanımı ilişkisi.

Kâgir blok elemanın üretiminde kullanılan harç karışımının yoğunluğu, blok ürünün birçok özelliğine doğrudan etken olduğu gibi, dayanım değerini de önemli ölçüde etkileyen bir parametredir. Kâgir blok elemanların yoğunluk tanımında genellikle iki farklı teknik değer önem kazanmaktadır: Bunlar; kâgir bloğun tasarımındaki tüm geometrik boşluklarda dahil *brüt birim hacim kütle değeri* ( $\text{kg/m}^3$ ) ve kâgir bloğun tasarımındaki tüm geometrik boşluklar çıkarıldıktan sonraki sertleşmiş ve kalıba yerleşmiş harç birimini temsil eden *net birim hacim kütle değeri* ( $\text{kg/m}^3$ )'dir. Şekil 9 irdelendiğinde görüldüğü üzere, blok elemanın brüt birim hacim kütle arttıkça, blok elemanın basınç dayanım değeri de logaritmik bir eğilimle artmaktadır. Benzer olgu, blok elemanın net birim hacim kütle değer artışı için de geçerlidir (Şekil 10). Diğer bir deyişle, blok elemanı üretiminde kullanılan harcın yoğunluğu arttıkça, ürün normunda blok elemanın dayanımı da artmaktadır. Yüksek basınç dayanımı sağlaması arzu edilen proje uygulamalarında birim ağırlığı yüksek blok elemanlarını tercih etmek daha anlamlı olmaktadır. Blok elemanların 0,03 MPa/sn yükleme hızında ölçülmüş basınç dayanım değerlerindeki artış, aynı zamanda bloğun taşıma kapasitesi ve taşıyıcılık özelliğinin arttığını göstermektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip 13 ayrı blok elemanın farklı yükleme hızları altında basınç dayanım değerleri üzerine karşılaştırmalı analizlerin bulguları tartışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre;

- Özellikle boşluklu bloklarda, standart yükleme hız değerine kadar yükleme hızının artması ile dayanım artışı belirgin bir şekilde gelişme göstermiş olup, hızlı yükleme kategorisinde ilk kademe yükleme hızına (0,030 MPa/sn) kadar dayanım artışı gelişerek maksimum değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Hızlı yüklemenin diğer iki kademesinde ise yükleme hızı arttıkça, belirgin bir şekilde basınç dayanım değerinin düştüğü, diğer bir deyişle blok örneklerinin daha düşük değerlerde kırıldığı görülmüştür. Dolu formdaki bloklar incelendiğinde ise yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.

- Tüm blok örnekleri için elde edilen kırılma yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri TS EN 772-1 standardında öngörülen koşul açısından irdelendiğinde, çalışma kapsamında boşluklu ve dolu forma sahip tüm blok elemanlar için en uygun yüklenme hızı değerinin 0,03 MPa/sn olduğu öngörülebilmektedir.
- Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre blok tasarımında hacimsel doluluk oranının %70'den %80'e artması, 0,03 MPa/sn yüklenme hızında basınç dayanımında yaklaşık %32'lik bir artış öngörülebilmektedir.

Pomza agregası kullanılarak üretilen kâgir blok üretimi yapan üreticilerin ve/veya blok örneklerinin taşıma kapasiteleri üzerine inceleme yapan araştırmacıların kâgir birimin geometrisine ve doluluk oranına göre nasıl bir yüklenme hızı yaklaşımı kullanabileceği bu çalışma ile önerilebilmektedir. Buna uyulmadığı durumlarda, aynı blok elemanları için farklı dayanım değerleri elde edilebilir ki, bu da kâgir blok elemanın kullanım yeri ve uygulandığı projelerde teknik hesaplamalarda farklılıkları oluşturabilir.

## 5. KAYNAKÇA

- Al-Tarbi, S. M., Al-Amoudi, O. S. B., Al-Osta, M. A., Al-Awsh, W. A., Ali, M. R., ve Maslehuddin, M. (2022). Development of eco-friendly hollow concrete blocks in the field using wasted high-density polyethylene, low-density polyethylene, and crumb tire rubber. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 1915–1932. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.10.027>
- Altun, F., Kişi, Ö., ve Aydın, K. (2008). Predicting the compressive strength of steel fiber added lightweight concrete using neural network. *Computational Materials Science*, 42(2), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.commat.2007.07.011>
- Erdoğan, T. Y. (2016). Beton. ODTÜ Yayıncılık.
- Felekoğlu, B., ve Türkel, S. (2004). Yüklenme Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 65–75.
- Gündüz, L. (2005). İnşaat Sektöründe Bimsblok. Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta.
- Lima, P. R. L., Leite, M. B., ve Santiago, E. Q. R. (2010). Recycled lightweight concrete made from footwear industry waste and CDW. *Waste Management*, 30(6), 1107–1113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.007>
- Liu, N., ve Chen, B. (2014). Experimental study of the influence of EPS particle size on the mechanical properties of EPS lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 68, 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.062>
- Sim, J.-I., Yang, K.-H., Kim, H.-Y., & Choi, B.-J. (2013). Size and shape effects on compressive strength of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 38, 854–864. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.073>
- TSE, (2007). TS EN 1354 - Gözenekli hafif beton - Basınç dayanımının tayini.
- TSE, (2015a). TS EN 771-3+A1, Specification for masonry units - Part 3: Aggregate concrete masonry units (Dense and lightweight aggregates).
- TSE, (2015b). TS EN 772-1+A1 - Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini.

Zhou, Q., Wang, F., Zhu, F., & Yang, X. (2017). Stress–strain model for hollow concrete block masonry under uniaxial compression. *Materials and Structures*, 50, 1–12. <https://doi.org/10.1617/s11527-016-0975-5>





## YÜKSEK TEKNOLOJİ ŞİRKETLERİ İÇİN AR-GE'NİN ÖNEMİ: DUDULLU ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

### THE IMPORTANCE OF R&D FOR HIGH TECHNOLOGY COMPANIES: THE EXAMPLE OF DUDULLU ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE

DOI: 10.20854/bujse.1439323

Dilan AYDIN UZUN<sup>1</sup>, Tarık BAYKARA<sup>2,\*</sup>

#### Öz

Günümüzde, teknolojinin hızlı gelişimi, internetin yaygınlaşması ve yapay zekanın temellerinin atılmasıyla, yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketler için Ar-Ge çalışmaları yapmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle küresel piyasalarda rekabet edebilmek ve konumlarını sağlamlaştırmak isteyen her şirket, sürekli yenilik ve gelişim odaklı bir strateji benimsemelidir. Bu çalışma, Türkiye'nin önemli bir bölgesi olan Dudullu Organize Sanayi Bölgesi'ndeki başarılı yüksek teknoloji şirketlerinin Ar-Ge alanına verdikleri önemi incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, ilk olarak Ar-Ge'nin tanımı yapılmış, ardından yüksek teknoloji şirketlerinin genel kabul görmüş prensipleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Ar-Ge çalışmalarının yenilik üretmek isteyen yüksek teknoloji şirketleri için vazgeçilmez bir unsur olduğu doğrulanmıştır. Günümüz koşullarında, teknoloji ve yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren bir firmanın güçlü olabilmesi ve bu gücünü sürdürebilmesi için ürün, süreç ve hizmetlerinde sürekli yenilik yapması; bu nedenle Ar-Ge çalışmaları için gereken tüm maddi ve manevi kaynaklara önem vermesi ve özen göstermesi gerekmektedir.

#### Abstract

Nowadays, with the rapid development of technology, the spread of the internet and the laying of the foundations of artificial intelligence, conducting R&D studies has become inevitable for companies operating in the field of high technology. Every company that wants to compete and strengthen its position, especially in global markets, should adopt a strategy focused on continuous innovation and development. This study was conducted to examine the importance that successful high-technology companies in the Dudullu Organized Industrial Zone, an important region of Turkey, attach to the R&D field. In the study, R&D was first defined and then the generally accepted principles of high technology companies were examined. As a result of the study, it has been confirmed that R&D studies are an indispensable element for high technology companies that want to produce innovation. In today's conditions, in order for a company operating in the field of technology and high technology to be strong and maintain this power, it must constantly innovate its products, processes and services; For this reason, it is necessary to attach importance and care to all material and moral resources required for R&D studies.

**Anahtar Kelime:** Yüksek Teknoloji, Araştırma Ve Geliştirme, Yenilik, Organize Sanayi Bölgesi

**Keywords:** High technology, research and development, innovation, organized industrial zone

<sup>1</sup> Doğu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, dilanaydintr@gmail.com, orcid.org/0009-0009-8132-3015

<sup>2,\*</sup> Doğu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, tbaykara@dogus.edu.tr, orcid.org/0000-0002-7480-9537



## 1. GİRİŞ

Dünyanın bir yüzyıl öncesine kıyasla, çok daha farklı bir hale evrildiği günümüzde, teknoloji artık hayatımızın her alanına nüfuz etmiştir. Sıradan bireylerin dahi günlük yaşantısında çeşitli teknolojileri yoğun bir şekilde kullandıklarını göz önünde bulundurursak, bu teknolojileri ürün, hizmet veya süreç olarak sunan şirketlerin de kendilerini sürekli bir değişim ve gelişim döngüsüne dahil etmeleri gerekliliği açıkça ortadadır. Teknoloji artık ulusal sınırları aşmış; özellikle ulaşım, iletişim, bilişim vb. alanlardaki gelişmelerle dünyanın küresel bir yapı haline gelmesine öncülük etmiştir.

Bunun bir sonucu olarak küreselleşen Dünya ile birlikte, şirketlerin rakipleri artık ülke içerisindeki ulusal şirketler olma sınırını aşmış, küresel düzeyde benzer sektörlerde faaliyet gösteren diğer tüm şirketler birbirinin rakipleri haline gelmiştir. Küresel pazarda artan rekabet, sürekli gelişen teknoloji ile beraber müşterilerin ürün ve hizmet algısı da değişmiştir. Özellikle internetin hızlı yükselişi ve hayatlarımızda meydana getirdiği hızlı değişim, yeni nesil müşterilerin teknolojik ürünler ve hizmetlere erişimini kolaylaştırmaktadır. Müşteriler daha fazla ve farklı ürün yelpazesine, tek bir tıkla ulaşabilir hale gelmişlerdir. Bu nedenle, şirketler için müşterilerin istek ve talepleri her zamankinden daha kritik bir hal almıştır. Buna artı olarak, müşterilerin yeni teknolojik ürünleri hızla tüketmesi, teknoloji sektöründe hızlı yenilik ve değişim baskısını arttırmaktadır (Huang ve Kim, 2011).

Geçmişte şirketlerin rakiplerine karşı gücünü ve pazardaki yerini belirleyen sermaye-emek-stok gibi fiziksel ve maddi güçlerin yerini artık bilimsel bilgi ve teknolojik gelişmişlik gücü almıştır (Reyhanoğlu, 2006). Küresel pazarda rakiplerinden daha güçlü bir pozisyon elde etmek isteyen şirketlerin, inovasyona önem vermeli ve üretim, tasarım, pazarlama, dağıtım, satış sonrası destek, hizmet vb. her alanda sürekli yenilikçi bir bakış açısına sahip olmalıdır. Elde ettikleri veya geliştirdikleri bilimsel bilgi ve teknolojileri organizasyonun tüm süreçlerine ustalıkla uygulayabilmesi gerekmektedir. İnovasyona önem veren ve inovasyonu süreçlerinde ustalıkla uygulayabilen yenilikçi şirketler zamanla toplum nezdinde öne çıkacak, rakipleri arasından sıyrılarak iyi bir marka imajı çizeceklerdir.

Yenilikçi bir şirket olmanın en önemli unsuru ise araştırma ve geliştirmedir (Stam ve Wennberg, 2009). Endüstri açısından Ar-Ge, yeni ürün, hizmet ve süreç ortaya koyabilmek amacıyla gerçekleştirilen sistematik ve yaratıcı çalışmaların tamamını kapsar (Türker ve diğerleri, 2007). Elde bulundurulmuş bilimsel bilgi ve teknolojilerin bir araya getirilerek, bu bilgi ve teknolojilerden yola çıkarak gerçekleştirilen yaratıcı çalışmalar neticesinde ortaya tamamen yeni ürün, hizmet, süreçlerin çıkarılması veya mevcut olanların geliştirilerek ilerletilmesi Ar-Ge çalışmaları sayesinde mümkündür (Seçilmiş ve Ünal, 2013). Özellikle yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketlerin, piyasadaki yerlerini sağlamlaştırma ve kar elde edebilmeleri; yeni ürün, hizmet ve süreç ortaya koyma yeteneklerine bağlıdır. Bu yeni ürün, hizmet ve süreçlerin; kalite, fonksiyon, maliyet açısından rakiplerine göre fark yaratması ve müşteriler tarafından tercih sebebi olması gerekmektedir. Bu noktada, inovasyonun ve dolaylı olarak Ar-Ge'nin yüksek teknoloji şirketleri için vazgeçilemez bir unsur olduğu anlaşılmaktadır.

Global anlamda yenilikçi yüksek teknoloji şirketlerinin artması, yalnızca bu şirketlere fayda sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda faaliyetlerini sürdürdükleri ve vergilerini ödedikleri ülkelere de sosyal ve ekonomik katkı sağlamaktadır. Yüksek teknoloji alanında yükselerek kar elde eden şirketlerin sağladığı katkılar, ülkeler açısından göz ardı edilemez (Ariç ve diğerleri, 2007). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, Gayri Safi Milli Hasılası (GSMH) yüksek olan

ülkelerin, aynı oranda AR-GE alanındaki yatırımlarının da yüksek olması tesadüf değildir (Reyhanoğlu, 2006).

Ar-Ge çalışmaları genel anlamda maliyetli ve uzun süre alan çalışmalardır. Sonucunda ortaya konmak istenen ürün, hizmet veya sürecin başarılı olmama ihtimali de yüksektir. Bu nedenle genellikle üniversite veya kamu kuruluşları gibi devlet destekli kurumlar tarafından gerçekleştirilirler. Ancak son yıllarda devlet tarafından sağlanan Ar-Ge teşvik ve muafiyetleri neticesinde pek çok şirket, özellikle yüksek teknoloji üretimi yapan şirketler başta olma üzere, Ar-Ge çalışmalarına önem vermeye ve güçlü yatırımlar yapmaya başlamıştır (Reyhanoğlu, 2006).

Bu araştırma, Dudullu Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan ve hem ulusal hem de küresel ölçekte önemli faaliyetler yürüten yüksek teknoloji şirketlerinin yenilikçilik kapsamında araştırma ve geliştirme faaliyetlerine ne derece önem verdiklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, bu şirketlerin Ar-Ge faaliyetlerini literatürde kabul görmüş standartlarla karşılaştırıldığında ne ölçüde uygulayabildikleri ve bu uygulamaların başarılı sayılıp sayılamayacağı da araştırmanın amacı dahilinde değerlendirilmiştir.

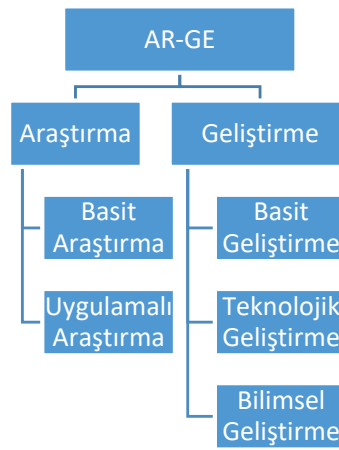
## 2. ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME (AR-GE)

Ar-Ge'nin geniş anlamda tanımı; mevcut bilimsel bilgi veya teknolojik bilgiyi arttırmak amacıyla sistematik bir temele dayalı olarak gösterilen yaratıcı çaba ve elde edilen bu bilgi birikiminin yeni uygulamalarda kullanılmasıdır. Endüstriyel açıdan Ar-Ge, daha önce de belirtildiği gibi yeni bir ürün, süreç veya hizmet ortaya koyabilmek için gösterilen yaratıcı çaba ve çalışmaların tümünü ifade eder. Ar-Ge çalışmaları hem mikro düzeyde, yani şirketin organizasyonel süreçleri içerisinde, hem de makro düzeyde, yani ulusal ve küresel çapta gerçekleştirilen çalışmalar olarak değerlendirilebilir (Seçilmiş ve Ünal, 2013). Araştırma, insanları doğrudan veya dolaylı yoldan rahatsız eden konuların neden olduğu mevcut problemleri çözmek, bilinmeyen bir konuyu açığa çıkarmak veya bilinen bir konunun üzerine yeni bilgiler elde edip eklemek için gerçekleştirilen sistematik çalışmalardır. Organizasyonel açıdan araştırma, şirket içerisinde bulunan tasarım, üretim, pazarlama, insan yönetimi vb. birimlerde yenilik, gelişim ve verimlilik meydana getirmek için yeni ürün, bilimsel ve teknolojik bilgi ortaya koymak amacıyla yapılan sistematik çalışmaları kapsar. Şekil 1' de görüldüğü üzere araştırma türleri, temel araştırma ve uygulamalı araştırma olarak ikiye ayrılır (TÜRMOB, 2022). "Temel Araştırma", maddi kazanç elde etme veya toplumsal alana katkı beklentisi olmadan, sadece bilimsel ve teknolojik alana katkı sağlamak amacıyla gerçekleştirilen teorik ve deneysel çalışmalara denir. Daha çok üniversite veya kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilir. "Uygulamalı Araştırma", temel araştırmalardan elde edilen teorik ve deneysel bilgilerden faydalanarak, bu bilgilerin uygulanması ışığında yeni bilgi veya teknolojiler ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Genellikle şirketler tarafından gerçekleştirilen bu araştırmaların sonucunda maddi kazanç elde edilmesi beklenir (Tezcan, 2018).

Ar-Ge kavramındaki "Geliştirme", şu şekilde tanımlanabilir: Temel ve uygulamalı araştırmalar sonucunda elde edilen yeni bilgi ve teknolojilerin kullanılarak insanların hayatlarını kolaylaştıracak veya daha verimli hale getirecek yeni ürün, süreç, hizmetlerin ortaya konması için gerçekleştirilen mühendislik çalışmalarının tamamıdır.

Araştırma çalışmaları daha çok üniversite, kamu kuruluşları veya şirketler tarafından fonlanan kar amacı gütmeyen araştırma kuruluşları gibi yerlerde gerçekleştirilirken, geliştirme çalışmaları çoğunlukla özel sektörde faaliyet gösteren organizasyonlar tarafından gerçekleştirilir. Çünkü bu geliştirme çalışmalarının sonucunda ortaya yeni bir ürün, süreç,

hizmetin konulma ihtimali çok yüksektir. Bu da şirketlerin pazara sunacağı bu yeniliklerden, kar elde edebileceği anlamına gelmektedir. Geliştirme türleri üç başlık altında değerlendirilir. Bunlardan ilki olan “Basit Geliştirme”, mesleki anlamda becerikli, dikkatli ve yenilikçi bir akla sahip olan çalışanlar tarafından üretilen ürün, süreç veya hizmetlerde gerçekleştirilen ufak yenilik ve iyileştirmelerdir. Bu çalışmaların kendisi küçük olsa da, şirkete sağlayacakları katkı büyük olabilir. “Teknolojik Geliştirme”, daha fazla tecrübe ve bilgi gerektiren geliştirmelerdir. Teknoloji içerdiği için daha karmaşık olan geliştirmelerdir. Uzun sürebilir ve yüksek maliyetli olabilir. Ayrıca bu geliştirmenin sonucunda, başarıya ulaşma ihtimali daha risklidir. “Bilimsel Geliştirme”, yüksek bilimsel bilgi ve tecrübe gerektiren çalışanlardır. Üzerinde çalışan kişinin alanında uzman olması gerekir, ayrıca bu geliştirme de yoğun yaratıcılık ve hayal gücüne sahip olması önemlidir. Bu geliştirmeler daha çok şirketlerin bünyesinde bulunan AR-GE merkezileri tarafından veya akademik olarak ilgili alanda uzman olan çalışanlar tarafından gerçekleştirilir (Tezcan, 2018).



Şekil 1: Ar-Ge türleri

## 2.1. Ulusların Ar-Ge Başarısını Gösteren Etmenler

Ulusların Ar-Ge alanında ne kadar ileri olduğunu değerlendirmek için OECD tarafından her yıl belirli kriterler incelenmektedir. Bu kriterlerdeki başarı, ülkenin Ar-Ge alanındaki başarısını ve dolayısıyla ekonomik gücünü yansıtmaktadır (Seçilmiş ve Ünal, 2013).

- Ar-Ge yatırım oranı: Bir ülkenin gayri safi milli hasılasından Ar-Ge için ayrılan yüzde oranını ifade eder. Bu oranın yüksekliği, ülkenin rekabetçi piyasada ne kadar üst sıralarda olduğunu gösterir. Gelişmiş ülkelerde bu oran %2 - %3 arasındadır (Seçilmiş ve Ünal, 2013). Yüksek teknoloji şirketleri özelinde ise bu oran en az yıllık cironun %8'i olarak değerlendirilmektedir.
- Ar-Ge yatırımlarının finansal kaynakları: Ar-Ge'ye yapılan yatırımların kaynaklarını analiz eder. Gelişmiş ülkelerde, Ar-Ge harcamalarının üçte ikisi özel sektör tarafından, üçte biri ise devlet kurum ve kuruluşları tarafından yapılmaktadır. Özel sektörün gelişmişliği, ülkenin küresel rekabet gücünü artırır. Bu nedenle, özel sektörün Ar-Ge yatırımlarının teşvik edilmesi ve artırılması ülkeler için kritiktir.
- Araştırmacı sayısı: Gelişmiş bir ülke ve ekonominin bir diğer önemli göstergesi, araştırma yapacak uzman sayısının fazlalığıdır. Bilimsel ve teknik açıdan kendini geliştirmiş uzman sayısının fazla olması, Ar-Ge çalışmalarının daha verimli olmasını sağlar. Ar-Ge'nin temel kaynağı insan olduğundan, kalifiye personel sayısının fazlalığı organizasyonel çalışmaların verimliliğini artırır ve ülkenin bilimsel kalkınmasının devamlılığı açısından kritiktir.
- Patent başvuru sayısı: Ar-Ge çalışmalarının verimliliğini ve yenilik üretme kapasitesini ölçmenin en doğru yollarından biri patent başvurularıdır. Patent sayısı, bir ülkede Ar-Ge

kavramının doğru anlaşılıp uygulandığını ve ülkenin inovasyon anlayışını yansıtır. Bu nedenle, patent başvuru sayısı Ar-Ge başarısının önemli bir göstergesidir.

e) Bilimsel yayın sayısı: Bilim insanlarının performansını değerlendirmek için bilimsel yayınlara bakılır. Ar-Ge çalışmalarının sonuçlarının bilimsel dergilerde yayımlanması ve bu yayınların atıf sayıları, Ar-Ge başarısının önemli göstergelerindedir. Ekonomik olarak güçlü ülkelerde bilimsel yayın sayısının yüksekliği, bilim insanlarının performans ve yetkinliklerinin yüksek olduğunu ve dolayısıyla Ar-Ge çalışmalarının kalitesini ortaya koyar.

f) Yüksek teknoloji ihracatı: Bir ülkenin yüksek teknoloji ihracatı yapabilmesi, gelişmişlik düzeyiyle doğrudan bağlantılıdır. Yüksek teknoloji ihraç eden bir ülke, bilimsel ve teknolojik anlamda ileri düzeydedir ve bu durum Ar-Ge alanındaki başarısını gösterir (Seçilmiş ve Ünal, 2013).

### 3. YÜKSEK TEKNOLOJİ ŞİRKETLERİ

Yüksek teknoloji şirketlerinin literatürde kabul görmüş bazı temel nitelikleri vardır ve bu nitelikler dikkate alındığında, yüksek teknoloji şirketleri ile geleneksel şirketler arasında birçok açıdan farklılıklar ortaya çıkar. Geleneksel şirketlerin ana hedefi genellikle kâr payını artırmaktır ve sektörde etkin rekabet stratejileri bulunmamaktadır. Bu şirketler, rakiplerine göre üstünlüklerini daha fazla sermaye veya yatırımlara sahip olarak elde ederler. Buna karşın, yüksek teknoloji şirketleri, küresel pazarda rekabet ederek rakiplerine üstünlük sağlamayı amaçlayan rekabetçi şirketlerdir. Bu üstünlüğü, bilimsel ve teknolojik alanlarda yaptıkları çalışmalara önem vererek, bu alanlara yüksek oranda yatırım yaparak, Ar-Ge faaliyetlerine ve fikri mülkiyet haklarına yoğunlaşarak gerçekleştirirler.

Kısaca bir yüksek teknoloji şirketinin sahip olması beklenen ve literatürde mevcut olan temel nitelikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yenilik, yaratıcılık anlayışının yüksek olması,
- Ar-Ge etkinliklerine yapılan yatırımın fazlalığı ve bu alana verilen önem (yapılan yıllık cironun %8 'i veya daha fazlası),
- Yenilikçi teknolojilerin hızla benimsenip, yayılması,
- Üretilen teknolojik ürünlerin hızlı eskimesi ve yerine yenilerinin üretilmesi,
- Teknoloji alanına (makine, ekipman vb.) yapılan yatırımların her zaman kontrol edilmesi ve mevcut en yeni teknolojilerin kullanılması,
- Yapılan yatırımların riskli olması ve bu yatırımlarda hızlı devalüasyon,
- Bünyesinde çoğunlukla bilimsel ve teknik alanda uzman kişileri bulundurması ve bu kişilerin bağımsız, otonom çalışabilmesi,
- Bilimsel ve teknolojik bilginin edinilmesine ve paylaşılmasına verilen yüksek önem,
- Ulusal, Uluslararası alanda kurum, kuruluş ve üniversitelerle; bilimsel araştırma ve geliştirme üzerine yapılan sıkı işbirliği,
- Fikri mülkiyet kapsamında patent, faydalı model alınmasına ve sayısına verilen önem,
- Organizasyonel yapıda esnekliğin sağlanması,
- Global pazarlardaki rekabetin içinde yer alma amacı (Zakrzewska-Bielawska, 2013).

Yukarıdaki temel niteliklerden de anlaşılacağı üzere yüksek teknoloji şirketlerinde, organizasyonel anlamda en önem verilen konu yenilikçiliktir ve bunu sağlamak için düzenli olarak yeni bilgi ve teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yeni bilgi ve teknolojileri geliştirebilmenin en etkin yolu da Ar-Ge çalışmalarına önem vermektir. Ayrıca açıkça

anlaşılacağı üzere başarılı Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirilmesinde insan faktörü kiritik bir öneme sahiptir. Ar-Ge çalışmalarından istenen sonuçların, istenen verimde alınabilmesinde en önemli etken, bilimsel ve teknik anlamda yetkin uzmanlarla çalışmaktır. Esasen Ar-Ge'nin kaynağı insandır (Seçilmiş ve Ünal, 2013).

#### 4. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, İstanbul Dudullu Organize Sanayi Bölgesi (İDOSB) olarak bilinen ve Türkiye'nin en önemli endüstri bölgelerinden biri olan bir alanda gerçekleştirilmiştir. İDOSB, Fabrikalar Bölgesi ile İMES, DES ve Kadosan gibi büyük sanayi sitelerini içerisinde barındırmaktadır. Bu bölgede 110 fabrika ve 3 kooperatif olmak üzere toplamda yaklaşık 3000 sanayi firması faaliyet göstermektedir (İDOSB, 2023). Çalışmamızda, İDOSB'de bulunan ve Türkiye'nin önde gelen orta-büyük ölçekli 130 firmasının arasından özenle seçilmiş olan firmalara odaklanılmıştır. Çalışmamız, yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren en başarılı 8 firma seçilerek, bu firmalarda çalışan mühendis, yönetici ve üst düzey yönetici pozisyonundaki kişilerle birebir görüşme yapılarak, gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde kontrollü konuşma tekniği kullanılmış, ilgili kişilere önceden hazırlanmış mülakat soruları yöneltilmiş, ardından cevapları dokümente edilmiştir (Torrington ve Hall, 1995). Görüştüğümüz şirketlerin bir kısmı Ar-Ge başta olmak üzere tüm faaliyetlerini, İDOSB'nin yönetici şirketi olan Dudullu OSB Boğaziçi Üniversitesi Teknoparkı (BÜDOTEK) bünyesinde sürdürmektedir (BUDOTEK, 2023). Teknoparklar, Ar-Ge çalışmaları öncülüğünde bilimsel ve ileri teknoloji ürün, hizmet ve süreçlerinin geliştirilmesi ile kurumlar arasında bilim ve teknoloji aktarımını kolaylaştırarak, ulusal bağlamda bir katma değer sağlanması amacıyla üniversite, kamu ve özel sektör kuruluşlarının bir araya gelmesi ile oluşturulan organizasyonlardır (Özdemir, 2018).

Ayrıca çalışmaya dahil olan 4 yüksek teknoloji şirketinin kendi bünyesinde Ar-Ge merkezleri bulunmaktadır. Ar-Ge merkezleri şirketler tarafından yenilikçi çalışmalar gerçekleştirmek amacıyla yurt içinde kurulmuş olan, diğer birimlerden ayrı örgütlenmiş, Ar-Ge faaliyetlerini sürdürmek amacıyla yeterli bilgi birikimi, teknoloji ve personel yeteneğine sahip birimlerdir (Dağdeviren ve Mete, 2017). Çalışmamıza katılan yüksek teknoloji firmalarının faaliyet gösterdikleri alanlar elektronik, otonom araç sistemi, otomasyon, nanoteknoloji, ileri malzeme, uydu ve telekom alanlarıdır (KOSGEB, 2023).

Aşağıda çalışmamızda görüşülen ilgili 8 yüksek teknoloji şirketi ve bu şirketlerin bünyesinde görüşme yaptığımız kişilerden kısaca bahsedilmiştir;

1. Sintermetal firmasından Proje Mühendisi Meltem Kocavaiz ile görüşülmüştür. Sintermetal, 1976 yılından beri faaliyet gösteren köklü bir firma olup, sinterleme teknolojisi kullanarak kompleks makine yedek parçalarının üretimi yapmaktadır (Sintermetal, 2023). Şirket içi üretim ve kalite süreçlerinde ful otomasyona yönelik hem yurt içi, hem de yurt dışında çok çeşitli çalışmalar gerçekleştirmektedir.

2. Assan Elektronik firmasından Ar-Ge Merkezi Müdürü Murat Pehlivan ile görüşülmüştür. Assan elektronik, ağırlıklı olarak savunma sanayii alanında faaliyet göstermekte olup, bunların yanında havacılık, otomotiv, telekom, endüstriyel enerji ve medikal alanlarında da çalışmalarını sürdürmektedir. Ağırlıklı olarak elektronik kart üretimi yapmaktadır. Ayrıca şirket bünyesinde kendilerine ait bir Ar-Ge merkezi bulunmaktadır (Assan Elektronik, 2023).

3. Entes Elektronik firmasından Pazarlama ve Marka Müdürü Semih Karaca ile görüşülmüştür. Entes Elektronik, 1980 yılında kurulmuş ve enerji sektöründe önemli bir yere sahip olmuştur. Enerji verimliliği ve kalitesi alanında Türkiye'deki müşterilerine çözümler sunarak öne çıkan

şirket, ülkemizde ilk web tabanlı enerji izleme yazılımını geliştiren firma olmuştur. Ayrıca şirket bünyesinde kendilerine ait bir Ar-Ge merkezi bulunmaktadır (Entes Elektronik, 2023)

4. Quantag Nanoteknolojiler Geliştirme ve Üretim şirketinde, Genel Müdür Ceyhan Güner ile görüşme gerçekleştirilmiştir. 2014 yılında Koç Holding ve Öztürk Grubu'nun ortak girişimiyle Opet Petrol bünyesinde kurulan şirket, geliştirdiği kuantum etiketleme teknolojisi (QTT) ile müşteri ürünlerine benzersiz kuantum noktaları yerleştirerek bu ürünlerin kimliklendirilmesini ve doğrulanmasını sağlar. Dünyada ilk kez Quantag tarafından geliştirilen bu teknoloji, sektörde bir yenilik olarak öne çıkmaktadır (Quantag, 2023).

5. Adastec firmasında, şirketin kurucu ortaklarından olan Pazarlamadan Sorumlu Genel Müdür (CMO) Atalay Taşkoparan ile görüşülmüştür. Adastec firması, Ar-Ge ve test çalışmalarını BÜDOTEK bünyesinde yürütmektedir ve dünyanın ilk 4. Seviye otonom elektrikli otobüs yazılımını geliştirmiştir. KARSAN firmasıyla iş birliği içinde gerçekleştirilen çalışmaların ardından, yazılım canlı trafikte başarılı bir sürüş sergilemiş ve dünyanın ilk otonom elektrikli otobüsü olarak öne çıkması bakımından büyük önem arz etmektedir. Firma çalışmalarını hem yurt içinde, hem de yurt dışında farklı ülkelerle yaptığı işbirlikleri neticesinde devam ettirmektedir (BUDOTEK, 2023).

6. Asis Otomasyon firmasından Ar-Ge Merkezi Müdürü Savaş Barış ile görüşülmüştür. Şirket 1990 yılında IT ve yazılım alanında faaliyete geçmiştir. 2000'lerin ardından daha çok akaryakıt sistemlerine yönelik otomasyonlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bünyesinde bir Ar-Ge merkezi bulunduran şirket bunun dışında otomasyon, yazılım ve donanım alanları üzerine müşterilerine farklı çözüm hizmetleri de sunmaktadır. Şirket yapay zeka, robotik, nesnelerin interneti gibi pek çok yüksek teknoloji alanında da çalışmalar gerçekleştirmektedir (Asis Otomasyon, 2023).

7. Mertech Elektronik firmasında, Teknolojiden Sorumlu Genel Müdür (CTO) Süleyman Yalçinkaya ile görüşülmüştür. Mertech Elektronik 25 yıldan fazla süredir sektördeki çalışmalarını sürdürmektedir. Otomotiv, denizcilik ve endüstriyel elektronik alanlarında kontrol sistemleri, iletişim, gömülü sistemler, güç elektroniği ve endüstriyel otomasyon çözümleri üzerine faaliyet göstermektedir. Bünyesinde bir AR-GE merkezi bulunan firma, pek çok büyük kuruluşla hizmet sunmaktadır (Mertech, 2023).

8. Satelcom şirketinde, Firmanın Kurucusu Murat Demir ile görüşme sağlanmıştır. 2014 yılında kurulan Satelcom haberleşme, hücresel mobil şebeke, uydu iletişimi ve telemetre teknolojileri alanlarında faaliyet göstermektedir. Bu alanlarda distribütörlük, üretim, entegrasyon ve teknik destek sağlamak gibi hizmetler sunmaktadır (Satelcom, 2023).

Aşağıda, çalışmaya katılan ilgili yüksek teknoloji şirketlerini temsilen görüşülen katılımcılardan bazıları, ilave olarak Ar-Ge konusuna dair kendi şirketleri açısından nasıl bir yaklaşımları olduğunu, temel olarak Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirirken nasıl bir yol izlediklerini aktarmışlardır. Farklı şirketlerde gerçekleştirilen araştırma-geliştirme çalışmaları için farklı tekniklerin izlenmesine ilişkin bir örnek teşkil etmesi açısından önemlidir.

- “Önümüzdeki 3 yıl için kısa vadeli Ar-Ge stratejilerimiz, teknoloji geliştirmek ve gelişen teknolojiyi sahada uygulamak üzere faaliyetlerin tamamını Ar-Ge Merkezi bünyesinden planlamak, elde edilen fikri ve sınai hakları koruyarak her türlü bilgiyi kurumsal hafızamızda saklamak. Üniversiteler, araştırma merkezleri ve sanayi ile ortak çalışmalar neticesinde projeler üretmek, üretilen projeleri ortak olarak yürütüp, sonlandırılan

projelerin inovasyona dönüşüm döngüsünü tamamlamak. Ar-Ge personelimizin bilgi ve birikimini arttırmaya yönelik her türlü eğitim, seminer ve sempozyum katılımlarını arttırmak ve katılıma teşvik etmek suretiyle kalifiye eleman sayımızı arttırmak, Ar-Ge Merkezi çalışanlarının yüksek lisans ve doktora eğitimleri almasını teşvik etmek.”

- “Evet, burada dizayn ettiğimiz bütün ürünlerin patentleri alınmakta. Şu anda Akredite bir Ar-Ge kuruluşu olmamızdan kaynaklı devamlı geliştirdiğimiz ürünlerin patentlerini sistematik olarak alıyoruz.”
- “Ürün geliştirme sürecinde çeşitli geliştirme paketlerimizi, özellikle Ar-Ge paketlerimizi Türkiye'de TÜBİTAK'a bir Ar-Ge dosyası olarak sunup, TÜBİTAK teşvikleriyle bazı Ar-Ge'lerimizi yapıyoruz. Keza şu anda da aynı şekilde bazı yaptığımız Ar-Ge faaliyetlerini, Boğaziçi Üniversitesi Teknoparkı bünyesinde bir Ar-Ge faaliyeti olarak sunup, kabul edildiğinde, buradan gerekli teşvikleri ve destekleri alıyoruz.”
- “Örneğin hibe alınan bir Türk projesi olabilir, savunma sanayi ile alakalı bir proje olabilir. Herhangi bir Ar-Ge projesi kapsamında, biz üniversite sanayi işbirliği adı altında (bunlar SANTEZ diye de geçiyor) üniversiteden bir yüksek lisans öğrencisi veya doktora öğrencisi olabilir, bu öğrenciyle, projesinin deneylerinin burada yapılmasına ve buradaki imkanların kullanılmasına olanak sağlayarak birlikte çalışmayı yürütüyoruz. Onun dışında şöyle bir süreç var; bizim kendi içimizde başka firmalarla yaptığımız çalışmalar var. Bizde kendi kapsamımızda olmayan deneyleri yapabilmek için mesela İstanbul Teknik Üniversitesinden destek alıyoruz. Bu da bir Ar-Ge işbirliği kapsamında değerlendirilebilir.”
- “Burada herkes bu şirketin bir atölye, okul olduğunun farkındadır. O yüzden ne kaparsa şansına. Bunun dışında Ar-Ge ekibimiz toplandığı zaman, bütün çalışanlarımız bir araya geldiğinde, bir beyin fırtınası çalışması yapıyoruz. Orada fikirlerimizi herkese sunuyoruz. Bu da belli periyotlarda yapılıyor. Senede iki defa diyebilirim. Onun dışında toplantı olmak zorunda değil ama kişi eğer ki bir konuda daha iyi bir geliştirme olduğunu düşünüyorsa bunu açıkça paylaşabilir, bunu böyle yapalım diye kademeli olarak bildirilerek gider.”
- “Her yıl Ar-Ge ekibimizin katılımıyla üniversitelerle, otomotiv ve savunma çalıştayını yaparak fikir alış-verişinde bulunuyoruz. Bu şekilde yeni fikirler oluşturmalarına destek sağlamaya çalışıyoruz.”

Bu çalışmada, yüksek teknoloji şirketlerinde Ar-Ge'nin önemine yönelik kullanılmış olan indikatörler şunlardır;

- Ar-Ge Yoğunluk,
- Tasarım Yoğunluk,
- Ar-Ge Yatırımı,
- Tasarım Yatırımı,
- Teknoloji Yatırımı.

Yukarıda belirtilen indikatörler ışığında katılımcılara Ar-Ge alanını kapsayan 5 adet yapılandırılmış mülakat sorusu yöneltilmiştir (Torrington ve Hall, 1995). Cevaplar kayıt altına

alınmış, ardından transkripte edilmiştir. Mülakatta yönlendirilen Ar-Ge alanını kapsayan sorular şu şekildedir;

1. Ar-Ge ekibiniz kaç kişiden oluşmaktadır?
2. Tasarım ekibiniz kaç kişiden oluşmaktadır?
3. Ar-Ge alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?
4. Tasarım alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?
5. Teknolojik yatırım alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?

Tablo 1'de görüldüğü üzere ilgili indikatörler, araştırma sürecinde gözlemlenen önem derecesine göre (1-3) katsayılarına uygun olarak atanmıştır. Firmalara yöneltilen sorular, ilgili indikatörlerin yanlarında belirtilmiştir. Firmaların her bir indikatöre verdiği yanıtlar, 0-10 arasında skorlanmış olup bu skorlar, ilgili indikatörün katsayısıyla çarpılarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1:** Yüksek teknoloji şirketlerinde Ar-Ge'nin önemine yönelik kullanılacak olan indikatör skor tablosu.

Konular	Indikatörler(l)	Katsayı(k)	Soru	(Min Skor - Max Skor)
Ar-Ge	Ar-Ge Yoğunluk	3	Ar-Ge ekibiniz kaç kişiden oluşmaktadır?	(0-10)
Ar-Ge	Tasarım Yoğunluk	3	Tasarım ekibiniz kaç kişiden oluşmaktadır?	(0-10)
Ar-Ge	Tasarım Yatırımı	3	Tasarım alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?	(0-10)
Ar-Ge	Ar-Ge Yatırımı	3	Ar-Ge alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?	(0-10)
Ar-Ge	Teknolojik Yatırım	3	Teknolojik yatırım alanına ayırdığınız bütçe yıllık cironuzun % kaçdır?	(0-10)

Beş indikatör için ölçülen 8 adet yüksek teknoloji firmasının her birinden alınan puanlar toplanmış ve sonrasında bu toplam 8'e bölünerek, her bir indikatöre ait ortalama skor elde edilmiştir. Sonuçlar, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Denklem (1)):

**Denklem (1)**

$$I_{1,Toplam} = ([Skor_{I1,firma1} * k1] + [Skor_{I1,firma2} * k1] + \dots + [Skor_{I1,firma8} * k1])$$



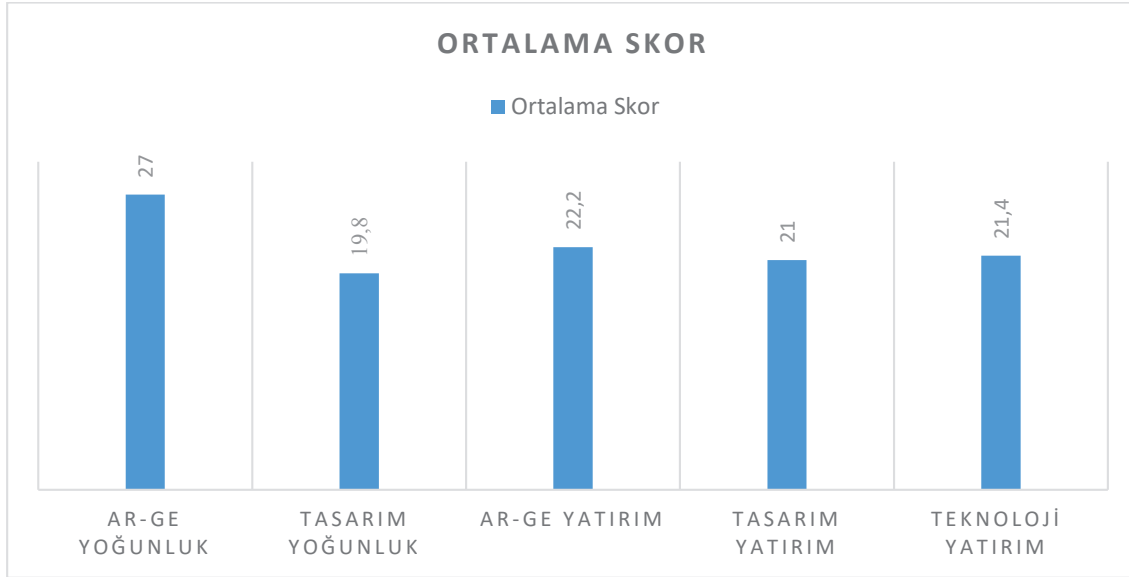
$$I_{1,ort} = \frac{I_{1,Toplam}}{8}$$

Tüm İndikatörlerin alabileceği maksimum skor 30 olarak hesaplanmıştır (Friana vd., 2022).

## 5. TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar sonrasında indikatörlerin aldığı ortalama skorlar Tablo 2.'de belirtilmiştir.

**Tablo 2:** İndikatörlerin aldığı ortalama skor tablosu.



Görüldüğü üzere indikatörlerden en yüksek skoru 27 puanla, Ar-Ge yoğunluk almıştır. Buna göre yapılan mülakatlar sonucunda en düşük Ar-Ge personeli sayısı 9, en yüksek Ar-Ge personeli sayısı ise 60 olarak belirlenmiştir. İki şirket hariç diğer tüm şirketler, 5746 sayılı kanun kapsamında belirtilen ve “Ar-Ge Merkezi” olma özelliği gösteren şirketlerden beklenen değer olan 15’e eşit veya üzerinde Ar-Ge personeline sahiptir (TÜRMOB, 2022). Bu durum bize, yüksek teknoloji şirketlerinin Ar-Ge’ye önem verdiklerini ve sırf bu alana yönelik yüksek personel istihdamı sağladıklarını göstermektedir. Ar-Ge’nin kaynağı insandır. Bu sebeple çoğu şirketin yaptığı en büyük Ar-Ge yatırımlarından birinin, alanında uzman olan insanları işe alarak, onlarla çalışmalar yürütmek olduğu gözlemlenebilir.

İkinci en yüksek skoru alan indikatör ise 22,2 skor ile Ar-Ge yatırım indikatörüdür. Yapılan mülakatlar sonucunda belirtilen en düşük yatırım yüzdesi, yüzde %2 olmuş olup; şirketin büyüklüğü, kendi Ar-Ge merkezinin olması ve alanında yurtiçi ve yurtdışında yaptıkları başarılı işler göz önünde bulundurulduğunda, gerçek değerinden daha yüksek olması beklenmektedir. Şirketlerin Ar-Ge alanına ayırdığı bütçenin, yıllık cirolarının yüzde kaçına eşit olduğuna ilişkin soruya verdikleri cevaplardan bazıları şunlardır:

- “Aslında bütün fiyatlamanın %50’den fazlası Ar-Ge mühendislerinin gideri olduğuna göre 50% diyebiliriz.”
- “Son 5 yılın ortalamasına bakarsak %13,5’dir.”
- “% 10-15 arasındadır.”

- “% 8 diyebilirim.”
- “Şu anda karımızın %100’ünü Ar-Ge’ ye harcıyoruz. Çünkü biz bir Ar-Ge şirketiyiz.”
- “Bugünden bir sene sonraya bile mesela kadromuzu 50% daha büyütüp bunların tamamının da Ar-Ge ‘ de olacağı bir plan yapıyoruz. Belli ilkemiz önümüzdeki iki sene, üç sene boyunca Ar-Ge giderlerimizi %50 olacak şekilde arttırmak.”

Görüldüğü üzere %2 değerinden sonra belirtilen en düşük yüzde değeri %8 olup, bu değer yüksek teknoloji şirketlerinden beklenen değere eşit olup, diğer tüm firmalar bu değer in üstünde yüzdeler belirtmiştir. Elde edilen yüzdeler bize göstermektedir ki, yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren firmalar için Ar-Ge alanına gerekli olan yatırımı, belirtilen seviyede veya üzerinde yapmak, sektördeki rekabet gücü açısından elzemdir. Organize sanayi bölgesinde, diğer şirketlerle aynı fiziksel ortamda varlıklarını devam ettiren ve global pazarda ilerlemek isteyen ilgili firmalar da bu rekabetin farkında olup, yatırımlarını gerekli düzeyde yapmaya çalışmaktadırlar.

Üçüncü en yüksek skor 21,4 puan alan teknoloji yatırım indikatörü olmuştur. Global pazarda kendilerine yer edinmek veya mevcutta sahip oldukları bu yerleri kaybetmek istemeyen ilgili yüksek teknoloji şirketlerinin, tüm dünyada rakiplerine nazaran en yeni ve tercih edilen ürünü ortaya koyabilmeleri için, o ürünü geliştirip üreteceği üretim ortamının da en yüksek teknolojilere sahip olması gerektiği ortadadır. Bu noktada şirketlere teknoloji alanına yaptıkları yıllık yatırımları değerlendiren mülakat sorusu iletildiğinde, üç şirket hariç, diğer tüm şirketler mevcuttaki en yeni teknolojileri araştırıp, bulup, kullandıklarını iletmişlerdir. Diğer şirketler de en iyiye yakın teknolojiler kullandıklarını, maddi imkansızlıklar nedeniyle daha iyisine henüz ulaşamadıklarını belirtmişlerdir. Yalnızca bir şirket bu alandaki yatırım yüzdesini %2 olarak değerlendirmiş olup, iki şirket bu konuda net cevap verememişlerdir. Diğer şirketler ise beklenen %2-3’lük değer in çok üstünde %10-%30 arasında bütçeler ayırdıklarını iletmişlerdir. Buradan da anlaşılacağı üzere maddi imkanları el veren yüksek teknoloji şirketlerinin hepsi mevcuttaki en yüksek teknolojiyi kullanmayı bir gereklilik olarak görmektedir.

Dördüncü sırada 21 skor puanıyla tasarım yatırım indikatör yer almaktadır. Bu konuda şirketlerin 4’ü tasarıma yapılan yatırımın Ar-Ge yüzdesinin içerisinde olduğu için farklı bir yüzde vermemişlerdir. Kalan diğer şirketler ise bu %8 ile %15 arasında bir değerlendirme de bulunarak, yine benzer bir yol izlemişlerdir. Buradan anlaşılan tasarım alanının, çoğu firmada Ar-Ge ile iç içe ilerlediği ve yapılan bütçe hesaplamalarında birbirinden ayrı alanlar olarak değerlendirilmediğidir.

Beşinci ve son indikatör olan tasarım yoğunluk 19,8 skorla en düşük puanı almıştır. Tasarım ekibinde çalışan kişi sayısına odaklanan bu indikatörde en düşük kişi sayısı 2, en yüksek kişi sayısı ise 9 olmakla beraber, ortalama olarak çalışan kişi sayısı 4 civarındadır. 3 şirket bu saydıkları tasarım personellerinin Ar-Ge ekibinin içinde istihdam edilen ve görevleri tasarım da yapmak olan kişiler olduğunu belirtmişler, diğer şirketlerde ise ayrı bir tasarım ekibi olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuç bizlere tasarım tarafına, Ar-Ge ekibi kadar öncelik verilmediğini veya AR-GE ve tasarımın birlikte ilerleyen bir süreç olarak değerlendirildiği için beraber düşünüldüğünü göstermektedir.

## 6. SONUÇ

Global çapta büyük paylara sahip olan ve insanlar arasında adı yaygın olarak bilinen yüksek teknoloji şirketlerine baktığımızda, ürünlerini sürekli geliştirdiklerini ve yenilediklerini, ayrıca geniş bir ürün yelpazesine sahip olduklarını görürüz. Bu şirketler piyasaları yönlendirdikleri

için en gelişmiş bilimsel ve teknolojik bilgiye erişmeleri daha kolaydır. Bu bilgileri kendi ürün, süreç ve hizmetlerinde yenilik yaratmak açısından uygulayabilmeleri için ise Ar-Ge çalışmaları yapmaları zorunludur. Dolayısıyla, ilgili şirketlerin Ar-Ge alanına büyük yatırımlar yaptıklarını ve global anlamda en yetkin personelleri işe almaya çalıştıklarını söylemek yanlış olmaz.

Bu çalışmada da, Türkiye'nin en önemli sanayi bölgelerinden biri olan Dudullu Organize Sanayi Bölgesinde faaliyetlerini göstermekte olan ve amaçları global piyasalarda yüksek konumlara ulaşmak olan 8 başarılı yüksek teknoloji şirketi, yenilikçi üretim bağlamında yaptıkları Ar-Ge çalışmaları açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bu şirketlerin neredeyse tamamının, Ar-Ge'nin yenilik üretimi açısından ne kadar önemli olduğunun farkında olduklarını ve bu anlamda alınması gereken aksiyonları almaya çalıştıklarını göstermiştir. Özellikle Ar-Ge personeli sayısı, Ar-Ge alanına yapılan yıllık yatırım ile başarılı bir Ar-Ge için gerekli olan teknolojik teçhizat için yapılan yatırımların çoğunluğu, ilgili literatürde kabul görmüş olan standart değerlerin üstünde çıkmış olup yüksek skorlar almıştır. Bu bağlamda ilgili yüksek teknoloji şirketlerinin yenilikçilik kapsamında Ar-Ge çalışmaları bakımından başarılı bir performans gösterdikleri değerlendirilebilir.

Burada, şirketlerin Dudullu Organize Sanayi Bölgesinde bulunmalarının pek çok açıdan faydaları olduğu söylenebilir. Şirketlerin bir kısmı organize sanayi bölgesinin teknopark şirketi olan BÜDOTEK çatısı altında bulunan, kendilerini bir Ar-Ge şirketi olarak tanımlayan firmalardır. Geri kalanlar ise yine organize sanayi bölgesinde yer alan, bünyelerinde kendi Ar-Ge merkezlerini bulunduran şirketlerdir. Bu bölge yüksek teknoloji şirketleri açısından giderek gelişen ve geliştikçe başka yüksek teknoloji firmalarını da kendine çeken önemli bir rekabet ve cazibe bölgesi haline gelmektedir. Şirketler birbirleri ile fiziksel olarak bir arada bulunmanın sağladığı motivasyon ile yoğun Ar-Ge çalışmaları yürütmekte ve çalışmaların gerektirdiği noktalarda bölgede bulunan farklı üniversite, kamu kurumu veya özel kuruluşlarla iş birliği içerisine girebilmektedir.

Ek olarak tasarım sürecinin çoğu yüksek teknoloji firması için Ar-Ge ile iç içe olduğu gözlemlenmiş, tasarım personelleri ayrı ekipler olarak istihdam edilse bile, şirketlerin çoğu tasarım bütçesini Ar-Ge bütçesiyle bir değerlendirmektedir.

Tüm sonuçlar göstermektedir ki Ar-Ge çalışmaları yenilik üretmek isteyen yüksek teknoloji şirketleri için vazgeçilemez bir unsurdur. Günümüz koşullarında teknoloji ve yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren bir firmanın güçlü olabilmesi ve güçlü kalabilmesi için ürün, süreç ve hizmetlerinde sürekli yenilik yapması, bu nedenle Ar-Ge çalışmaları için gereken tüm maddi ve manevi kaynaklara gerekli önemi vermesi ve özeni göstermesi zorunludur.

## 7. KAYNAKÇA

Ariç, H., Kocabay, M. ve Tutar, F. (2007). Firmaların yenilik (inovasyon) yaratma sürecinde serbest bölgelerin rolü: Kayseri Serbest Bölgesi örneği. *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F.Dergisi Yerel Ekonomiler Özel Sayısı*, 195 -203.

Assan Elektronik (2023). Tarihçe. Erişim Adresi: <https://www.assanelektronik.com.tr/tarihce.php> .

Asis Otomasyon (2023). Hakkımızda. Erişim Adresi: <https://www.asis.com.tr/hakkimizda.html> .

- Aytekin, M. ve Yıldız. B. (2019). Ar-Ge ve teknoloji yatırım oranlarının inovasyon performansı ile ilişkisi. *İğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18, 461- 480.
- Bielawska-Zakrzewska, A. (2010). High technology company–concept, nature, characteristics. *Recent Advances in Management, Marketing, Finances*, 1, 93-98.
- Budotek (2023). Budotek Teknopark. Erişim Adresi: <https://budotek.com.tr/budotek-teknopark/>
- Dağdeviren, M. ve Mete, M. (2017). Ar-Ge merkezleri için bilgi yönetimi modellemesi ve bilgi yönetiminin ar-ge performansı ile ilişkisi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 75-108. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik/issue/28664/306345>.
- Entes Elektronik (2023). Hakkımızda. Erişim Adresi: <https://www.entes.com.tr/hakkimizda/>
- Firiana, N., Kusharsanto, Z., Maningar, N., Maulidya, D. ve Suhandaja, S. (2022) The role of social infrastructure in ICT adoption programme: A perspective from the Indonesian regional innovation system. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 1- 22, 2350038, <https://doi.org/10.1142/S0219877023500384>
- Güzel, S.(2009). Ar-Ge harcamaları ve vergi teşvikleri: Belirli ülkeler karşısında Türkiye'nin durumu. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(2), 29-48.
- Hall, L. ve Torrington, D. (1995). *Personnel management: HRM in action* (3rd Ed.). Londra: Prentice Hall.
- Huang, K. ve Kim, S. (2011). Winning strategies for innovation and high-technology products management. *Journal of Business Research*, 64, 1147-1150.
- İstanbul Organize Sanayi Bölgesi. (2023) Hakkımızda. Erişim adresi: <https://www.idosb.org.tr/>
- KOSGEB. (2023) İşbirliği - güçbirliği destek programı orta-yüksek ve yüksek teknoloji alanları tablosu. Erişim adresi: [https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/IsBirligiGucBirligi/TAB.06.00.01\(0\)-Orta-Y%C3%BCksek%20ve%20Y%C3%BCksek%20Teknoloji%20Alanlar%C4%B1%20Tablosu-Copy1.pdf](https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/IsBirligiGucBirligi/TAB.06.00.01(0)-Orta-Y%C3%BCksek%20ve%20Y%C3%BCksek%20Teknoloji%20Alanlar%C4%B1%20Tablosu-Copy1.pdf) .
- Mertech Elektronik (2023). Hakkımızda. Erişim Adresi: <https://mertech.com.tr/hakkimizda/> .
- Mesleki Sorumluluklar ile Sorunları İzleme ve Araştırma Kurulu (2022). Ar-Ge teşvikleri. *TÜRMOB*. Erişim adresi: <https://www.alomaliye.com/wp-content/uploads/2022/08/2022-arge-tesvikleri.pdf> .
- Özdemir, Y. (2018). Teknoparklar üzerine bir değerlendirme: ODTÜ teknokent firmalarının etkinlik analizi. *İletişim ve Bilişim Teknolojileri Özel Sayı*, 9(35), 133-158.
- Öztürk, N. (2004) Yetkinlik bazlı mülakat. (Yüksek Lisans Tezi).Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.Erişim adresi: <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/handle/1/6957> .
- Reyhanoğlu, M. (2006). AR-GE işbirliklerinde güven: Ankara'daki teknoparklarda faaliyet gösteren işletmelerde bir araştırma. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Erişim adresi: <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/28077> .
- Quantag Nanoteknolojiler Geliştirme ve Üretim. (2023) About company. Erişim Adresi: <https://quantag.com/about-company/>.

- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023) Ar-Ge ve tasarım merkezleri. Erişim adresi: <https://agtm.sanayi.gov.tr/Agm/ArgeDetay>.
- Satelcom. (2023) Hakkımızda. Erişim Adresi: <http://satelcom.com.tr/corporate/about-us/>.
- Seçilmiş, N. Ve Ünal, T. (2013). Ar-Ge göstergeleri açısından Türkiye ve gelişmiş ülkelerle kıyaslaması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1(1) , 12-25.
- Sintermetal. (2023) Sinter - Metal şirket profili. Erişim Adresi: <https://www.sinter-metal.com/>
- Stam, E. ve Wennberg, K. (2009) The roles of R&D in new firm growth. *Small Business Economics*, 33(1), 77-89.
- Tezcan, E. (2018). AR-GE ve inovasyonda Türkiye. *Mühendis ve Makine Güncel*, 37-53.
- Türker, N., Şahin, E. ve Zerenler, M. (2007) Küresel teknoloji, araştırma – geliştirme (ar-ge) ve yenilik ilişkisi. *The Journal of Selçuk University Social Sciences Institute*, 17, 653- 667.
- Zakrzewska-Bielawska, A. (2013). High Technology Company – Concept, Nature, Characteristics. In January 2013, Conference: Recent Advances in Management, Marketing and Finances at: Cambridge, MA, USA. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:29343243>



## SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STOK YÖNETİMİ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AND SUSTAINABLE INVENTORY MANAGEMENT: LITERATURE REVIEW

DOI: 10.20854/bujse.1480043 Ayça Deniz<sup>1</sup>, Yavuz Özdemir<sup>2,\*</sup>, Mustafa Yıldırım<sup>3</sup>, Mehmet Alp AYTEKİN<sup>4</sup>

#### Öz

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin (TZY) son dönemlerde sürdürülebilirliğin üç boyutuyla (ekonomik, çevresel ve sosyal) birleşimi, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin (STZY) doğuşuna sebep olmuştur. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, çevresel zararı minimuma indirirken işletmelerdeki sosyal refahı ve Tedarik Zinciri (TZ) kârlılığını maksimize etmek için zincirin tüm elemanlarının; operasyonlarının, kaynaklarının, bilgilerinin ve fonlarının yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir Stok Yönetimi (SSY) ise, STZY'nin önemli bir etkeni olup deponun fiziki koşullarından ürünlerin teslimat sürecine kadar minimum çevresel etki ve maliyetle devamlı olarak yürütülmesidir. Bu çalışma; sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilir stok yönetimi ve sürdürülebilirliğin tedarik zincirlerine etkileri üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca çalışma, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilir stok yönetiminin sürdürülebilirliğin üç boyutuyla (çevresel, sosyal, ekonomik) entegrasyonundan ve literatürde bu konudaki eksikliklerden bahsederek sürdürülebilirlik alanında çalışmalar yapmak isteyen araştırmacılara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

#### Abstract

Recently, the combination of supply chain management (SCM) with the three dimensions of sustainability (economic, environmental and social) has led to the birth of sustainable supply chain management (SSCM). Sustainable supply chain management is defined as the management of all elements of the chain; operations, resources, information and funds in order to maximize social welfare and supply chain profitability in enterprises while minimizing environmental damage. Sustainable stock management (SSM), on the other hand, is an important factor of SSCM and is carried out continuously with minimal environmental impact and cost from the physical conditions of the warehouse to the delivery process of the products. This study focuses on sustainable supply chain management, sustainable inventory management and the effects of sustainability on supply chains. In addition, the study aims to guide researchers who want to conduct studies in the field of sustainability by mentioning the integration of sustainable supply chain management and sustainable inventory management with the three dimensions of sustainability (environmental, social, economic) and the shortcomings in this regard in the literature.

**Anahtar Kelime:** Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürdürülebilir Stok Yönetimi, Sürdürülebilirliğin Üç Boyutu.

**Keywords:** Sustainable Supply Chain Management, Sustainable Inventory Management, Three Dimensions of Sustainability.

<sup>1</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, aycazeniz20@hotmail.com, orcid.org/0009-0008-3289-7488

<sup>2,\*</sup> Sorumlu Yazar: İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yavuz.ozdemir@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-6821-9867

<sup>3</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mustafa.yildirim@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-5709-4421

<sup>4</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mehmet.aytekin@iuc.edu.tr, orcid.org/0000-0003-3074-8290

## 1.GİRİŞ

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), “hammadde temini yapan, onları ara mamul ve bitmiş ürüne çeviren ve bitmiş ürünleri müşterilere dağıtan, dağıtıcıların üretici ve oluşturduğu bir ağ”, şeklinde tanımlanmaktadır (Lee ve Billington 1992). İşletmelerin rekabet gücünü önemli ölçüde etkileyen bu kavram; artan küreselleşme, nüfus artışı, hızla artan tüketim ve ürün ve hizmet çeşitliliğinde meydana gelen büyük artışlar gibi nedenlerle birlikte özellikle son yıllarda işletmelerin hatta devletlerin gündeminde daha sık yer almaya başlamıştır (Gültekin ve Deste 2021).

Uluslararası ticaretin artması ve uluslararası şirketlerin faaliyet alanlarının genişlemesi, birçok ülkenin bütçelerini geride bırakmasıyla birlikte, Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) hem şirketler hem de ülkeler için giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Aynı zamanda, sürdürülebilirlik endişeleri, tedarik zinciri yönetiminde gittikçe artan bir tartışma konusu hâline gelmiştir. Bu endişeler; hızla artan üretim ve tüketim, küresel karbondioksit emisyonlarının yükselmesi, su kaynaklarını ve toprağı kirleten endüstriyel atıkların yanı sıra tehlikeli kimyasalların artan kullanımı gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, dünya genelinde işletmeler, sosyal ve ekonomik zorlukların yanı sıra çevresel sorunlarla da karşı karşıyadır. Bu nedenle, tedarik zinciri yönetimi kavramı, sürdürülebilirlik perspektifinden ele alınarak yakın zamanda daha fazla tartışılmaktadır. (Gültekin ve Deste 2021). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi (STZY), temel iş uygulamalarıyla (lojistik, pazarlama, tedarik); sürdürülebilirliğin üç temel (ekonomik, sosyal, çevresel) boyutunu bir araya getirmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Brandenburg ve ark. 2014).

STZY, müşteri ve paydaş gereksinimlerinden kaynaklanan sürdürülebilir kalkınmanın her üç (ekonomik, çevresel, sosyal) boyutunun da hedeflerini göz önünde bulundururken; tedarik zinciri boyunca işletmeler arasında malzeme, bilgi ve sermaye akışlarının yönetimi ve iş birliğinin sağlanmasıdır. Sürdürülebilir tedarik zincirlerinde, tedarik zinciri içinde kalabilmek için tüm zincir üyelerinin çevresel ve sosyal kriterlere uyması, müşteri ihtiyaçlarını ve ilgili ekonomik kriterleri karşılayarak rekabetçiliği sürdürmesi beklenmektedir (Seuring ve Muller 2008). Bu aşamada zincirin gücü, paydaşların ortak çıktısı olacağından zincir içerisindeki ortakların seçiminde doğru kararları almaları STZY açısından hayati önem arz etmektedir (Seçkin 2019).

Müşteri-tedarikçi-pazar ilişkilerini ve üretim süreçlerini iyileştirmek isteyen firmalar, sürdürülebilir tedarik zincirleri oluşturmak istemektedirler. STZ için, tüm zincir paydaşlarının sürdürülebilir hareket etmesi bir gereksinim hâlinde dir. Bazı işletmeler, bu amaç doğrultusunda sürdürülebilirliğin üç boyutuna (ekonomik, çevresel, sosyal) veya bunlardan birkaçına odaklanarak STZ oluşturmayı amaçlamaktadırlar. Bu doğrultuda, son yıllarda STZ başlığı altında bir de “Sürdürülebilir Stok Yönetimi”, “Sürdürülebilir Endüstri 4.0” gibi yeni başlıklar doğmaya başlamıştır. Sürdürülebilir Stok Yönetimi ise, kendi içinde oldukça geniş bir kapsama sahip olmakla beraber, sürdürülebilirliğe geçmek isteyen işletmeler için oldukça önemli bir hâle gelmiştir. Bu aşamada, işletmenin hangi doğrultuda sürdürülebilir olmak istediğı, pazar şartları, üretimi yapılan ürün ağaçlarının özel kısıtları, var olan tedarik zincirinin sürdürülebilirliğe uygunluğu, üretim sektörü gibi faktörler detaylı incelenmelidir. Bu çalışmada; literatüre katkı sağlamak amacıyla, sürdürülebilirliğin tedarik zincirleri üzerindeki sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri üzerinde durulmuştur. Ayrıca; SSY hakkında çalışma yapacak olan işletmelere ve araştırmacılara yol göstermesi amacıyla, literatürde yeni bir başlık olan SSY

hakkında sürdürülebilirliğin üç boyutunun entegrasyonu da incelenmiştir. Bu konulardaki araştırma eğiliminin günümüzde ne tarafa yöneldiğini görmek amacıyla literatür özet tablosu oluşturulmuştur. Tablo oluşturulurken literatürdeki STZY ve SSY konularında yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir. Sürdürülebilir tedarik zincirlerinde; stratejik kararlar alınırken, işletmenin sürdürülebilirliğin hangi boyutuna odaklandığı oldukça önemlidir. STZY ve SSY konularında yapılan çalışmaların sürdürülebilirliğin üç boyutunu (ekonomik, çevresel, sosyal) araştırmalarına göre literatürdeki makale sayıları grafik olarak gösterilmiş, SSY araştırmalarının literatürde henüz yeni olduğuna ve bu konudaki araştırmalarda literatürde eksiklik bulunduğu değerlendirilmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde STZY ve SSY konuları hakkında bilgi verilmiş ve literatür, her iki konuyla alakalı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yine bu bölümde yapılan değerlendirmede, STZY ve SSY konularının sürdürülebilirliğin üç boyutunu incelemelerine göre dağılımı tablo ve grafikler hâlinde gösterilmiştir. 3. bölümde, araştırma sonucunda tablo ve grafiklerden elde edilen verilerden yola çıkılarak bulgular detayına yer verilmiştir. 4. bölümde ise sonuçlar verilerek çalışma sonlandırılmıştır.

## 6. MATERYAL VE METOT

### 6.1. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi; müşteri tatminini hedefleyen, ürünün optimum miktarlarda üretilmesini, zamanında doğru yere ulaşmasını, depoların etkin şekilde kullanılmasını sağlamak için yapılan eylemlerin bir bütünüdür. Bir başka deyişle TZY; bir ürünün hammadde hâlinde son müşteriye ulaştırılması aşamasına kadarki her aşamada yer alan, hammadde ve malzemelerin kaynağının yönetilmesi, üretimin planlanması, stokların yönetilmesi gibi işlemlerinin kontrolünün sağlandığı bir sistemdir. Bu esnada, çevresel zararı en aza indirmek, aynı zamanda ekonomik ve sosyal faydaları gözetmek, STZY kavramının ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir.

Sürdürülebilir kalkınma, işletme stratejilerini ve faaliyetlerini etkileyen çevresel, sosyal, ekonomik olmak üzere üç boyuttan oluşmaktadır. STZY, sürdürülebilir kalkınma ile tedarik zinciri yönetiminin entegrasyonunu ifade etmektedir. Vachon & Mao, çalışmalarında tedarik zincirlerinin, sürdürülebilir kalkınmanın her üç boyutuyla da pozitif bağlantılı olduğunu söylemişlerdir. Sürdürülebilir bir tedarik zincirinde, zincirin tüm paydaşlarının çevresel etkileri göz önüne alınması gereklidir.

Altuntaş ve Türker (2012), STZY'nin, yeni iş operasyonlarındaki alanı oldukça genişletilmiş tedarik zincirlerinin sonucunda, bu alanda popülerliğini arttırdığını ve bu kavramın genellikle sürdürülebilirliğin bileşenlerinin değerlendirilerek tanımlanacağını söylemişlerdir. Taticchi ve ark. (2013); STZY'yi çevresel etkileri en aza indiren ve toplumsal refahı en üst düzeye çıkaran, aynı zamanda kârlılığı da maksimum seviyeye çıkarmak için tedarik zinciri operasyonlarının, kaynaklarının, bilgilerinin ve araçlarının yönetimidir şeklinde tanımlamışlardır.

Sürdürülebilir tedarik zincirlerinde, işletmelerin zincirin bir bileşeni olarak devam edebilmesi için tüm paydaşların müşteri isteklerine ve ihtiyaçlarına uygun olarak ekonomik, çevresel ve sosyal kriterlere uyum sağlaması beklenmektedir. İşletmeler, dâhili operasyonlarından ve tedarikçilerinin operasyonlarından kaynaklanan çevresel, sosyal ve ekonomik sonuçlardan giderek daha fazla sorumlu tutulmaktadır (Koberg ve Longoni 2019).



İşletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri başlığına adım atmalarının nedenleri arasında; yasalara ve düzenlemelere uyum sağlamak, sürdürülebilir iş uygulamaları için uluslararası ilkelere uymak ve desteklemek bulunmaktadır.

Pagell ve Wu (2009), STZY uygulayacak şirketler için öneriler sunmuşlardır. Bulgular, STZ oluşturmak için bir yenilik yeteneğinin ve olumlu bir sürdürülebilirlik yönetimi yöneliminin gerekli olduğunu söylemişlerdir. Yönetim yöneliminin, sosyal ve çevresel sorumluluğunun organizasyon genelinde paylaşılmasını, sürdürülebilirliğin günlük konuşmanın bir parçası haline getirilmesini gerektiğini söylemişlerdir. STZ yöneticilerinin, tedarikçi sertifikasyonu gibi tedarik faaliyetlerine odaklanmaları gerektiğini, tedarikçi seçimine sosyal ve çevresel kriterleri ekleyerek fiziksel akışların zincir boyunca takibini sağlamalarının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Walker ve Jones (2012)'a göre, şirket içinde daha fazla çapraz fonksiyonel çalışma ve tedarik zinciri ortaklarına gereksinimleri iletme ihtiyacı, STZY konusunda yeni alıcıları talep edebilir ve STZY'ye işbirlikçi bir yaklaşım benimsemek faydalı görünmektedir. Ayrıca, endüstriler arasında ve hatta rekabetçilerle STZY uygulamaları ve deneyimlerini paylaşma isteğinin ortaya çıktığı bir eğilim olduğunu söylemişlerdir.

Altuntaş ve Türker (2012); yaptıkları çalışmada, firmaların bazı temel konuları ortak olarak benimsediklerini ve bunlardan en önemlisinin 'iş birliği' ve 'iletişim' konusu olduğunu söylemişlerdir. Genellikle firmaların iş birliği yaparak süreci daha etkin hâle getirme ve bunun içinde iletişimi güçlendirme konusunda odaklandıklarını söylemişlerdir. Burada ilişkinin uzun vadeli ve güvene dayalı bir nitelikte olmasına özel bir vurgu yapmışlardır.

Harms ve ark. (2013); şirketlerin risk azaltma veya iyi bir itibar sağlama gibi savunma odaklı STZY hedefleri belirlediğine, pazar odaklı departmanların (örneğin pazarlama veya Ar-Ge) STZY için marjinal öneme sahip olduğuna ve bir şirketin tedarikçi yönetiminde reaktif önlemler kullanması (örneğin tedarikçilere öğüt verme) durumlarının varlığına değinmişlerdir. Çeşitli şirketlerin müşterilerini STZY'nin ana iticileri olarak düşündüğünü, STZY'yi Ar-Ge'yi teşvik etmek için kullanmayı amaçladıklarını ve tedarikçi geliştirme gibi ilerici uygulamalara katıldıklarını söylemişlerdir.

Golicic ve ark. (2013); müşteri odaklı uygulamalarda güvenilirlik sınırının negatif olduğunu, tasarım uygulamalarının, performansın üç boyutu üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu söylemişlerdir. Tedarikçilerle çevresel uygulamalarda çalışmak, kârlılık ölçümleriyle en iyi bağlantıya sahip olduğunu göstermişlerdir.

Wolf (2014); tedarik zinciri yöneticilerinin, STZY'nin sadece paydaş aktivizmi aracılığıyla itibar kaybı riskini azaltmakla kalmayacağına, aynı zamanda başka faydalar da sağlayabileceğine ulaşmıştır. STZY'nin bir örgütün 'iyi bir vatandaş' olarak itibarına olumlu katkıda bulunabileceğini ve bu sayede dış paydaş baskısının STZY'nin tek itici gücü olmadığı izlenimini tersine çevirebileceğine ulaşmıştır.

Gürbüz (2015), tedarikçi ilişki yönetiminin ve üçlü tedarikçi ilişkisinin hem alıcının hem de tedarikçilerin dayanıklılığına etki yaptığını ulaşmıştır. Rekabetçi davranış biçimiyle alıcının, işbirlikçi davranışla tedarikçinin hem rekabetçi hem işbirlikçi ilişki davranışıyla hem alıcının kendisinin hem de tedarikçilerinin dayanıklılığını artırılabilirliğine değinmiştir.

Dilek ve Çağlıyan (2017); STZ zinciri performansı boyutları içerisinde sosyal boyutun en önemli boyut olduğuna, bu bağlamda müşterilerin ürün imajına önem atfettiklerini söylemişlerdir. Ekonomik boyutun ikinci sırada olduğunu, katılımcıların pazar payı ve satışları açısından

sağlanacak gelişmeleri önemli gördükleri şeklinde değerlendirmişlerdir. Süreçler boyutunun üçüncü sırada olduğunu, bu boyuttaki maddelere ilişkin değerlendirmelerin orta değer altında kaldığını söylemişlerdir. Dış kaynak faaliyetlerine ilişkin değerlerin başvuru sıklığının orta değer altında kaldığını göstermişlerdir.

Sarı ve ark. (2017); doğru seçilen tedarikçilerin, tedarik zinciri mekanizmasının hızlı ve sağlıklı yürümesini kolaylaştırarak müşteri memnuniyetini sağlaması, firmaların hedeflerine ulaşmasına yardımcı olması bağlamında, analiz sonuçlarına göre zamanında teslimat, fiyat, teknoloji kapasitesi, hizmet performansı, esneklik ve yeşil tedarik zinciri incelenen firma için tedarikçi seçiminde öncelikli öneme sahip kriterler olduğunu ortaya koymuştur. Firmanın tedarikçi seçiminde bu performans kriterlerine odaklanması gerektiğini söylemişlerdir.

Zeng ve ark. (2017), kurumsal baskının tedarik zinciri ilişki yönetimi ve sürdürülebilir tedarik zinciri tasarımı üzerinde önemli bir pozitif etkisinin olduğunu göstermişlerdir. STZY baskı türlerinin (zorlayıcı, normatif ve taklitçi) farklı derecelerde negatif düzenleyici etkilerinin olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca; döngüsel ekonomi kapasitesini geliştirmek için firmaların, sürekli olarak çevre dostu davranış sergileyen tedarikçileri seçmeleri gerektiğine ve tedarik zinciri tasarımında çevresel düşüncenin, farklı firmaları bağlayan malzeme akışı ve enerji verimliliği de dâhil olmak üzere dikkate alınması gerektiğine değinmişlerdir.

Wang ve ark. (2018); ileri çevresel teknolojinin kullanımının, kirletici emisyonları azaltabileceğine ve çalışanların yaşam kalitesini artırabileceğine değinmişlerdir. İç STZY uygulamalarının, firmanın çevresel performansını artırmaya yönelik olduğunu ve aynı zamanda sosyal performansı teşvik ettiğine dikkat çekmişlerdir. İç STZY uygulamalarının ekonomik performans üzerinde doğrudan bir etkisi bulunmadığına, dış STZY uygulamalarının sürdürülebilir performans üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna ulaşımlardır. Son olarak, firma büyüklüğünün, STZY ve sürdürülebilir performans arasındaki ilişkide önemli bir düzenleyici rol oynadığını ve KOBİ'lerin dış STZY uygulamalarına odaklanmasının, sürdürülebilir performanslarını minimum maliyetle geliştirmelerine yardımcı olabileceğini söylemişlerdir.

Wang ve Dai (2018), firmanın iç STZY uygulamalarının firmanın çevresel performansı ve sosyal performansı üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna ulaşımlardır. Ayrıca, çevresel performans ve sosyal performansın ekonomik performansla pozitif bir ilişkisi olduğu bulgular arasında çıkmıştır. Bu çalışmayla beraber, STZY uygulamalarının çevresel ve sosyal açıdan gerekli olduğunu ve iş dünyası için olumlu olduğunu desteklemişlerdir.

Mathivathanan ve ark. (2018), STZY'yi uygulamanın en etkili uygulamalarının sürdürülebilirlik konusundaki yönetim taahhüdü ve stratejik karar alma süreçlerine üçlü alt çizgi yaklaşımını dâhil etmek olduğunu ortaya koymuşlardır. Çoklu paydaş görüşünün, her paydaşın vurguladığı unsurları belirlemede yardımcı olduğunu ve tüm paydaşların görüşlerinin kolektif analizinin, çeşitli önemlerini saygı göstererek derinlemesine bir anlayış sağladığını söylemişlerdir.

Şişman (2018); STZ faaliyetlerinin başarılı olarak uygulanabilmesi için üretim sistemi tasarımının en önemli ölçüt olduğunu görmüştür. Uygulamanın devamında alternatif faaliyetler değerlendirildiğinde STZY'nin gelişmesinde "toplam kalite yönetimi" ve "çevresel yönetim sistemi" uygulamalarının kritik faaliyetler olduğunu söylemiştir.

Erol ve Velioğlu (2019), STZY'nin vaka şirketlerinde hala embriyonik aşamalarda olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, vaka şirketlerinin, bir STZY sistemi kurmayı, maliyetleri nedeniyle biraz tereddütlü bulunduğuna ulaşımlardır. Araştırmada; Şirket 1 için, alan eksikliğini ve yüksek

envanter maliyetlerini, iki temel engel olarak belirtmişlerdir. Şirket 2'nin; yasal sorunlar, pazar eksikliği, yetersiz tedarikçi desteği ve rekabetin en önemli engeller olduğunu düşünmekte olduğunu ve şu anda ürün geri kazanımı ile uğraşmanın maliyet açısından etkili olmadığını düşündüklerine ulaşmışlardır. Şirket 2'in tedarik zinciri yöneticisi, herhangi bir başarılı sürdürülebilirlik girişimini geliştirmek için tedarikçi desteğine olan ihtiyacı vurguladığını ve yöneticinin, tedarikçi yardımı olmadan sürdürülebilirlik hareketinin başarısız olmaya mahkûm olduğunu söylemişlerdir. Şirket 3'ün, sistem eksiklikleri, ekonomik teşviklerin olmaması, şirket politikası ve yasal konuların, STZY sistemi uygulamak için en önemli engelleri olduğunu söylemişlerdir.

Sajjad ve ark. (2020); yaptıkları çalışmadaki temel iticilerin müşteri beklentisi, üst yönetim taahhüdü, yöneticilerin ahlaki ve etik değerleri, itibar yönetimi ve ekonomik ve operasyonel faydalar olmuştur. Buna karşılık, maliyet endişeleri, stratejik ve yapısal kısıtlamalar, tedarikçi ve müşteri sorunları ve etkili düzenlemelerin eksikliğinin STZY uygulamasının önündeki kritik engeller olduğunu belirtmişlerdir.

Flores ve ark. (2020); araştırmalarında, gelişmekte olan ülkelerin küresel pazarlarda önemli bir rol oynamasına rağmen, STZ kavramının birçok tedarik zinciri oyuncusu için yeni olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, müşterilerin, hükümetin ve sivil toplum kuruluşlarının baskısının; sürdürülebilir kalkınmanın yeni iş yapma biçimlerinde temel ve zorlayıcı bir görev haline gelmesine neden olduğuna varmışlardır.

Aljoghaiman ve ark. (2020); büyük imalat şirketlerinin, şirketin sürdürülebilirlik performansını artırmak için tedarik zincirinde sürdürülebilirliği benimsemenin önemini kabul ettiğini vurgulamışlardır. Aljoghaiman vd.'ne göre bu çalışmada, dış paydaş engellerinin (hükümetler, tedarikçiler, müşteriler ve yatırımcılar) STZY'nin gelişimini iç engellerden daha fazla engellediğine ulaşılmış olup, bu durumun şirketler üzerinde STZY uygulamalarının ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan olumsuz etkilere neden olduğuna varmışlardır. Ek olarak, paydaş katılımının bu engelleri hafifletmede ve STZY'nin benimsenmesinde kritik roller oynadığı önemli bulgular arasındadır. Diğer önemli etkinleştirici faktörler arasında da teknolojinin mevcudiyeti, performans ölçümü, sürdürülebilirlik kültürü ve sürdürülebilirlik stratejisi olduğu bulgusuna varmışlardır.

Sebastianelli ve ark. (2020), daha büyük firmaların sürdürülebilir tedarik zinciri girişimlerini benimsemeye daha eğilimli olduğunu söylemişlerdir. Çalışmalarında diğer literatür çalışmalarının bulgularından farklı olarak CEO ikiliğinin, tedarik zincirinin çevresel etkisini azaltmaya yönelik girişimlerin uygulanması üzerinde önemli bir pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ek olarak, yüksek düzeyde çeşitliliğin ve bağımsızlığın olduğu yönetim kurulunun, STZ girişimlerinin uygulanma olasılığını artırarak organizasyonel kültürü etkilediğini savunmuşlardır (sürdürülebilirliğe yönelik proaktif bir yönelim oluşturarak). Yönetim kurulundaki kadın oranının yüksek olmasının, her iki türde de sürdürülebilir tedarik zinciri girişimlerini uygulama olasılığını anlamlı derecede (ve olumlu bir şekilde) etkilediğini, aynı şekilde bağımsız yönetim kurulu üyesi sayısının artmasının da aynı etkiyi gösterdiğini açıklamışlardır.

Lee ve Ha (2020); tedarik zinciri katmanları arasındaki ilişkilerin, iş birliği ilişkileri içinde uyumlu iletişim, pazar bilgisi paylaşımı ve karşılıklı fayda yaratma çabalarının sağlandığı durumlarda sürdürülebileceğini göstermişlerdir ve adil bir ortamda iş ortaklarıyla uygun iş birliğinin, bir firmanın performansını artırmasına yardımcı olabileceğine ulaşmışlardır. Zincir

katmanlarındaki kişiler arasındaki iyi, nazik ve mantıklı olarak nitelendirilebilecek iletişimin sürdürülebilir tedarik zincirlerinde kilit rol oynadığını vurgulamışlardır.

Kaçmaz ve Sofyalıoğlu (2020); firmanın sürdürülebilir bir tedarik zincirini gerçekleştirmede öncelikle ürün geri kazanımı, taşımacılıkta birden çok ulaştırma türünün kullanılması, tedarikçilerin birinci ve ikincil tedarikçi olarak sınıflandırılması konularına odaklanması gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Tedarik Zinciri Risk Yönetimi özellikle sektörde faaliyet gösteren firmaların sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesinde önemli bir uygulama olduğunu söylemişlerdir.

Yadav ve ark. (2020), STZY'nin benimsenmesindeki başarısızlıkların temel olarak yönetsel ve organizasyonel zorluklardan kaynaklandığına ulaşmışlardır. Alt grup zorluklarının arasında da finansal, teknik ve insan kaynaklarının eksikliğinin, sürdürülebilirliğin benimsenmesini kısıtladığını ortaya koymuşlardır. Endüstri 4.0 ve döngüsel ekonominin, organizasyonlara çevresel faktörlere yüksek öncelik veren sürdürülebilir ürünler sunma konusunda destek sağladığına; bu nedenle, hükümetlerin Endüstri 4.0 ve döngüsel ekonomiyi benimseme lehine politikalar geliştirmesi gerektiğine değinmişlerdir.

Junge ve Straube (2020), üretim şirketlerinin lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde dijital dönüşüm teknolojilerinin uygulanmasının daha sürdürülebilir süreçlere yönelik olanaklarının olduğunu belirtmişlerdir. Dijital dönüşüm teknolojilerinin, lojistik ve tedarik zinciri yönetimine yerleştirilmesinin çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik boyutu üzerinde ılımlı bir olumlu etkiye sahip olduğunu söylemişlerdir. Aynı zamanda, organizasyonel yapılarda liderlerin sürdürülebilirlik kavramına yaklaşımlarının kilit nokta olduğunu söylemişlerdir.

Shaikh ve ark. (2020); katılımcıların büyük bir bölümünün, sürdürülebilirliği gelir büyümesi için bir fırsat olarak gördüğünü söylemişlerdir. Aynı zamanda, yeşil uygulamaların perakendeciler, distribütörler ve otoriteler için müşteri memnuniyetini ve işletmenin çekiciliğini artırdığını göstermişlerdir. Sürdürülebilirliğin, enerji maliyeti üzerinde sağlam bir kontrol sağladığını ve aynı zamanda şirketin güvenilirliğini artırdığını; hatta üretilen elektriğin fazlasını satışa çıkarmanın kârlı olabileceğine ulaşmışlardır.

Alzoubi ve ark. (2020), sürdürülebilirlik stratejilerini genişletmeye eğilimli olan çoğu şirketin müşteri memnuniyetinin temel bir itici güç olarak güvenilirlik temelli avantajı önceliklendirdiği gözlemlenmiştir. STZ konularını daha az uygulayan şirketlerin maliyet temelli avantajı ilk öncelik olarak seçebileceğini belirlemiştir. Çalışmada, organizasyonların performanslarını daha geniş bir perspektiften değerlendirmek ve tedarik zinciri ortaklarıyla bilgi paylaşımı yoluyla iş birliğini genişletmek için "Üçlü Alt Çizgi" adı verilen bir çerçeve yaklaşımının benimsenmesini önermişlerdir.

Garip ve ark. (2021); yeşil pazarlama yönelimi, tedarik zincirinde bütünleşmenin ve dayanıklılığın rekabet avantajı üzerinde pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde etkili olduğuna ulaşmışlardır. İşletmelerin, rekabet avantajı sağlamada tedarik zinciri aktörleri ile partner anlayışını özümsemesi, müşteri ve tedarikçileri ile ortak hareket etmesi ve çevreye duyarlı bir yol benimsemesinin rekabet avantajı elde etmelerinde olumlu katkılar sağlayacağına değinmişlerdir.

Börekçi (2021); çeşitlendirme yapılarak yürütülen tedarik sürecinin, sürekli olarak yenilenme ve öğrenme ile işletmeyi daha dayanıklı tedarik zincirlerine ulaştırdığı argümanı getirmiştir. Ek olarak, bu çalışmada tedarik zincirinde uyumcu ve yaratıcı öğrenmenin, mevcut ürünlerde/

süreçlerde devamlılık/ iyileştirme ve yeni ürün/ süreç geliştirme üzerinden daha çok dayanıklılık sağlayacağı belirtmiştir.

Bui ve ark. (2021); araştırmalarında dünya ülkelerinin STZY'ye bakış açılarını ve uygulanma düzeylerini incelemişlerdir. Asya ve Okyanusya'nın en yüksek STZY yayın sayısına sahip olduğu, onu Avrupa ve Kuzey Amerika'nın takip ettiği sonuçları göstermiştir. Karayipler ile Afrika'nın, diğerleriyle karşılaştırıldığında daha az yayın sergilediğini göstermişlerdir. Latin Amerika ve Karayipler ile Afrika'nın önemli bir gelişmeye ihtiyaç duyduğu; Asya ve Okyanusya'nın ise küresel tedbirlerdeki hassas konularından dolayı iyileştirmeye açık boşluklar gösterdiği görülmüş olup, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın ise daha az iyileştirme talep ettiğini söylemişlerdir.

Dai ve ark. (2021); dış kurumsal baskıların, iç sürdürülebilirlik yeteneklerinin ve bu ikisinin etkileşimlerinin STZY uygulamalarının benimsenmesini etkilediğini göstermişlerdir. Bu bulguların, üst düzey yönetimin kurumsal sosyal sorumluluk için liderlik göstermesinin firmalara, STZY uygulamalarında başarılı olan rakiplerden proaktif bir şekilde öğrenme olanağı sağladığını ve firmaların hükümet ve müşteri gereksinimlerine yanıt olarak STZY uygulamalarını geliştirmek için teknik yetenek avantajını daha olası bir şekilde kullanacaklarını öne sürmüşlerdir. Aynı zamanda bulgulardan çıkarımla, hükümetlere, sürdürülebilir yönetimle ilgili yasaları oluşturmak ve uygulamak için daha fazla çaba harcamaları gerektiği konusunda önerilerde bulunmuşlardır; bu da firmaları STZY geliştirmeye yönlendirmek için gerekli olduğunu savunmuşlardır.

Fritz ve ark. (2021); özellikle tedarik zinciri içinde ve işletme içinde, sosyal sürdürülebilirlik boyutunun, aile şirketlerinin tedarik zincirini yönetmesinde önemli olduğunu, aile şirketi olmayan firmalar için ise odağın, maliyet ve fayda oranı ile müşteri memnuniyetine yönelik olduğunu söylemişlerdir. Sınırlı kaynakları en verimli şekilde kullanmak ve sürdürülebilirlik hedeflerini takip etmek isteyen yöneticilerin, STZY eylemlerinin marjinal faydalarını ve marjinal maliyetlerini düşünmeleri gerektiğini göstermişlerdir. Ayrıca, aile şirketlerinin tedarik zincirlerinde, aileye özgü özelliklerden kaynaklanan avantajlarından yararlandıkları göz önüne alındığında (örneğin, aile bütünlüğü ve uzun süreli sosyal gömülme gibi belirgin aile şirketi kaynakları); aile olmayan şirketler için bu potansiyel faydalardan pay almanın açık bir yolu olarak, güvenilir, uzun vadeli ilişkiler kurmak olduğunu vurgulamışlardır.

Gültekin ve Deste (2021), STZY uygulamalarının işletmeler açısından en önemli kazancının "müşteri memnuniyeti" olarak değerlendirildiğine ulaşmışlardır. Bu görüşü takip eden ikinci önemli konunun ise "ürün kalitesinde artış" olduğunu belirlemişlerdir. İşletmelerin ekonomik sürdürülebilirlik performansını değerlendiren sorulara verilen yanıtlar incelediklerinde, en yüksek ortalamanın "ürün kalitesinde sürekliliğin sağlanması" cevabına ait olduğuna ulaşmışlardır. İkinci sırada ise "üretim süreçlerinde israfı önleyici tedbirler" olduğuna varmışlardır. İşletmelerin STZY uygulamalarıyla ilgili en büyük engel olarak gördükleri başlığın ise "finansal maliyetler" olduğuna, katılımcı işletmelerin ikinci önemli engel olarak gördükleri konunun ise STZ'ye yönelik faaliyetlerin yatırım getirilerinin yetersiz olduğu" düşüncesi olduğuna ulaşmışlardır.

Brandao ve Godinho (2022), üç ana kategoriye içeren bir model önermişlerdir. Bu modellerden birinci, bir şirketin bir temsilci veya ürün perspektifinden farklı tedarik zincirlerinden oluşan bir grup olarak görülebileceğini anlamak; ikincisi profesyonellerle daha yakın diyalog kurmak için

uygulamaya dayalı bir görüş yapılması; üçüncüsü, şirketler için basit bir önerinin STZY için önemli bir uygulama olabileceğini anlamak olduğunu açıklamışlardır.

Razzak (2023), sürdürülebilirlik hedefi altında yürütülen girişimlerin, bu organizasyonların üretkenlikte net kazançlar elde etmelerine yol açtığına ancak üretkenliğe önemli bir katkıda bulunmadıkça, bu tür organizasyonların rekabetçiliklerinde herhangi bir önemli artış yaşamadıklarını söylemiştir. Üretkenliğin arttırılmasıyla beraber STZY uygulamalarının rekabetçi avantajlar yönünden oldukça pozitif bir etkisi olduğuna ulaşmıştır.

Najjar ve Yasin (2023); kurumsal kontrollerin doğrudan tedarikçileri yönetmede önemli olduğunu ortaya koymuşlar, adaptasyonu ve kendi örgütlenmeyi uyarıcı mütevazı mekanizmaların, özellikle coğrafi olarak dağınık, kültürel olarak farklı tedarikçilerle çalışan ve çeşitli ürün zincirlerinde faaliyet gösteren firmalar için etkili bir şekilde sosyal sürdürülebilirliği yönetebileceği sonucuna varmışlardır. Firmaların daha düşük kademe tedarikçilerin sürdürülebilirliğini etkili bir şekilde yönetmek için iş birliği ve rehberlik gibi adaptasyonu ve kendi kendini düzenleyen mekanizmaları desteklemeye çalıştıklarını söylemişlerdir. Firmaları, birçok tedarikçiyi uzun, heterojen tedarikçi hatları yerine homojen ve iç içe geçmiş hiyerarşilere toplamayı önermişlerdir.

Kılıçlı ve Kıpçak (2023); işletmelerin, tedarik zinciri yönetimine çevreye duyarlı anlayışı entegre ettiklerinde, yalnızca satış, kâr ve pazar payında daha iyi performans elde etmekle kalmayıp aynı zamanda enerji tasarrufu, atıkların ve kirliliğin azaltılması, teslimat süresi, stok kontrolü ve kapasite kullanımı gibi faaliyetlerin verimliliğini de artırılabilirliğini, STZY'nin firma performansını iyileştirmeye yönelik bir strateji olarak benimsenmesini önermişlerdir.

Cantele ve ark. (2023); işletme performansını artırmak için kaynakların geliştirilmesinin, tedarik zinciri sürdürülebilirliği ile ilgili tüm potansiyel kaynakların geliştirilmesi yerine, dikkatlice seçilmiş sürdürülebilirlik uygulamaları ve tedarik zinciri çevikliği kombinasyonlarına bağlı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu durumun, farklı paydaşlar arasındaki ilişkilerin dengelemesini ve iç departmanlar ile tedarik zinciri ortaklarına odaklanmayı içerdiğini vurgulamış olup; firmaların, yöneticilere kesintiler, yenilikler ve yeni teknolojiler yoluyla getirilen değişikliklere ve zorluklara uyum sağlamak için kaynak faaliyetlerini ayarlamalarına yardımcı olan sürdürülebilirlik odaklı bir kültürü teşvik etmelerinin önemli bir rol olduğunu söylemişlerdir. Cantele ve ark., STZY çalışmalarının çoğunlukla performans etkileri veya algılanan baskılar açısından "dışsal" (tedarik zinciri) sürdürülebilirliğe odaklandığını gösterdiğine ulaşılmış olup, tedarik zinciri ile ilgili sürdürülebilirlik uygulamaları, aynı yapılandırılmalı çerçeve içinde "içsel" (çalışanlara, topluluğa, çevreye yönelik) sürdürülebilirlik uygulamalarıyla birleştirilmesinin gerekliliğine vurgu yapmışlardır.

Abualigah ve ark. (2023); meta-sezgisel yaklaşımların; STZY'ni optimize etmek ve tedarik zinciri operasyonlarının sürdürülebilirliği, verimliliği ve rekabetçiliğini artırmak için değerli bir araç olabileceğini öne sürmektedirler. Çalışmanın bulguları arasında; "Yükselen Teknolojilerle Entegrasyon", "Hibrit Algoritmaların Kullanımı" (farklı algoritmaların güçlüklerinden faydalanma), "Çoklu Amaçların Dikkate Alınması" (ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler gibi çoklu amaçların dikkate alınması), "Belirsizlik Dâhil Edilmesi" (talep ve arz dalgalanmaları gibi belirsizliklerin dâhil edilmesi) ve "Paydaşların İş Birliği" uygulamalarının; STZY için meta-sezgisellikte yeni bir eğilim olduğunu söylemişlerdir.

Wang ve ark. (2023); firmaların, sürdürülebilir performans elde etmek için üretim ve işletme süreçlerini yeniden tasarlamaları ve yeni çevresel standartları karşılayacak ürün veya hizmetleri

geliştirmesi gerektiğini söylemişlerdir. Aynı zamanda, iç sürdürülebilirlik yöneliminin (örneğin, üst düzey yönetim desteği) bu uygulamaların gerçekleştirilmesini büyük oranda desteklediğini öne sürmektedirler. Ek olarak, müşterilerin STZY'nin uygulanmasında temel itici güç olduğuna değinilmiş olup müşterilerle uzun vadeli bir ilişki sürdürmek, firma performansı açısından en önemli faktör olarak ele alınmıştır. Çalışmanın bulguları arasında; firmanın karar vericileri, çevre dostu işletmelerin stratejik önemini tanımaktadır (örneğin, üretim sürecinin erken aşamalarında daha fazla sürdürülebilirlik çabası gösterme) ve bunları uygulamanın, firmanın inovasyonunu artırabileceğini ve rekabetçi konumunu koruyabileceğini kabul etmekte oldukları yer almaktadır.

Oyedijo ve ark. (2024); önemli engellerin, sürdürülebilirliğin maliyeti, bilgi açığı, altyapı eksikliği ve tedarik zinciri karmaşıklığı olduğunu; ayrıca bu engellere karşılık çok seviyeli iş birliği ve ortaklık, zincir boyunca yeniliğin yayılması, tedarik zinciri haritalama, sürdürülebilirlik performans ölçümü ve kapasite oluşturma gibi beş olası çözümün iyileştirme yaratacağını ortaya koymuşlardır.

Mugoni ve ark. (2024); son yıllarda yapılan araştırmaların derlenmesi sonucu birçok bilim adamının STZY ve çevresel sürdürülebilirlik üzerine odaklandığını, operasyonel ve sosyal performansa ise daha az odaklandığını görmüşlerdir. Şirketlerin finansal, pazar ve operasyonel performanslarını iyileştirme bağlamında toplum ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltma çabası için STZY'nin öncül etkenleri olarak Yeşil Tedarik Zinciri ve Tersine Lojistik uygulamalarını göstermişlerdir ve işletmelerin çevresel performansını artırmak için tedarikçileriyle yakın iş birliği yapmalarının gerekliliğine ulaşmışlardır.

## 6.2. Sürdürülebilir Stok Yönetimi

Stok yönetimi, işletmelerde hangi ürünün/hammaddenin siparişi verileceğinin, ne miktarda olacağını, ürüne/hammaddeye ne zaman ihtiyaç olacağını, ne zaman satın alınacağını, nerede ve nasıl depolanacağını yönetilmesi ve kararlaştırılması için gerçekleştirilen çalışmalar bütünüdür. Şentürk ve arkadaşlarına göre (2020) stok yönetimi, mal veya hizmetlerin üretim düzeyini tahmin etmek; gerekli hammadde, mamul, yarı mamul ve her türlü tüketim mallarının miktarlarını belirleyip uygun koşullarda satın alma ve depolama yöntemini standartlaştırmak, deponun fiziki koşullarını bu standartlara göre hazırlamak, stok kontrolünü yapmak, kritik eşiğe ulaşan depo ürünlerinin teslimat süreci, eski veya kullanılamaz durumdaki malzemelerin imha edilmesi, hizmete giren stok ürünlerinin takibi, depoya yeni gelen stok ürünlerinin istenilen özelliklere sahip olduğunun doğrulanması gibi süreçlerin tamamıdır.

İşletme içerisindeki birçok aktivitenin sağlıklı şekilde gerçekleşebilmesi için doğru stok seviyesinin sağlanması gerekmektedir. Doğru stok seviyesi, departmanların amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Envanter yönetiminin amacı, firmanın mali durumu ve verilen hizmette kullanılan malzeme talebi dikkate alınarak iş yapısına uygun stok miktarını belirlemek ve bu tutarı aynı tutmaktır (Şentürk ve ark. 2020).

Günümüzde yeşil kaynakların sürdürülebilir yönetimi ise; genel işleyiş için gerekli girdilerin ekonomik, çevresel ve sosyal sonuçlarla bütünleştirilmesiyle ilgilidir. Sürdürülebilir bir yeşil depo, depolama sürecini kolaylaştırmayı, çevresel etkiyi en aza indirmeyi, en yüksek sosyal standartları ve ekonomik verimliliği korumayı amaçlayan bir dizi teknolojik ve organizasyonel çözüm olarak tanımlanabilir (Tan ve ark. 2009).

Chen ve ark. (2016), karbon emisyonlarıyla dış pazar arasındaki ticaretin birim fiyatının, firmaları daha fazla yeşil teknolojiye yatırım yapmaya ve karbon emisyonlarını azaltmaya teşvik

etmek için ayarlanabileceğini söylemişlerdir. Politika yapıcıların, firmaları yeşil teknolojilere yatırım yapmaya ve karbon emisyonlarını azaltmaya teşvik etmek için emisyon sınırına ve dış pazardan karbon emisyonu satın alma biriminin fiyatına bakmalarının gerekliliğine vurgu yapmışlardır.

Sarkar ve ark. (2018); tedarikçinin uzak konumu nedeniyle kusurlu ürünlerin değerlendirilebileceğini ve geri gitme süresinden daha az zamanda onarılabileceğini, bunun da yüksek değişim maliyeti ve tedarikçi ile değişim yapma süresine göre çevre üzerinde olumsuz bir etki ve maliyet tasarrufu sağlayacağına ulaşımlardır. Ayrıca, tedarikçinin alıcıya verdiği ilk ve ikinci izin verilen ödeme gecikme süresinden daha uzun olan bir senaryonun seçilmesinin, maksimum toplam kârı sağlayacağını söylemişlerdir. Daha fazla kâr elde etmek için yöneticilerin; döngü sürelerine, eksik talebin bir kesrine ve izin verilen ödeme gecikme süresi stratejilerine odaklanması gerektiğine vurgu yapmışlardır. Yöneticinin, satışları artırıp artırmamaya ve stoktaki envanteri azaltmak için ne kadar izin verilen ödeme gecikmesinin yapılacağına karar vermesi gerektiğini söylemişlerdir.

Akandere (2019), yöneticilerin, yeşil düşünce faaliyetlerini işletme süreçlerinde yerine getirerek çevresel performansını iyileştirebileceğini ve işletmelerin yeşil faaliyetlere odaklanarak çevresel yenilik içeren yeni ürün ve hizmet üretimini teşvik ederek operasyonel performanslarını arttırabileceğine değinmiştir. Yöneticilerin, çalışanlarının yeşil faaliyetlerin uygulanması için gerekli eğitimleri almalarını sağlayarak yeşil depo yönetimi ilkelerini etkin bir şekilde yerine getirilmesine destek olması gerektiğine vurgu yapmıştır.

Özkaya ve Kazançoğlu (2020); rekabet ve pazar koşulları ile ilişkilendirilebilecek olan takipçilik, özgün yönlendirici etken; enerji tasarrufunu ise gelecek uygulamalar için yüksek önem düzeyli etken olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, işletmelerde uluslararası pazarda hizmet yelpazesini genişletmiş olanların nispi durumları devre dışı bırakıldığında işletmelerin yeşil uygulamaları yoğunlukla göz ardı ettiğine, yalnızca nakliye iş ve işlemlerinde müşteri ve yasal düzenleme temelli yeşil uygulamalara yöneldiğine ulaşımlardır.

Huang ve ark. (2020); karbon vergisi politikasını benimseyen firmaların, nispeten etkili bir yeşil teknolojiye yatırım yapmayı tercih edeceğini göstermişlerdir. Hükümetin tavan-tavan ticaret politikası altında aşırı ticaretten kaçınmak için karbon emisyonlarının sınırlarını makul bir aralıkta belirlemesi gerektiğine ulaşımlardır.

Mishra ve ark. (2021); kontrol edilebilir sürdürülebilir envanter yönetiminin kısmi bekletme durumunda, diğer bekletme durumlarına kıyasla makul bir kâr miktarını olduğuna ulaşımlardır. Ayrıca, karbon vergisi ve tavanlı kısmi bekletme durumunda sürdürülebilir envanter yönetiminin, diğer modellere kıyasla daha makul bir kârı, en yüksek döngü süresini ve en düşük kesir uzunluğu değerini, aynı zamanda daha düşük yeşil teknoloji yatırım maliyetini gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Mandal ve ark. (2021); satışı artırmak için perakendeci/tedarikçi müşterilere belirli bir kredi süresi sunar ve bu süre zarfında herhangi bir ceza olmaksızın sipariş vermeye teşvik edeceğini, belirli bir ürünün satışının, ticari kredi politikası dikkate alınarak artacağını ve bunun da toplam sistem kârını doğrudan optimize edeceğine ulaşımlardır.

Jauhari (2022); üretim hızının esnek bir şekilde ayarlanmasına izin verilerek sistemin emisyonlarını, enerji tüketimini ve hatalı ürün sayısını kolayca kontrol edebileceğini, böylece toplam maliyetin minimize edilebileceğini göstermiştir. Yeşil yatırımın, emisyonları azaltmada



ve kullanılmış ürünler üzerinden geliri artırmada etkili olduğunu, böylece tedarik zincirinin çevresel performansını iyileştirdiğine ulaşmıştır.

Maheshwari ve ark. (2023); envanterin etkili bir şekilde kontrol edilebilmesi için TZ'nin üç katmanının bir ileriye, kapalı döngüye ve tersine döngüye sahip olduğu düşünüldüğünde bu üç katmanın toplama merkezinde toplanmasına karşılık, ürünleri az kusurlu ve çok kusurlu şeklinde ayırarak; geri dönüştürmenin işletme maliyeti ve çevresel atıklar açısından olumlu bir yaklaşım olacağını söylemişlerdir. Bu şekilde, hurdacı bunları yeniden imal edilebilir ve kurtarma ürünleri olarak ayırır ise; yeniden imal edilebilir ürünler ikincil üreticiye ikincil ürün için gönderilebilir hâle geldiğinde bu durumun sürdürülebilir stok yönetimine katkısı olacağını söylemişlerdir.

Jauhari ve ark. (2023), kalite yatırımının modeldeki toplam ortak maliyeti azaltabileceğini göstermişlerdir. Kalite yatırımı içeren modelin, yatırım yapılmayan modele göre daha düşük bir üretim oranına ulaşacağını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, satıcının kusurları azaltmak için para yatırmasına izin vererek envanter seviyesinin daha düşük seviyede tutulabileceğini ve bunun da toplam ortak maliyetin azalmasına neden olabileceğini söylemişlerdir. Ancak, sevkiyat sıklığının artmasından dolayı taşımadan kaynaklanan emisyonların keskin bir şekilde artacağını belirtmişlerdir.

### 6.3. Değerlendirme

STZY ve SSY alanında yapılan çalışmaların, sürdürülebilirliğin özellikle belirli bir boyutuna odaklanarak bu boyutta çözüm ve öneriler geliştirildiği gözlemlenmiştir. Tablo 1'de, 2009-2024 yılları arasında STZY alanında yapılan çalışmaların; yazarları, araştırma konuları, kullanılan yöntemler ve sürdürülebilirliğin üç boyutuna göre dağılımları verilmiştir.

**Tablo 1:** STZY'nin sürdürülebilirliğin üç boyutuna göre dağılımının incelenmesi.

Yazar ve Yıl	Araştırma Konusu	Kullanılan Yöntem	Çevresel Boyutun İncelenmesi	Ekonomik Boyutun İncelenmesi	Sosyal Boyutun İncelenmesi
Pagell ve Wu (2009)	STZY Uygulayacak Şirketler İçin Önergeler	Vaka Analizi Yöntemi			X
Walker ve Jones (2012)	STZY'ni Etkileyen Faktörler	Vaka Analizi ve Veri Toplama Yöntemi			X
Altuntaş ve Türker (2012)	STZ'nin, Türkiye'de Stratejik Olarak Nasıl Kavramsallaştırıldığı ve Uygulandığı	Veri Toplama Yöntemi			X
Harms ve ark. (2013)	Tedarikçi Yönetimine İlişkin STZY Stratejik Yaklaşımları	Anket Tekniği			X
Golicic ve ark. (2013)	Çevresel TZ Uygulamaları	Meta-Analiz Yöntemi	X		X
Wolf (2014)	STZY ve Kurumsal Sürdürülebilirlik	Veri Toplama Yöntemi			X

Performans İlişkisinin Üç Rekabetçi Modeli					
<b>Gürbüz (2015)</b>	Tedarikçi İlişkilerinin Sürdürülebilirliğe Etkisi	Vaka Analizi			X
<b>Dilek ve Çağlıyan (2017)</b>	Konya İlindeki İşletmelerde STZ, Dış Kaynak Kullanımı ve İşletme Performansı Arasındaki İlişki	Ampirik Yöntem, Regresyon Analizi		X	X
<b>Sarı ve ark. (2017)</b>	Tedarikçi Seçimi Konusunda Tedarikçilerin Sürdürülebilirlik Performansları	Dematel, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi		X	X
<b>Zeng ve ark. (2017)</b>	STZY Mekanizmaları Arasındaki İlişki	Anket Yöntemi	X	X	X
<b>Wang ve ark. (2018)</b>	Firmaların Büyüklüğünün STZY Uygulamalarındaki Düzenleyici Rolü	Hiyerarşik Regresyon Analizi	X	X	X
<b>Wang ve Dai (2018)</b>	STZY Uygulamalarının Firmanın Performansı Üzerindeki Etkisi	PLS Yapısal Denklem Yöntemleri	X	X	X
<b>Mathivathanan ve ark. (2018)</b>	Hindistan'ın Gelişmekte Olan Otomotiv Endüstrisindeki STZY Uygulamaları	Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı Yöntemi			X
<b>Şişman (2018)</b>	STZY Performansını Geliştirmede En Uygun Faaliyet	Bulanık Topsis Yöntemi	X		
<b>Erol ve Veliöğlü (2019)</b>	STZY Uygulamalarının Gelişmekte Olan Bir Ülke Üzerinde İncelenmesi	Vaka Analizi		X	X
<b>Sajjad ve ark. (2020)</b>	Şirketlerin STZY Uygulamalarını Etkileyen Faktörler	Derinlemesine Görüşme Yöntemi		X	X
<b>Flores ve ark. (2020)</b>	Sürdürülebilirliğin Üç Boyutunun Entegrasyonunun STZY Üzerindeki Etkisi	Karma Yöntem Yaklaşımı		X	X

<b>Aljoghaiman ve ark. (2020)</b>	Büyük İmalat Şirketlerinin, Şirketin Sürdürülebilirlik Performansına Bakış Açılıarı	Derinlemesine Görüşme ve Vaka Analizi				X
<b>Sebastianelli ve ark. (2020)</b>	STZ Girişimlerinin Sosyal Boyutu	Hiyerarşik Regresyon				X
<b>Lee ve Ha (2020)</b>	TZ'ndeki İşbirliğinin STZ Performansına Etkisi	Anket, İstatistiksel Analiz				X
<b>Kaçmaz ve Sofyalıoğlu (2020)</b>	STZY'nin Uygulanabilmesi İçin Pratik Bir Yaklaşım	Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG)		X		X
<b>Yadav ve ark. (2020)</b>	Endüstri 4.0 ve Döngüsel Ekonomi Temelli STZY Benimseme	Vaka Analizi	X	X		X
<b>Junge ve Straube (2020)</b>	STZY'de Daha Sürdürülebilir Süreçler İçin Dijital Dönüşüm Teknolojilerinin Uygulanma Olasılıkları	Vaka Analizi		X		X
<b>Shaikh ve ark. (2020)</b>	Yeşil Tedarik Zincirinin Çevre ve Operasyonel Performans Üzerindeki Etkileri	Vaka Analizi Yöntemi	X	X		X
<b>Alzoubi ve ark. (2020)</b>	STZ Stratejileri İle TZ İş Birliği Arasındaki İlişki	Anket ve Yapısal Eşitlik Modelleme Yöntemi				X
<b>Börekcı (2021)</b>	Alıcı İle Tedarikçi Arasındaki İlişki Dinamikleri	Veri Toplama				X
<b>Garip ve ark. (2021)</b>	TZ Dayanıklılığı, TZ Bütünleşmesi ve Yeşil Pazarlama Yöneliminin Rekabet Avantajı Üzerindeki Etkisi.	Faktör Analizi ve Regresyon Analizi, Anket	X	X		X
<b>Bui ve ark. (2021)</b>	STZY'deki Belirsizlik ve Karmaşıklık	Veri Odaklı Analiz, Bulanık Delphi Metodu,	X	X		X

	Zorluklarına Çözüm Örnekleri	Entropi Ağırlık Metodu ve Bulanık Karar Verme			
<b>Dai ve ark. (2021)</b>	Kurumsal Baskıların STZY Uygulamaları Üzerindeki Etkileri	Kaynak Temelli Görüş			X
<b>Fritz ve ark. (2021)</b>	STZY’de Ailenin Rolü	Vaka Analizi			X
<b>Gültekin ve Deste (2021)</b>	İşletmelerin Temel Özelliklerinin Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Algılarının ve Engellerinin Üzerindeki Etkisi	Anket Yöntemi		X	X
<b>Brandao ve Godinho (2022)</b>	STZY’nin İşletmeler İçin Temel Bileşenleri	İçerik Analizi ve Karşılıklı Analiz Yöntemi			X
<b>Razzak (2023)</b>	Gelişmekte Olan Ekonomide STZY Uygulamalarının Rekabet Avantajı Yaratma Durumu	En Küçük Kareler Yapısal Denklem Modelleme Yöntemi		X	
<b>Najjar ve Yasin (2023)</b>	Çok Katmanlı Tedarik Zincirlerini Yönetmek İçin Farklı Mekanizmalar	Çoklu Vaka Çalışması			X
<b>Kılıçlı ve Kıpçak (2023)</b>	Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları İle Performans Arasındaki İlişki	Meta-Analitik Yöntem	X	X	X
<b>Cantele ve ark. (2023)</b>	Yöneticilerin STZY Kararlarına Karşılık Çözüm Yolları	Yapılandırılmalı Yaklaşım Ve Nitel Karşılaştırmalı Analiz			X
<b>Abualigah ve ark. (2023)</b>	Meta-Sezgisel Yöntemle Optimize Edilmiş STZY Uygulamaları	Meta-Sezgisel Yöntem	X	X	X
<b>Wang ve ark. (2023)</b>	STZY’nin Şirketler Üzerindeki Operasyonel, Ekonomik, Çevresel, Sosyal Etkileri	Meta-Analiz	X	X	X

<b>Oyedijo ve ark. (2024)</b>	Çok Seviyeli Tedarik Zincirlerinde Sürdürülebilirlik Girişimlerinin Engelleri ve Çözümler	Tematik Analiz Yöntemi		X	X
<b>Mugoni ve ark. (2024)</b>	STZY Uygulamalarının Çevresel Performans Üzerindeki Etkisi	Sistemik Derleme ve İçerik Analizi Yöntemi	X		X

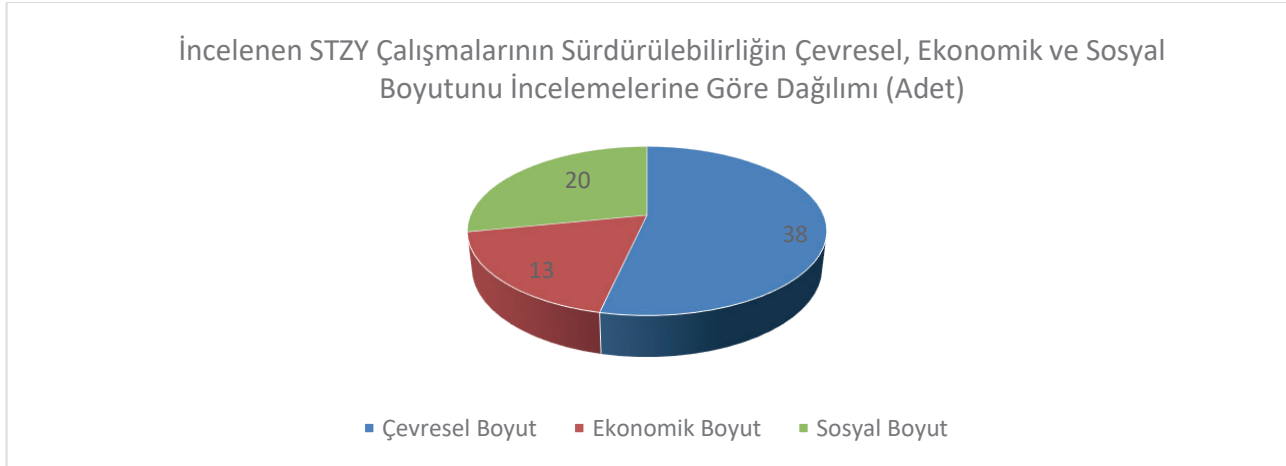
Tablo 2’de, 2016-2023 yılları arasında SSY alanında yapılan çalışmaların yazarları, araştırma konuları, kullanılan yöntemler ve sürdürülebilirliğin 3 boyutuna göre dağılımları verilmiştir.

**Tablo 2:** Sürdürülebilir stok yönetiminin sürdürülebilirliğin üç boyutuna göre dağılımının incelenmesi.

Yazar Ve Yıl	Araştırma Konusu	Kullanılan Yöntem	Çevresel Boyutun İncelenmesi	Ekonomik Boyutun İncelenmesi	Sosyal Boyutun İncelenmesi
<b>Chen ve ark. (2016)</b>	Depo Operasyonları Sürdürülebilirlik Hedeflerine Ulaşmada Yeşil Teknoloji Yatırımının Rolü	Vaka Analizi	X	X	
<b>Sarkar ve ark. (2018)</b>	Çevresel Etki İçin Sürdürülebilir Envanter Yönetimi	Duyarlılık Analizi	X	X	
<b>Akandere (2019)</b>	Yeşil Depo Uygulamalarının İşletme Performansı Üzerine Etkisi	Regresyon Analizi	X		X
<b>Özkaya ve Kazançoğlu (2020)</b>	Lojistik Firmalarının Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi	Derinlemesine Görüşme Tekniği	X		X
<b>Huang ve ark. (2020)</b>	Depo Süreçlerinde Karbon Politikaları ve Yeşil Teknolojiler	Regresyon Analizi	X	X	
<b>Mishra ve ark. (2021)</b>	Siparişler İle Optimum Sürdürülebilir Envanter Yönetimi	Regresyon Analizi	X	X	

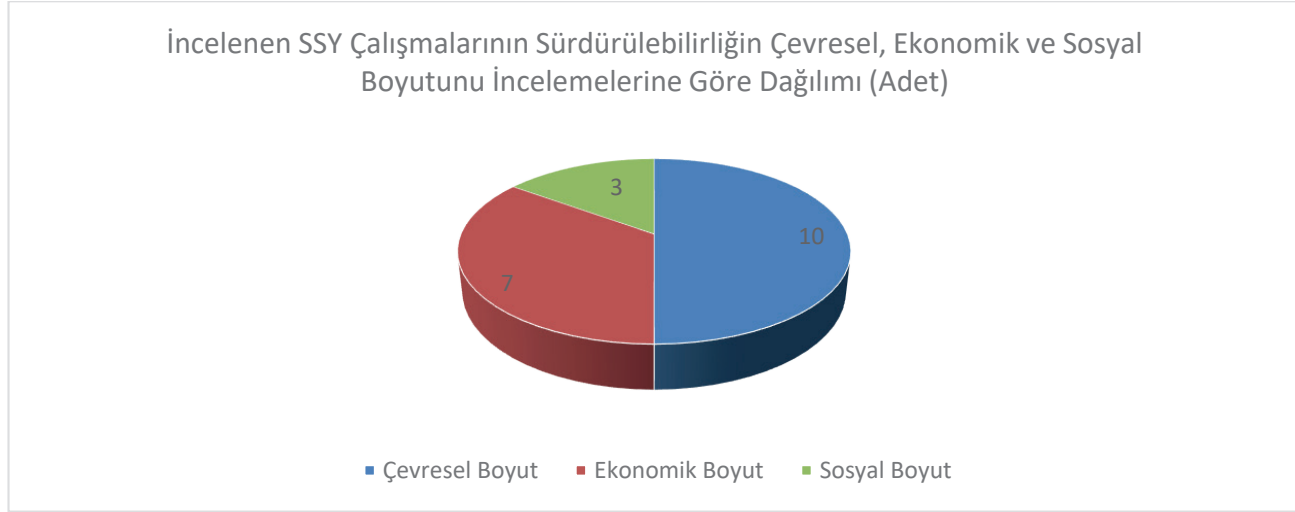
<b>Mandal ve ark. (2021)</b>	Ticari Politikalar Yoluyla Sürdürülebilir Envanter Yönetimini Geliştirmek	Duyarlılık Analizi	X	X
<b>Jauhari (2022)</b>	Yeşil Yatırımla Sürdürülebilir Envanter Yönetimi	Duyarlılık Analizi	X	X
<b>Maheshwari ve ark. (2023)</b>	Optimum Atık Yönetimini Kullanan Üç Katmanlı Bir Tedarik Zinciri İçin Sürdürülebilir Envanter Modeli	Duyarlılık Analizi	X	X
<b>Jauhari ve ark. (2023)</b>	Hibrit Üretim Sistemi İle Sürdürülebilir Stok Yönetimi	Duyarlılık Analizi	X	X

Şekil 1’de, literatürdeki STZY çalışmalarının sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutunu incelemelerine göre dağılımını gösteren grafik verilmiştir.



**Şekil 1:** Literatürdeki STZY Çalışmalarının Sürdürülebilirliğin Çevresel, Ekonomik ve Sosyal Boyutunu İncelemelerine Göre Dağılımı.

Şekil 2’de, literatürdeki SSY çalışmalarının sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutunu incelemelerine göre dağılımını gösteren grafik verilmiştir.



**Şekil 2:** Literatürdeki SSY Çalışmalarının Sürdürülebilirliğin Çevresel, Ekonomik ve Sosyal Boyutunu İncelemelerine Göre Dağılımı.

## 7. BULGULAR

Literatürde incelenen STZY çalışmalarından elde edilen en temel bulgu, çalışmalarda sürdürülebilirliğin çevresel ve ekonomik boyutuna atfen çok fazla çalışma yapılmasına rağmen, işin özü sosyal boyut üzerinde şekillenmiş ve buna bağlı olarak çözüm yolları geliştirilmiştir. Öte yandan, STZY literatüründe eski yıllarda ağırlıklı olarak sürdürülebilirliğin sosyal boyutuna yönelik çalışmalar bulunurken, son yıllara doğru çalışmalara ekonomik ve çevresel boyutun da dâhil edildiğini ve sürdürülebilirliğin üç boyutunun birlikte ele alınmaya başlandığını söylemek mümkündür. Ayrıca son yıllara doğru, çalışmaların çoğunda ekonomik ve sosyal boyut ikilisinin, sosyal ve çevresel boyut ikilisinden daha fazla beraber ele alındığı (üç boyutun beraber ele alındığı durumlar hariç) görülmektedir. Bunun yanında, çevresel ve ekonomik boyutun neredeyse hiç beraber ele alınmadığı söylenebilir. Ancak, yapılan araştırmalar sonucunda bu üç boyut beraber ele alındığında işletme için en büyük faydayı sağlayacaktır.

SSY literatüründeki çalışmalarda ise, STZY literatürünün tersine; sürdürülebilirliğin sosyal boyutu en az araştırılan konu olurken, araştırmaların tamamında çevresel boyutun incelendiği görülmektedir. Ayrıca, çevresel boyut ağırlıklı olarak ekonomik boyutla beraber ele alınırken; ekonomik ve sosyal boyutların beraber ele alındığı bir araştırmanın olmayışı dikkat çekmektedir. Aynı zamanda; SSY alanındaki çalışmalar, çok eskiye dayanmamakla beraber son dönemlerde bu başlığa olan ilginin arttığı görülmektedir. Yine de literatürde SSY alanındaki çalışmalar oldukça yetersiz kalmaktadır. SSY alanında, ekonomik ve sosyal boyutun beraber ele alındığı bir çalışmanın olmaması literatürde bir boşluk yaratmaktadır.

## 8. TARTIŞMA VE SONUÇ

İşletme faaliyetleri ve tedarik zinciri yönetiminde en önemli faktörler arasında olan sürdürülebilirlik kavramı, günümüz ve gelecek kuşaklar için ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar kapsamında eşit olanaklar sağlayabilme hedefini aynı anda içermektedir. STZY, işletmelerin sadece hayatta kalmak için değil; uzun vadede gelişmek ve başarılı olmak için neler yapılması gerektiğiyle ilgili sorulara da yanıt vermektedir. Öte yandan, tüm tedarik zinciri boyunca farklı şekillerde görülen stoklarla ilgili kararlar, zincirdeki tüm sürecin etkinliği için büyük bir öneme sahiptir. Üretim aşamasından, müşteriye ürünün teslimine kadar olan stok ve ilgili bilgilerin hareketi tüm tedarik zincirinin etkinliğini ilgilendirmektedir. Günümüzde genel

olarak sürdürülebilir envanter yönetimi, operasyonları için ihtiyaç duydukları girdileri ekonomik, çevresel ve sosyal çıktılara entegre edilmesinin yönetimiyle ilişkilendirilmektedir. Bununla beraber, tedarik zincirlerinde bu üç boyut entegre edilerek uygulamalar yapıldığında, şirketler sürdürülebilirlik bazında maksimum fayda almaktadır.

Bu bağlamda, STZY ve SSY konuları üzerine yapılan literatür taramasında, yapılan çalışmaların sürdürülebilirliğin hangi boyutuyla (çevresel, sosyal, ekonomik) ilgilendikleri araştırılmış ve sonuçlar tablo haline getirilmiştir. Araştırma sonuçları, STZY alanındaki çalışmalarda geçmişten günümüze yaklaştıkça sürdürülebilirliğin üç boyutunun da beraber alındığını, ancak sosyal boyutun en çok araştırma konusu olduğunu göstermiştir. SSY alanındaki çalışmalarda ise sürdürülebilirliğin üç boyutunu da ele alan çalışma sayısı yeterli olmamakla beraber, sürdürülebilirlik çalışmalarında üç boyutun da birlikte ele alınması gerekmektedir. Öte yandan, SSY alanındaki çalışmalarda, çok eskiye dayanmamakla beraber son dönemlerde bu başlığa olan ilginin arttığı görülmektedir. Yine de literatürde SSY alanındaki çalışmalar oldukça yetersiz kalmaktadır. SSY alanında üç boyutun birlikte ele alındığı bir çalışmanın olmaması da literatürde bir boşluk yaratmaktadır. Gelecek çalışmalar için; SSY’de sürdürülebilirliğin üç boyutunun beraber ele alındığı çalışmalar, SSY’nin uygulanmasındaki engeller, SSY’nin sağladığı faydalar gibi SSY alanında araştırmalar yapılarak bu konularda literatüre katkı sağlanması planlanmaktadır.

## 9. KAYNAKÇA

- Abualigah, L., Hanandeh, E.S., Zitar, R.A., Thanh, C.L., Khatir, S. ve Gandomi, A.H. (2023). Revolutionizing sustainable supply chain management: A review of metaheuristics. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 106839.
- Akandere, G. (2019). Yeşil depo yönetimi uygulamalarının işletme performansı üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(3), 737-754.
- Aljoghaiman, A., Saad, M. ve Kumar, V. (2020). Investigating the Motivators, Barriers and Enablers Associated With the Implementation of Sustainable Supply Chain In Saudi Manufacturing Industry. *Proceedings of the 3rd IEOM European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Bristol, UK.
- Altuntaş, C. ve Türker, D. (2012). Sürdürülebilir tedarik zincirleri: sürdürülebilirlik raporlarının içerik analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 39-64.
- Alzoubi, H., Ahmed, G., Al-Gasaymeh, A. ve Kurdi, B. (2020). Empirical study on sustainable supply chain strategies and its impact on competitive priorities: The mediating role of supply chain collaboration. *Management Science Letters*, 10(3), 703-708.
- Börekçi, D.Y. (2021). Tedarik zinciri rezilyansı yönlendiricisi olarak tedarikçi çeşitliliği. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 13(1), 56-69.
- Brandao, M.S. ve Godinho-Filho, M. (2022). Is a multiple supply chain management perspective a new way to manage global supply chains toward sustainability? *Journal of Cleaner Production*, 375, 134046.



- Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J. ve Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233, 299-312.
- Bui, T.D., Tsai, F.M., Tseng, M.L., Tan, R.R., Yu, K.D.S. ve Lim, M.K. (2021). Sustainable supply chain management towards disruption and organizational ambidexterity: A data-driven analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 373-410.
- Cantele, S., Russo, I., Kirchoff, J.F. ve Valcozzena, S. (2023). Supply chain agility and sustainability performance: A configurational approach to sustainable supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 414, 137493.
- Chen, X., Wang, X., Kumar, V. ve Kumar, N. (2016). Low carbon warehouse management under cap-and-trade policy. *Journal of Cleaner Production*, 139, 894-904.
- Chopra, S., Reinhardt, G. ve Dada, M. (2004). The effect of lead time uncertainty on safety stocks. *Decision Sciences*, 35(1), 1-24.
- Dai, J., Xie, L. ve Chu, Z. (2021). Developing sustainable supply chain management: The interplay of institutional pressures and sustainability capabilities. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 254-268.
- Dilek, M.S. ve Çağlıyan, V. (2017). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi ve Gıda Sektöründe Görgül Bir Analiz. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erol, İ. ve Veliöğlü, M.N. (2019). An investigation into sustainable supply chain management practices in a developing country. *International Journal of eBusiness and eGovernment Studies*, 11(2), 104-118.
- Fritz, M.M.C., Ruel, S., Kallmuenzer, A. ve Harms, R. (2021). Sustainability management in supply chains: the role of familiness. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121078.
- Garip, Ç., Pirtini, S. ve Kaplan, B. (2021). Tedarik zinciri dayanıklılığı, tedarik zinciri bütünleşmesi ve yeşil pazarlama yöneliminin rekabet avantajı üzerindeki etkisi. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute/Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 43, 139-162.
- Golicic, S.L. ve Smith, C.D. (2013). A meta-analysis of environmentally sustainable supply chain management practices and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 78-95.
- Gültekin, S. ve Deste, M. (2021). Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik uygulamaları ve Malatya ili örneği. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 321-342.

- Gürbüz, H. (2015). Tedarik Zinciri Yönetiminde Alıcı Tedarikçi İlişkilerinde Dayanıklılık Ölçümleri. 15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu. İzmir, Türkiye.
- Harms, D., Hansen, E.G. ve Schaltegger, S. (2013). Strategies in sustainable supply chain management: an empirical investigation of large German companies. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 20(4), 205-218.
- Huang, Y.S., Fang, C.C. ve Lin, Y.A. (2020). Inventory management in supply chains with consideration of logistics, green investment and different carbon emissions policies. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 106207.
- Junge, A.L. ve Straube, F. (2020). Sustainable supply chains–digital transformation technologies’ impact on the social and environmental dimension. *Procedia Manufacturing*, 43, 736-742.
- Jauhari, W.A., Pujawan, I.N. ve Suef, M. (2023). Sustainable inventory management with hybrid production system and investment to reduce defects. *Annals of Operations Research*, 324(1), 543-572.
- Jauhari, W.A. (2022). Sustainable inventory management for a closed-loop supply chain with energy usage, imperfect production, and green investment. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100055.
- Koberg, E. ve Longoni, A. (2019). A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1084-1098.
- Kılıçlı, Y. ve Kıpçak, E. (2023). Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamaları ile performans arasındaki ilişkinin incelenmesi: Bir meta-analiz çalışması. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 261-287.
- Lee, H.L. ve Billington, C. (1992). "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities". *Sloan Management Review*, 33(3), 65-73.
- Lee, C. ve Ha, B.C. (2020). The impact of interactional justice and supply-chain collaboration on sustainable SCM performance: The case of multinational pharmaceutical firms. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(2), 237-247.
- Maheshwari, S., Kausar, A., Hasan, A. ve Jaggi, C.K. (2023). Sustainable inventory model for a three-layer supply chain using optimal waste management. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(1), 216-235.
- Mandal, B., Dey, B.K., Khanra, S. ve Sarkar, B. (2021). Advance sustainable inventory management through advertisement and trade-credit policy. *RAIRO-Operations Research*, 55(1), 261-284.

- Mathivathanan, D., Kannan, D. ve Haq, A.N. (2018). Sustainable Supply Chain Management Practices In Indian Automotive Industry: A Multi-Stakeholder View. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 284-305.
- Mishra, U., Wu, J.Z. ve Sarkar, B. (2021). Optimum sustainable inventory management with backorder and deterioration under controllable carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123699.
- Mugoni, E., Kanyepe, J. ve Tukuta, M. (2024). Sustainable Supply Chain Management Practices (SSCMPS) and environmental performance: A systematic review. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 3(1), 100050.
- Najjar, M. ve Yasin, M.M. (2023). The management of global multi-tier sustainable supply chains: a complexity theory perspective. *International Journal of Production Research*, 61(14), 4853-4870.
- Oyedijo, A., Kusi-Sarpong, S., Mubarik, M.S., Khan, S.A. ve Utulu, K. (2024). Multi-tier sustainable supply chain management: A case study of a global food retailer. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(1), 68-97.
- Özkaya, B. ve Kazançoğlu, İ. (2020). Lojistik İşletmelerini Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimine Yönlendiren Etkenlerin Değerlendirilmesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15(59), 490-502.
- Pagell, M. ve Wu, Z. (2009). Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. *Journal of Supply Chain Management*, 45(2), 37-56.
- Razzak, M.R. (2023). Mediating effect of productivity between sustainable supply chain management practices and competitive advantage: Evidence from apparel manufacturing in Bangladesh. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(2), 428-445.
- Sajjad, A., Eweje, G. ve Tappin, D. (2020). Managerial Perspectives On Drivers For and Barriers To Sustainable Supply Chain Management Implementation: Evidence From New Zealand. *Business Strategy and The Environment*, 29(2), 592-604.
- Sánchez-Flores, R.B., Cruz-Sotelo, S.E., Ojeda-Benitez, S. ve Ramírez-Barreto, M.E. (2020). Sustainable supply chain management: a literature review on emerging economies. *Sustainability*, 12(17), 6972.
- Sarı, İ.U., Ervural, B.Ç. ve Bozat, S. (2017). Analyzing Criteria Used In Supplier Evaluation By DEMATEL Method In Sustainable Supply Chain Management And An Application To Health Sector. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 477-485.

- Sarkar, B., Ahmed, W., Choi, S.B. ve Tayyab, M. (2018). Sustainable inventory management for environmental impact through partial backordering and multi-trade-credit-period. *Sustainability*, 10(12), 4761.
- Sebastianelli, R. ve Tamimi, N. (2020). Antecedents of sustainable supply chain initiatives: Empirical evidence from the S&P 500. *Business and Society Review*, 125(1), 3-22.
- Seçkin, F. (2019). Tedarik zinciri yönetiminde ve tedarikçi seçiminde sürdürülebilirlik kavramının gelişimi. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 2(2), 45-64.
- Seuring, S. ve Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699-1710.
- Shaikh, F.A., Shahbaz, M.S. ve Odhano, N. (2020). A short review on green supply chain management practices. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 10(2), 5367-5370.
- Sofyalıoğlu, Ç. ve Kaçmaz, E. (2020). Bütünleşik KFG yaklaşımı ile sürdürülebilir tedarik zinciri tasarımı: Otomotiv yan sanayinde bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 27(3), 445-477.
- Şentürk, T., İkizler, C. ve Aytekin, G.K. (2020). Sağlık kurumlarında tedarik zinciri yönetimi kapsamında stok yönetiminin incelenmesi: Bir alan araştırması. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(17), 7-46.
- Şişman, B. (2018). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi performansını geliştirmede en uygun alternatif faaliyetlerin bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14, 83-98.
- Tan, K.S., Daud-Ahmed, M. ve Sundaram, D. (2009). Sustainable warehouse management. In *Proceedings of the International Workshop on Enterprises and Organizational Modeling and Simulation*, 1-15.
- Taticchi, P., Tonelli, F. ve Pasqualino, R. (2013) Performance measurement of sustainable supply chains: A literature review and a research agenda. *International Journal of Productivity and Performance Management* 62(8), 782-804.
- Walker, H. ve Jones, N. (2012). Sustainable supply chain management across the UK private sector. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(1), 15-28.
- Wang, J., Zhang, Y. ve Goh, M. (2018). Moderating the role of firm size in sustainable performance improvement through sustainable supply chain management. *Sustainability*, 10(5), 1654.

- Wang, J. ve Dai, J. (2018). Sustainable Supply Chain Management Practices And Performance. *Industrial Management & Data Systems*, 118(1), 2-21.
- Wang, J., Zhu, L., Feng, L. ve Feng, J. (2023). A meta-analysis of sustainable supply chain management and firm performance: Some new findings on sustainable supply chain management. *Sustainable Production and Consumption*, 38, 312-330.
- Wolf, J. (2014). The relationship between sustainable supply chain management, stakeholder pressure and corporate sustainability performance. *Journal of Business Ethics*, 119, 317-328.
- Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S.K., Mangla, S.K. ve Rai, D.P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of Industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120112.
- Zeng, H., Chen, X., Xiao, X. ve Zhou, Z. (2017). Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms. *Journal of Cleaner Production*, 155, 54-65.



## ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNE ETKİSİ: LİTERATÜR TARAMASI

### THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS ON THE LOGISTICS SECTOR: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.20854/bujse.1480026 Elif Şahin<sup>2,\*</sup>, Yavuz Özdemir<sup>2,\*</sup>, Mustafa Yıldırım<sup>3</sup>, Hakan KAVAK<sup>4</sup>

#### Öz

Endüstri 4.0; en genel tanımıyla, hâlihazırda işleyen bir süreçten insan faktörünün alınarak yerine makine sistemlerinin konulmasıdır. Burada bahsi geçen insan faktörü, kas gücü demektir. Önem derecesi düşük, bilgi birikimine ihtiyaç duyulmayan işlerin makineler tarafından yapılarak insan zekâsının daha verimli ve faydalı alanlarda kullanılmasını esas alır. Öte yandan lojistik sektörü, hizmet sektörü içerisinde büyük öneme sahip ve gün geçtikçe değerlendirilen bir sektör hâline gelmiştir. Bitmiş ürünün son tüketiciye ulaştırılması ve/veya hammadde, elektrik, enerji ulaşımı gibi konularda hizmet vermektedir. Lojistik sektörü, dinamik bir süreç olması nedeniyle sürekli gelişime muhtaçtır, aksi takdirde yeni dünya rekabetçileri ve artan müşteri istekleri ile baş edemez duruma gelerek sektör dışı kalabilir. Bu durumda Endüstri 4.0, tıpkı diğer sektörleri etkilediği gibi, lojistik sektörünü de etkileyecektir. Bu çalışma, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektördeki etkilerini sistematik bir literatür taraması ile değerlendirmektedir. 2013-2023 yılları arasında özellikle dijital dönüşüm ve akıllı lojistik konularında çeşitli çalışmalar yapılmış olup, bu çalışmaların en çok 2020-2021 yıllarında yoğunlaştığı görülmüştür.

#### Abstract

Industry 4.0, in its most general definition, is the removal of the human factor from an already functioning process and replacing it with machine systems. The human factor referred to here is muscle power. It is based on the use of human intelligence in more efficient and useful areas, with machines performing tasks that are of low importance and do not require knowledge. On the other hand, the logistics sector has become a sector of great importance and increasing value within the service sector. It provides services such as transportation of finished products to the end consumer and/or transportation of raw materials, electricity and energy. The logistics sector is in need of continuous development as it is a dynamic process, otherwise it may be out of the sector by being unable to cope with new world competitors and increasing customer demands. This study evaluates the effects of Industry 4.0 applications in the logistics sector through a systematic literature review. Various studies have been conducted between 2013-2023, especially on digital transformation and smart logistics, and it has been observed that these studies are mostly concentrated in 2020-2021.

**Anahtar Kelime:** Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürdürülebilir Stok Yönetimi, Sürdürülebilirliğin Üç Boyutu

**Keywords:** Sustainable Supply Chain Management, Sustainable Inventory Management, Three Dimensions of Sustainability

<sup>2</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, eliifsahin23@gmail.com, orcid.org/0009-0007-0494-7380

<sup>2,\*</sup> Sorumlu Yazar: İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yavuz.ozdemir@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-6821-9867

<sup>3</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mustafa.yildirim@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-5709-4421

<sup>4</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, hakankavak34@gmail.com, orcid.org/0009-0004-8753-56960

## 1. GİRİŞ

Endüstri 4.0, 2011 yılında Hannover fuarında lanse edilen yeni sanayi devrimidir. Endüstri 4.0, önem derecesi düşük, vasıf gerektirmeyen işlerin insan işgücü yerine makine ve robot gücünün kullanılmasına ve önemli kabul edilen, nitelik gerektiren işler üzerine uzmanlaşmaya dayanan bir katma değer yaratma devrimidir (Sener ve Elevli, 2017). İnsan gücünün yerini makinelerin almasıyla ve bu makinelerin bilgisayarlar ve internet teknolojilerindeki yeni gelişimler sayesinde koordine edilebilir hâle gelmesiyle Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkması sağlanmıştır (Bulut ve Akçacı, 2017). Bu yeni sistemde karar almak, kol gücünden makine gücüne geçiş, güvenlikle ilişkili siber-fiziksel sistemler ve çeşitli IT (bilgi teknoloji) ve OT (operasyonel teknoloji) sistemlerindeki verileri kararlara çevirerek yeni meslekler olarak piyasaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin gerçekleşmesinde “Otonom Robotlar, Büyük Veri, Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti” ve “Bulut Bilgi İşleme” gibi farklı disiplinler önemli rol oynamaktadır (Aydın, 2019). Bu çalışmada, “Endüstri 4.0 uygulamaları lojistik süreçlerini nasıl dönüştürmektedir?” sorusuna yanıt aranmıştır. Çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörleri üzerindeki varlığının belirlenmesi ve bu doğrultuda yapılan çalışmaların yıllar içerisinde nasıl bir değişim gerçekleştirdiğini inceleyerek literatür taramasını sunmaktır. Bu bağlamda, araştırma kapsamındaki veriler sistematik bir şekilde çeşitli akademik veri tabanlarında “Endüstri 4.0”, “Lojistik 4.0” ve “Dijital Dönüşüm” gibi anahtar kelimelerle taranmış ve ilgili çalışmalar analiz edilmiştir.

### 1.1. Lojistik 4.0

Lojistik 4.0; lojistik operasyonların dijitalleşme, otomasyon ve akıllı teknolojilerle yeniden şekillendiği bir kavramdır. Rekabetin ön planda olduğu tüm diğer sektörler gibi, lojistik sektöründe de değişim ve gelişim hızlı bir şekilde önemli duruma gelmiştir (Saatçioğlu vd., 2018). Lojistik sektörünün, neredeyse diğer tüm üretim ve hizmet sektörü ile yakın ilişki içerisinde olması, endüstride olası değişimlere uyum sağlaması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Lojistik süreçlerin tamamen fiziksel olarak ele alınması, lojistik firmalarının rekabetçi olabilmeleri için yeterli değildir. Geleceğin lojistik kavramı, dijitalleşme, akıllı çözümler ve otomasyon etrafında şekillenecektir. Lojistik firmaları için başarının anahtarı geçmişte, verimlilik, standardizasyon ve düşük maliyet iken dijital dönüşüm ile birlikte bunlara çeviklik, müşteri odaklılık, esneklik ve sürekli inovasyon gibi zorunluluklar eklenmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler, üretimde dijitalleşme ve otomasyon baskısının artması birleştiğinde, lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesi için çeşitli fırsatların yolunu açmıştır (Strandhagen vd., 2017).

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Ginters ve Martin-Gutierrez (2013), lojistikte görselleşme ile ilgili araştırma yapmışlardır. Buna göre, sonuçların belirli bir kullanıcının algısına göre görselleştirilmesinin, lojistik sektöründeki hataları ve maliyetleri azaltacak şekilde giderek daha önemli bir konu hâline geldiğini anlamışlardır. AR (Artırılmış Gerçeklik) çözümlerinin, bu görselleştirmenin etkili bir şekilde sağlanabileceği potansiyel bir çözüm sunduğu belirtilmiştir. Bunun, görsel materyallerle sınırlı kalmayan bir öğrenme sürecine olanak tanıdığı, aynı zamanda psikolojik rahatsızlıklara neden olmadan daha etkili bir öğrenme deneyimi sunduğu belirtilmiştir. Yakın gelecekte, bu tür

çözümlerin depolarda yaygın olarak kullanılacağını ve büyük ölçekli üretim sistemlerinin bir parçası hâline geleceğini öngörmüşlerdir.

Kim ve ark. (2015), nesnelerin interneti tabanlı lojistik konumu ve kaynak hizmeti için akıllı takip sistemi geliştirmekle ilgili araştırma yapmışlardır. Bu araştırma ile sorunları çözerken daha doğru ve güvenilir lojistik taşımacılığı için son derece işlevsel, yüksek verimli bir akıllı çoklu takip sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemin özelliklerinden biri, mevcut sistemlerin en belirgin sorunu olan gerçek zamanlı hareket konum hatalarının, GPS ile konum takibi yerine karmaşık sensörlerle geliştirilerek azaltılması olarak açıklanmıştır.

Timm ve Lorig (2015), lojistikte 4.0 teknolojisini araştırmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, süreç simülasyonunun genişletilmesi sürecinde, otonom yeteneklere sahip herhangi bir kaynak veya insanın ayrı bir sanallaştırmada modellenmesi gerekmektedir. Bunun, lojistik sistemlerde otonom karar vericilerin entegrasyonu için kritik bir adım olduğu söylenmiştir. Ayrıca araç tarafından sağlanan bazı kavramların kötüye kullanılma riski olduğu belirtilmiştir. Bu durumda, güvenlik ve güvenilirlik konularının önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Galindo (2016), Lojistik 4.0'ı araştırmıştır. Endüstriyel bilgisayar üretiminin optimize edilmesi ile ilgili çalışma yapmıştır. Müşteri siparişi doğruladıktan sonra ERP (Enterprise Resource Planning/Kurumsal Kaynak Planlaması) sisteminin benzersiz bir seri numarası içeren faturayı oluşturduğu bir araç araştırılmıştır. Bu araştırmada amaç, bir parti büyüklüğü ile aynı verime sahip tek seferlik bir ürün üretilmesinin önemidir. Sonuç olarak, tedarik zincirinin her açıdan daha akıllı ve verimli olacağı, müşteri isteklerine odağın artacağı bulunmuştur.

Lee ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada enerji performansını göz önünde bulundurarak talep üzerine teslimat hizmeti için entegre bir karar verme çerçevesi önermişlerdir. Gelen teslimat taleplerinin kabulünün kontrol edilmesine yönelik süreçleri MDP (Markov Decision Process/Markov Karar Süreci) yaklaşımına dayalı olarak modellemişlerdir.

Horenberg (2017), 3PL (3. Taraf Lojistik) firmalarının katma değerli hizmetlerini iyileştirebilmek adına Lojistik 4.0 uygulamalarına yönelik olarak araştırma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, 3PL firmalarının kullanmış olduğu dört teknoloji ile karşılaşmıştır. Bunlar sırasıyla blokzincir, otonom araçlar, elektronik pazar platformları ve 3D yazıcılar olarak bulunmuştur.

Alnıpak ve Alkan (2017), sanayi 4.0'ın liman lojistiğine etkilerini araştırmışlardır. Buna göre, limanlar için otomatik olarak anlık, eksiksiz ve doğru veri sağlanması bu teknolojiler ile kolay hâle geleceğini anlamışlardır. Uzaktan iş emirleri alıp verilerek süreçlerin hızlanmasının sağlanacağı bulunmuştur. Daha etkin ve verimli planlama, tahliye, yükleme sağlanacak ve her aşamada izlenebilirliğin artacağı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra limanların departmanlar arasında etkin veri akışının sağlanması, aktivite içindeki tüm insan, araç ve yüklerin takip edilebilmesi ve konum bilgilerinin alınabilmesinin sağlanacağı söylenmiştir.

Balcı (2017), lojistik sektöründe dijitalleşme sürecini araştırmıştır. Üretimin depolara ve dağıtıma dâhil olmasının, dijital teknolojilerin yer almadığı sistemler ile devam ettirilmesinin mümkün olmadığını görmüştür. Süreçte en uygun bilgi teknolojisinin depolama alanında yapay zekâ olduğu sonucuna varılmıştır. Bunu; IoT (Nesnelerin İnterneti), büyük veri, robot teknolojisi ve artırılmış gerçekliğin izlediği sonucuna varmıştır.

Witkowski (2017), lojistik sektöründe yenilikçi çözümleri araştırmıştır. Buna göre, teslimat hizmetlerinde teslimat süreleri, ürün kullanılabilirliği ve güvenilirlik konularında artan müşteri taleplerine cevap verme amacıyla işletmeler, daha bilinçli ve talepkâr hâle gelen müşterilere değer sağlamaya odaklanmalıdır. En son çözümler arasında IoT, Büyük Veri ve Endüstri 4.0 gibi



teknolojiler, müşteri ihtiyaçlarını karşılama fırsatları sunmanın yanı sıra lojistik gelişimine de katkıda bulunduğunu belirtmiştir.

Önden (2018), lojistik sektöründeki gelişmelere ve gelecekte insansız lojistik sisteminin çalışabilirliğine yönelik araştırmalarda bulunmuştur. Sonuç olarak yakın gelecekte lojistik sistemlerinde insansız araçların kullanılabilirliği öngörülmüştür.

Saatçioğlu ve ark. (2018), Endüstri 4.0 kapsamında bir vaka analizi yapmıştır. IoT, Büyük Veri, görüntü işleme ve otomasyon ağırlıklı olarak kullanılan teknolojiler arasında olduğunu bulmuştur.

Öztemel ve Gürsev (2018); yapılan araştırmada, teknolojik anlamda IoT, robotik, veri madenciliği, depo otomasyon sistemleri gibi teknolojiler lojistik sektörünün ihtiyaçlarını karşılama konusunda yeterli geldiğini bulmuşlardır.

Bacak ve ark. (2018), treyler sektöründe IoT'a dayanan nakliye çözümlerinin lojistik sektörüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, treyler sektöründeki Endüstri 4.0 çalışmalarının lojistik sektörünün verimliliğini arttıracaklarını öngörmüşlerdir. Dijital dönüşüm sürecinin gereklilikleri ile treyler üreticilerinin "ürüne dayalı" modelden "ürün ve çözüm odaklı" modele geçiş için çalışmalar yaptığını görmüşlerdir.

Lee (2018); araştırmasında, önerdiği WMS (Depo Yönetim Sistemi), en uygun sipariş toplama yöntemini seçmek için bulanık mantık tekniği ile entegre etmiş ve böylece sipariş toplama sürecinin verimliliği arttırılmıştır. WMS'nin daha iyi bir depo performansı sağladığına ulaşılmıştır. Ayrıca sipariş teslim alma süresini, envanter doğruluğunu ve depo verimliliğini arttırabildiğine ulaşılmıştır. Envanterin, RFID (Barkod Okuyucu) ile izlenebilir hâle gelebildiğini anlamıştır. Robotlar kullanılarak toplayıcıdan mallara ve mallardan toplayıcıya kadar depodaki toplama ve paketleme işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini söylemiştir.

Göçmen ve ark. (2018), bir lojistik şirketine vaka çalışması yapmışlardır. Şirket; taşıma, depolama ve dağıtım hizmet birimlerine yönelik bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Şirketin Ar-Ge faaliyetleri arasında dijitalleştirme ve görselleştirme, internet ve mobil uygulamalar, bilişim, iletişim teknolojileri, simülasyon ve robotik sistemler gibi önemli alanların yer aldığı belirtilmiştir. Şirketin, özellikle otonom ulaşım, envanter yönetimine ve gerçek zamanlı rotalama konularına öncelik vermeleri gerektiğine ulaşılmıştır.

Nagy ve ark. (2018), Endüstri 4.0'ın üretim lojistiği performansına olan etkilerini araştırmışlardır. Bu etkilerin, dinamik müşteri ihtiyaçlarına hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verebilen, stokları azaltabilen ve süreçleri optimize eden bir üretim ortamını teşvik ettiğini bulmuşlardır. Bu bağlamda, "milkrun" kavramının, malzeme tedariki ve bilgi akışını birleştiren bir yaklaşım sunduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, üretim lojistiği performansını arttırmak için, milkrun süreçlerinin hem malzeme hem de bilgi akışını etkili bir şekilde yöneten, gerçek zamanlı planlama ve bakım görevlerini içeren bir yaklaşım benimsemek gerektiğini belirtmişlerdir.

Seyhan (2019), Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uyarlanması üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada; gelişen ve dijitalleşen endüstriyel sektörden, lojistiğin nasıl etkileneceği ve sektör içerisinde kendine nasıl bir yer bulacağı araştırılmıştır. Lojistik sistemlerinin 4.0'a geçiş yapabilmesi için yapılan yatırımlarına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Bolat (2019), 4. Sanayi Devrimi'nin lojistik sektörüne etkilerini araştırmıştır. Buna göre, Endüstri 4.0 ile lojistikteki süreçlerin hız kazanacağı ve sektörün bu doğrultuda daha da ilerleyeceği düşünülmektedir. Ayrıca bu süreçte teknolojik sistemlerin lojistik sektörüne

kazandırdığı “sürücüsüz taşıtlar”, “drone ile teslimat”, “verimlilik”, “maliyetlerin azaltılması”, “müşteri memnuniyetinin artırılması” gibi kanıların da olduğunu bulmuştur.

Stachowiak (2019), Lojistik 4.0’ın gelişimini arttırmak için bilgiyi hazmetme kapasitesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Buna göre, bilgiyi kullanma yeteneği, Lojistik 4.0’a giren çözümlerin kullanılmasına yönelik en büyük olasılığı sağlar. 5G teknolojisinin gelişmesiyle Lojistik 4.0 çözümlerinin uygulama ve kullanım maliyetleri azalmaktadır. Bir kuruluşta, bilgiyi özümseme yeteneğinden kaynaklanan Lojistik 4.0 araçlarının etkin kullanımına ilişkin faktörlerin belirlenmesinin, sürdürülebilir işletmelerin oluşması açısından önemli bir konu olduğunu belirtmiştir.

Akkaya ve Kaya (2019), akıllı lojistik ile ilgili çalışma yapmışlardır. Buna göre, teknolojik ilerlemeler, akıllı teknoloji ve artan rekabet gibi değişimler, lojistik firmalarını, yeni teknolojileri geliştirmeye yönlendirmektedir. Ayrıca, lojistik operasyonları geliştirmek, hızlandırmak ve maliyetleri en aza indirmek amacıyla, bu firmaların yeni teknolojik yaklaşımlardan yararlanmaları gerektiğini belirtmişlerdir.

Rejeb (2019), yaptığı araştırmada, bilgisayar tarafından üretilen içeriğin gerçek dünya lojistik sahnelerine doğru bir şekilde yerleştirilmesinin zorluğundan bahsetmiştir. Ayrıca, engeller arasında AR teknolojilerinin henüz olgunlaşmamış olması, lojistik faaliyetlere etkili bir şekilde uygulanamaması ve çalışanların AR cihazlarını kullanmadaki yetersizliği gibi faktörlerin bulunduğu belirtilmiştir. Bu sorunların, AR çözümlerinin lojistik sektöründe kabul edilmesini ve uygulanmasını sınırlayabildiğini belirtmiştir.

Karunarithna ve ark. (2019), yazılarında, 3PL (3. Taraf Lojistik) firmalarının karşılaştığı işgücü sıkıntısı gibi kritik zorlukları vurgulayarak bu firmaların başarılarına etki eden faktörlere odaklanmaktadır. İş gücü planlaması, eğitim ve yetenek geliştirme gibi konularda stratejik çözümlerin tartışılması, 3PL hizmet sağlayıcılarının bu zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olabildiğini ve lojistik sektöründeki etkilerini olumlu yönde artırabildiğini belirtmiştir.

Çelik (2020), yaptığı araştırmaya göre; lojistik sektöründeki yeni teknoloji ve gelişmelerin sektörün iş alanına köklü değişimler sağlayacağını belirtmiştir. Lojistik sektörünün yeni bilişim teknolojileri ve Endüstri 4.0 ile birleşmesi ile gelecek yıllar içinde yeni mesleklerin hayatımıza gireceğini ifade etmiştir. Buna göre, 2030 yılı ve sonrasında, bugün yapılan mesleklerin çoğunun artık var olmayacağını öngörmektedir.

Ar ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada bulanık Dematel yöntemi kullanarak lojistik firmalarının Endüstri 4.0’a uyumunda dikkate alınmaları gereken faktörleri araştırmışlardır. Sonuçlara göre, lojistik firmalarının Endüstri 4.0’a uyum sürecinde en etkili ilk üç faktörün sırasıyla; uyum yeteneği, dijitalleşme düzeyi ve esneklik olduğu bulunmuştur. Buna göre lojistik firmalarının iş süreçlerini yeni iş yapma modellerine göre dönüştürebilmesinin, en önemli gereklilik olduğunu belirtmişlerdir.

Bilgiç ve ark. (2020), dijitalleşmenin lojistik yönetimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlara göre, müşterinin istediği hız, şeffaflık ve kaliteye ulaşmak ve aynı zamanda lojistik maliyetlerini düşürmek için firmaların artık dijital sistemlere uyum sağlamaları gerektiğini anlamışlardır. İnternetin yaygınlaşması ile müşteriler farklı sevkiyat alternatiflerine erişebilince şiddetli rekabet de kaçınılmaz olduğundan işletmelerin dijitalleşmeye daha fazla kaynak ayırması gerektiğini belirtmişlerdir.

Verma ve ark. (2020), akıllı lojistik hedeflerine ulaşmada Endüstri 4.0 için risk ve dayanıklılık analizini incelemişlerdir. Sonuç olarak, lojistiğin daha akıllı hâle gelebilmesi için hem bireysel

hem de bir bütün olarak organizasyon içerisinde yeni beceriler edinilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kodym ve ark. (2020), Lojistik 4.0 teknolojilerinin getirdiği riskler hakkında araştırma yapmışlardır. Buna göre bu teknolojilerin bilinçsizce uygulanmasının şirketler için ekonomik risk oluşturduğunu belirtmişlerdir. Özellikle başlangıç yatırımı açısından hangi teknolojilerin uygun olduğunun dikkatlice düşünülmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca teknik, sosyal, ekolojik veya hukuki risklerin belirlenmesinin de gerekli olduğunu bulmuşlardır. Tüm bu riskler ayrı ayrı hareket etmeyip, birbiriyle yakından ilişkili olduğu için, bu riskleri minimize etmek gerektiğini anlamışlardır.

Winkelhaus (2020), Lojistik 4.0 kavramı üzerine araştırma yapmıştır. Buna göre, toplu kişiselleştirmenin ve sürdürülebilirlik gibi trendlerin artan karmaşıklığa ve lojistik sistemler üzerinde daha yüksek taleplere yol açtığı gösterilmiştir. Bu karmaşıklığın yönetilmesi, günümüzde mevcut olandan farklı planlama ve kontrol mekanizmalarına ihtiyaç duymaktadır. Bunun üzerine Lojistik 4.0 sistemlerinin ana araştırma akış ve modellerini ele almıştır. İnceleme, yeni lojistik sistemlerinin kendi içinde bir amaç olmadığı, gelecekteki üretim ve ticaret ağlarının gerekli bir unsuru olduğu varsayımına dayanmaktadır.

Guo (2020), büyük veriye dayanarak akıllı lojistiği incelemiştir. Buna göre, akıllı lojistiğin yinelenmesi, lojistik ve taşımacılığın verimliliğini etkin bir şekilde artırmak ve müşteri memnuniyetini artırmak için büyük verilere ve diğer ilgili yüksek teknolojilere ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir. Büyük verilere dayalı akıllı lojistik modunun yeniden inşasının fikirler, unsurlar ve yollar gibi farklı yönlerden başlaması gerektiğine işaret edilmiş ve akıllı lojistik modunun makul, güvenli ve istikrarlı çalışmasını gerçekleştirmek için lojistik e-ticaret platformu ve devlet işleri platformu oluşturmak için sistem entegrasyon teknolojilerinden tam olarak yararlanılması gerektiğini ifade etmiştir.

Prokopenko (2020), çalışmada, lojistik kavramlarını ve teknolojilerini işletmelerin iş süreçlerini optimize etmek amacıyla başarılı bir şekilde uygulayabileceğini ortaya koymuştur. Lojistik sistemlerde hem organizasyon içinde hem de organizasyonlar arası düzeyde iş süreçlerini optimize etmek için lojistik zincirlerinin yönetimine yönelik kanıtlanmış yaklaşımların uygulandığını göstermiştir. Mevcut durumu anlamak, sorunları teşhis etmek ve iş süreçlerini iyileştirerek iş modelini geliştirmek için kurumsal mimari modelinin uygulanması da vurgulanmaktadır. Bu yaklaşımın, işletmelerin iş süreçlerini daha verimli, etkili ve rekabet avantajı sağlayacak şekilde optimize etmelerine olanak tanıdığı belirtilmiştir. Bu çerçevede, lojistik kavramlarının ve teknolojilerinin işletmelerin genel performansını artırmada önemli bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır.

Aylak ve ark. (2021), yapay zekâ tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı ile ilgili araştırma yapmışlardır. Buna göre, sektörün büyümesiyle karmaşa daha büyük bir boyut kazanmaya başlamıştır. Artan müşteri talepleri, elde edilen veriler, daha fazla işletme ve iş koluyla entegrasyon gibi sorunların bunlardan bazıları olduğu vurgulanmıştır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için insan gücü ve zekâsının yeterli gelmediği anlaşılmıştır. Yapay zekâ bu süreçleri insana kıyasla minimum süre, maliyet ve hata ile yönetebilmektedir. Lojistik şirketlerinin rekabet edebilirliğinin, büyük ölçüde insan-yapay zekâ iş birliği faktörüne bağlı olduğu saptanmıştır.

Öz ve Tanç (2021), Lojistik 4.0 hakkında teorik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya göre, Lojistik 4.0 işletmelere inovasyon, katma değer ve sürdürülebilirlik noktalarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne etkisi üzerine insana gerek

kalmayarak işsizliğin artacağına düşünülebileceğini fakat operasyonel alanlarda azalan personel ihtiyacına karşın kalifiyeli personel ihtiyacının artacağını belirtmişlerdir. Lojistik 4.0, başarılı şekilde uygulanırsa ürün akışıyla ilgili süreci fark edilebilir düzeyde akıcı hâle getireceği belirtilmiştir.

Çakılcı ve Öztürkoğlu (2021), yaptıkları araştırmaya göre, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektöründeki işletmelere büyük fayda sağlayacağını düşünmüşlerdir. Hammadde temininden, tüketiciye kadar olan tüm süreçlerde lojistik faaliyetlerinin öneminin büyük olduğunu vurgulamışlardır. 21. yy'da dijitalleşme ile gelişen teknolojiye sahip olmayan, onu üretemeyen ve süreçlerinde kullanamayan şirketlerin, dünyanın gerisinde kalarak belirli bir süre sonra tamamen silineceğini belirtmişlerdir.

Dilek ve İnceaz (2021), küreselleşme sürecinde teknolojik dönüşümün lojistik sektörüne etkilerini araştırmışlardır. Bu dijital dönüşüm karşısında lojistik sektörünün yeni nesil teknolojik gelişmelerle bu sürece uyum sağlaması ve çözümler geliştirmesi gerektiğini savunmuşlardır. Ayrıca, aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri, karmaşık problem çözme, analitik düşünme ve inovasyon ile teknolojiyi kullanım, izleme ve kontrol gibi işlemlerin yoğun olduğu meslek gruplarının istihdam seçeneklerinin planlamaya alınmasının, özellikle lojistik sektöründeki yeni mesleklerin ön plana çıkmasını da sağlayacağını belirtmişlerdir.

Sarkar ve Shankar (2021), Endüstri 4.0 çağında liman lojistiğinin önündeki engelleri araştırmışlardır. Araştırmanın bulgularına göre, gelişmekte olan ekonomiler için çabalar, altyapıya ve modern teknolojilere yönelik fonların artırılmasına, eğitim kalitesinin artırılmasına, ulusal ve uluslararası operasyonlar için ortak standartların geliştirilmesine, ortaklar arasında iyi iş birliğine ve işçilere ileri düzeyde beceri geliştirme eğitimleri sağlanmasına yönelik olması gerektiğini bulmuşlardır.

Ding (2021), IoT tabanlı akıllı lojistik araştırmalarını ve uygulamalarını açıklamaktadır. Araştırmaya göre, nesnelerin interneti tabanlı akıllı depolamanın daha verimli, görselleştirilmiş, doğru ve güvenli olacağını belirtmiştir. Ayrıca depolama sürecinin kolaylaşmış, depolama kaynaklarının da optimize edileceği bulunmuştur.

Woschank ve Zsifkovits (2021), akıllı lojistik kavramı ile ilgili çalışma yapmışlardır. Buna göre, yeni otomatik tanımlama ve izleme yöntemlerine dayalı malzeme akışlarının tutarlı izlenebilirliği, taşıma ve depolama için kendi kendini kontrol eden otonom sistemlerin geliştirilmesi ve ileri veri analitiğinin artan kullanımı, akıllı lojistik yolundaki ilk adımlar olarak kabul edilebilir şekilde belirtmişlerdir. Bu bağlamda, gelecekte, malzeme ve bilgi akışı süreçlerinde sistemlerin ve arayüzlerin sağlayıcıdan bağımsız, endüstriden bağımsız ve sınır tanımayan standartlaştırılmasının oluşturulması, yeni teknolojilere yapılan yatırımların faydalarını değerlendirmek için iş senaryolarının tanımı, yeni teknolojilerin entegrasyonu için yenilikçi organizasyon modellerinin geliştirilmesi, insan kaynaklarının ve verilerin güvenliğinin güvence altına alınması, mesleki eğitim ve öğretim teşviklerinde dijitalleşme yeterliliklerinin daha da geliştirilmesi ve desteklenmesi ile gelişen teknolojilerin lojistik süreçlere sürekli entegrasyonu gibi sorunların ortaya çıkacağını öngörmüşlerdir.

Didenko (2021), çalışmada, dijital dönüşümün bir lojistik sistemin göstergelerini nasıl etkilediğini incelemiştir. Buna göre, dijital dönüşümün iletişim yeteneklerini artırarak ve finansal, ticari ve devlet hizmetlerine erişimi geliştirerek topluma birçok fırsat sunabileceğini belirtmiştir. Dijital dönüşümün getirdiği yenilikler, lojistik sistemlerde verimliliği artırabilir, süreçleri optimize edebilir ve daha sürdürülebilir operasyonlara olanak tanıyabilir olarak belirtmiştir.

Aktaş (2022), giyilebilir teknolojilerin lojistik sektöründeki etkisi üzerine kavramsal bir çalışma gerçekleştirmiştir. Buna göre, akıllı gözlük, akıllı eldivenler ve arttırılmış gerçeklik teknolojilerinin lojistik sektöründe kullanılması insan kaynaklı hataları minimize etmektedir. Aynı zamanda ürün kaynaklı hataları da tespit ederek kaliteyi arttırmaktadır. Depolama alanında, stok yönetimi kapsamında kullanılabilen bu teknolojilerin daha birçok kolaylığı da sağladığı saptanmıştır.

Pak (2022), stok yönetimi sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi üzerine araştırma yapmıştır. Araştırmasında vaka analizi yöntemini kullanmıştır. Araştırma kapsamında konveksiyonel parça toplama yönteminden teknolojik parça toplama yöntemine geçilmiştir. Nihai analiz sonuçlarına göre, işletmenin ürettiği 5 farklı ürün için yapılan tüm çalışmaların sonucunda ortaya %28,3 oranında bir verim artışının ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. Bu da işletme için her 100 işçiden 28 adedini tasarruf edebileceği; yani 28 işçiyi başka görevlerde görevlendirebileceği anlamına gelmektedir.

Bayram ve Köse (2022), pandemi döneminde Lojistik 4.0'ın önemini araştırmışlardır. Buna göre, pandemi sürecinde, dijital hayata geçiş ve e-ticaret üzerine kendini geliştirmiş işletmelerin yıldızı parlarken, Endüstri 4.0 teknolojilerini sektörüne entegre etmeyen işletmeler zorlu süreçler yaşamıştır. Lojistik sektörünün canlılığına kısa sürede kavuşmasında en önemli etken olarak Lojistik 4.0 kapsamında kullanılan teknolojilerin insan gücüne fazla ihtiyaç duymadan kusursuz şekilde çalışması olarak gösterildiğini belirtmişlerdir. Pandemi son bulsa dahi bu süreçten sonra işletmelerin, Endüstri 4.0'ı ve lojistik operasyonlarında akıllı sistemleri rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için kullanmaları gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Chukleang ve Jandaend (2022), blockchain teknolojisinin lojistiğe uygulanmasını göstermektedir. Bu araştırmada temel amaç, eve teslim hizmetlerini blockchain işlemleri kullanarak iyileştirmektir. Bu teknoloji kullanılarak sistemin şeffaflığı artırmışlardır. Sistemdeki tüm eylemlerin benzersiz kimlikle doğrulanabilir ve blockchain ağındaki akıllı sözleşmeyle kontrol edilebilir hâle geldiği bulunmuştur. Herhangi bir sorun olması durumunda yetkili kullanıcılar siparişe erişebilir ve siparişi takip edebilir şekilde geliştirilmiştir.

Kolasińska-Morawska (2022), üretimde son aşama olan lojistiğin müşteri hizmetlerinde sürdürülebilir teknolojik yeniliklerini araştırmıştır. Buna göre koli makinelerinin verimli işleyişi, her müşterinin bireysel işleyişi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir ve esneklik, tasarruf ve verimlilik açısından ihtiyaçlarını karşılar şeklinde belirtmiştir. Üstelik nakliye alanındaki CO2 emisyonlarını azaltarak ve kuryelerin işlerini iyileştirerek çevre üzerinde olumlu bir etki yarattığını ve alıcının yokluğu nedeniyle geri dönüş veya tekrar yolculuk sayısı azaltılarak son kilometre de optimize edildiğini belirtmiştir.

Vaghani ve ark. (2022), bu makalede blockchain destekli yeni nesil akıllı lojistik ağlarının çeşitli yönlerini araştırmaktadır. Akıllı şehirlerdeki blockchain teknolojisi ve akıllı lojistik konularında mevcut literatürü analiz ederek 6G ve blok zincirlerinin akıllı şehirler ve akıllı lojistik ağlarına entegre edilmesinin önemini vurgulamışlardır. Makale ayrıca, blockchain teknolojisinin akıllı lojistik alanında kullanılabileceği beş gerçek dünya kullanım örneğini tanıtmaktadır. Bu örnekler; tek bir dijital pencere, sektörler arası etki alanı uygulaması, araçtan araca iletişim, yük izleme ve lüks ürün takibi gibi çeşitli uygulamaları içermektedir. Ardından, akıllı lojistikte blockchain kullanmanın karşılaşılabilecek temel zorlukları tanımlayarak bu sorunlara yönelik potansiyel çözümleri ele almaktadır. Bu zorluklar arasında birlikte çalışabilirlik, ölçeklenebilirlik, teknoloji konverjansı, gerçek zamanlı veri toplama ve güvenlik gibi konular bulunmaktadır.

Orozonova ve ark. (2022), yaptıkları çalışmanın kapsamında, akıllı lojistik teknolojilerinin çok modlu kargo teslimatı süreçleri üzerindeki etkilerini belirleme ihtiyacını tanımlamışlardır. Akıllı bir lojistik sağlayıcı-entegratör için birleşik bir zihniyet ve bağlam şeması önerilmiştir; bu şema, stratejik düşünme, bir değer teklifinin kullanılabilirliği ve yüksek müşteri odaklılık gibi belirli özellikleri içermektedir. Akıllı sağlayıcı-entegratör tarafından uygulanan akıllı teknoloji türlerinin belirlenmesinde, işi ölçeklendirme ve genişletme yeteneği sağlayabilen, müşteri-ortaklara rekabetçiliği artırmak ve pazarlara daha kolay erişim sağlamak amacıyla kullanılan akıllı ve müşteri odaklı lojistik çözümleri belirlenmiştir.

Çıkmak ve Yazgan (2023), lojistik sektöründe Endüstri 4.0 engelleri ile ilgili araştırma yapmışlardır. Araştırmalarında bulanık Delphi yöntemi kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 32 engelden 14 tane engelin öncelikli olduğunu saptamışlardır. Ağırlıkları incelendiğinde ise en önemli engeli tepe yönetim kaynaklı engeller olduğu belirlenmiştir. Ardından ise ekonomik engeller, yasalar, güvenlik ve gizlilik engelleri, teknolojik engeller ve organizasyonel engellerin geldiği belirtilmiştir.

Çakmak ve Özerhan (2023), yaptıkları çalışmada, lojistik firmalar açısından Endüstri 4.0'a dönük yatırımlar artırıldıkça firmaların lojistik çevikliğinin, lojistik esnekliğinin, lojistik hizmet üretim performanslarının olumlu yönde etkileneceği saptanmıştır. Bu durumda, firmaların katma değerli, kaliteli ve rakiplerden farklılaştırılmış bir lojistik hizmet üretme performansına sahip olarak rekabette avantajlı hâle gelebilecekleri ifade edilmiştir.

Erdem (2023), akıllı lojistik üzerine çalışma yapmıştır. Bu doğrultuda, lojistik süreçlerine yapay zekâ eklenerek ihtiyaçların daha etkili bir şekilde karşılanmasını amaçlamıştır. Böylece geleneksel lojistikteki iş ve yönetim biçimleri, daha akıllı bir yapıya dönüşmektedir. Akıllı lojistik ve uygulamalarına yönelik bu kavramlar oldukça yenidir ve uygulamaları yeterince yaygınlaşmamıştır. Bu nedenle lojistik faaliyetlerin ve teknolojilerin artan etkileşimi hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Wu ve ark. (2023), lojistik sektörü ile bağlantılı olan uzun mesafe kamyon taşımacılığı için yük eşleştirmeyi araştırmışlardır. Yapay zekâ sistemi, nakliye siparişlerini kamyoncularla hızlı bir şekilde eşleştirmek için şirketin konum, rota ve kargo türü gibi bilgilerinden oluşan bir veri tabanından yararlanmaktadır. Bu sistemi, geçmiş işlem verilerine dayanarak bir gönderi için uygun bir piyasa fiyatı da belirleyebilmekte ve göndericilerin nakliye maliyetlerini azaltabilmektedir. Buna göre, nakliyeciler için düşük maliyetli kamyoncu bulmak kolaylaşmıştır, lojistik platformun gelişimiyle göndericinin uygun taşıma stratejisini seçerek kendi karını ve sistemin verimliliğini nasıl artırabileceği gösterilmiştir, göndericiye özel bilgilerini nasıl kullanacağı ve lojistik platformu için göndericinin bağlılığını ve katılımını nasıl artıracığı gösterilmiştir şeklinde bir sonuca varmışlardır.

Balfagih (2023), akıllı lojistik sistemler üzerine bir araştırma yapmıştır. Buna göre, akıllı lojistik sistemi, IoT, CPS (Siber Fiziksel Sistemler) ve PI (Physical Internet) gibi iletişim ve bilgi teknolojilerindeki son yeniliklerin yapay zekâ uygulamalarını kullanmalarının şirketler için önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Lojistik sistemler, bir kısıtlama yolu olarak zaman harcayarak yolun planlama sonuçlarını etkilemenin yanı sıra, güncel bilgiler, tahminlere dayalı beklentiler ve tahminler vererek karar verme prosedürüne yardımcı olan verileri analiz etmek için kullanılan yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerine sahiptir. Bu nedenle yapay zekânın, lojistik sektörünün dönüşümünün arkasında önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir.

Damianos ve ark. (2023), yaptıkları çalışmada, dokuz yeni lojistik girişiminin web sitesi verilerini analiz etmiştir. Araştırma, dijital pazarlama ve reklamcılık stratejilerini optimize

etmek amacıyla büyük veri ve web analitiği ölçümlerine odaklanmışlardır. Özellikle organik trafik aracılığıyla lojistik girişimlerinin marka adını, kullanıcı katılımını ve kârını artırmayı hedeflemişlerdir. Araştırmada, büyük veri ve web analitiği ölçümlerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Bunu, girişimlerin dijital varlıklarının etkin bir şekilde izlenmesi ve analiz edilmesi için temel bir adım olarak belirlemişlerdir.

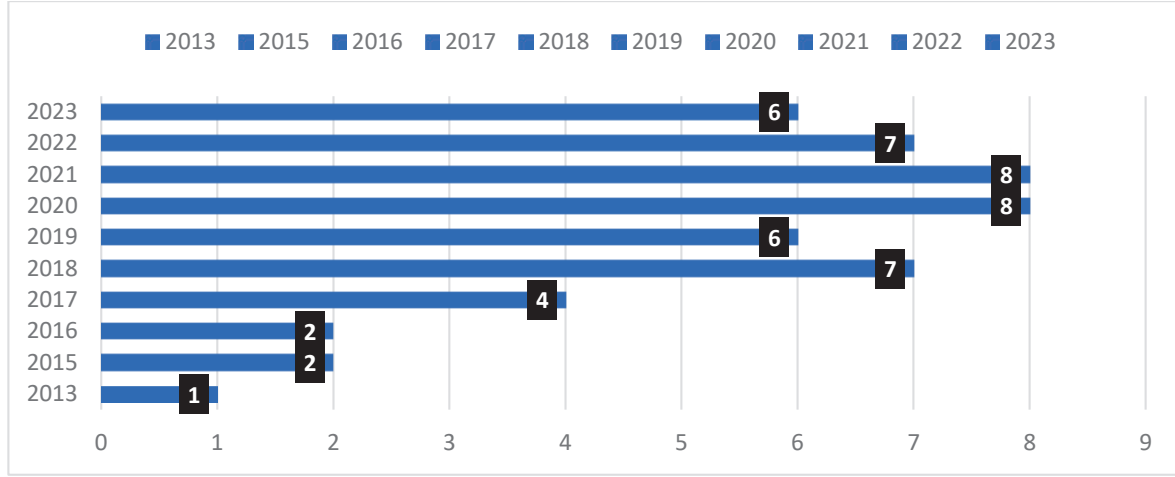
### 3. BULGULAR

Endüstri 4.0 ile, lojistik sektöründe önem kazanan Lojistik 4.0 kavramı, birçok sektör temsilcisi ve lojistik firması tarafından çeşitli süreçlerin geliştirilmesi amacıyla uygulanmakta ve benimsenmektedir. Söz konusu literatür çalışmasında elde edilen bulgular da bu geliştirme çabalarını desteklemektedir.

**Tablo 1:** 2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların konulara ve türlerine göre dağılımı.

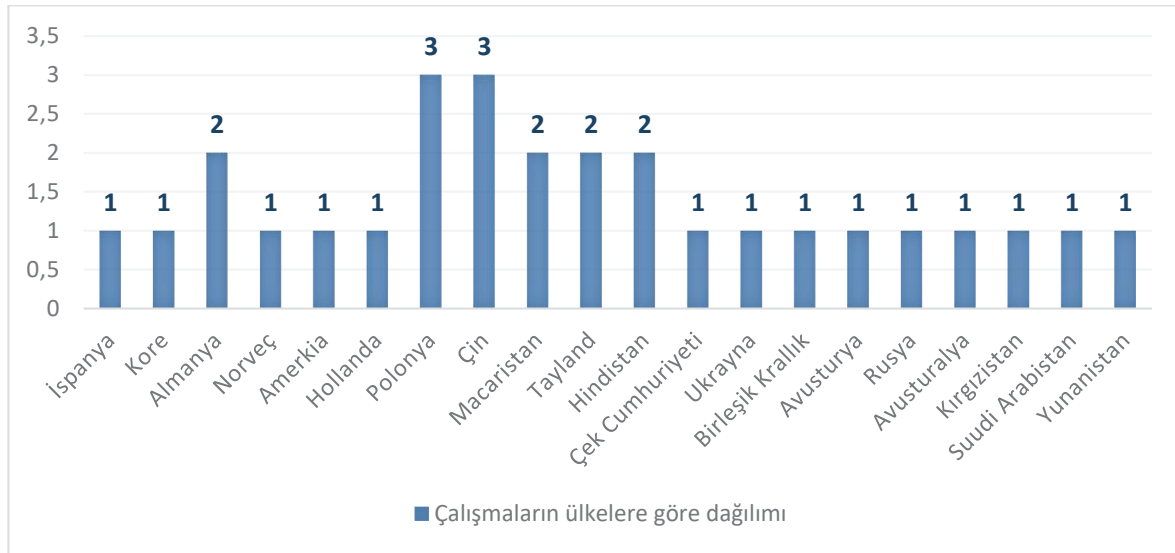
	Literatür taraması	Uygulama ve analiz	Anket ve değerlendirme	Tartışma	Vaka analizi	Toplam
Dijital dönüşüm	7	5	1		2	15
Yeşil lojistik		1				1
Akıllı lojistik	6	9	1		2	18
Depo yönetim sistemi	1				1	2
Stok yönetim sistemi		1				1
Taşımacılık	1	3				4
Süreç optimizasyonu		1				1
3PL sağlayıcıları	1					1
Stratejik lojistik 4.0 yönetimi			1			1
Blokchain uygulaması	2	1				3
Artırılmış gerçeklik ve RFID	2					2
Lojistik 4.0 zorluk ve engelleri	1	1				2
Toplam	21	22	3		5	51

Tablo 1'e göre, bu alanda yapılan çalışmaları türlere göre sıraladığımızda 51 araştırma arasından, 3 değerlendirme ve anket çalışması, 21 literatür taraması, 22 uygulama ve analiz, 5 vaka analizi çalışması bulunmaktadır. Lojistik çalışmalarını değerlendirdiğimizde 15 dijital dönüşüm, 18 akıllı lojistik, 1 süreç optimizasyonu, 2 artırılmış gerçeklik ve RFID, 2 Lojistik 4.0'da engel ve zorluklar, 3 blokchain uygulaması, 4 taşımacılık, 2 depo yönetimi, 1 stok yönetimi, 1 yeşil lojistik, 1 3PL sağlayıcıları ve 1 stratejik lojistik yönetimi çalışması bulunmaktadır.



Şekil 1: 2013-2023 yılları arasında yapılan çalışmaların sayısı.

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 1’de gösterilmiştir. Lojistik 4.0 ile ilgili çalışmaların özellikle 2015 yılından sonra olduğu görülmektedir. 2015 yılından sonra yapılan çalışmaların sayısında bir artış görülmekte olup 2019 ve 2023 yıllarında bir azalma gözlemlenmiştir. 2020 ve 2021 yılları ise en çok çalışma yapılan yıllar olmuştur.



Şekil 2. Çalışmaların ülkelere göre dağılımı.

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların ülkelere göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir (Türkiye hariç). Şekli Türkiye hariç incelediğimizde Polonya ve Çin, 2013-2023 tarihleri arasında incelenen 51 çalışmadan, en çok çalışma yapan ülkeler arasındadır. Ardından Almanya ve diğer ülkeler gelmektedir.



**Tablo 2:** Literatür araştırması özet tablosu.

Çalışma	Ülke	Konu	Tür
Ginters vd., 2013	İspanya	Artırılmış gerçeklik ve RFID uygulaması	Literatür taraması
Kim vd., 2015	Kore	Akıllı takip sistemi geliştirme	Uygulama ve analiz
Timm vd., 2015	Almanya	Lojistik 4.0 ve simülasyon	Vaka analizi
Galindo, 2016	Norveç	Lojistik 4.0 zorlukları	Uygulama ve analiz
Lee vd., 2016	USA	Yeşil lojistik	Uygulama ve analiz
Horenberg, 2017	Hollanda	3PL sağlayıcıları ve Endüstri 4.0	Literatür taraması
Alkan vd., 2017	Türkiye	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Balcı, 2017	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Witowski, 2017	Polonya	Lojistikte yenilikçi çözümler	Uygulama ve analiz
Önden, 2018	Türkiye	İnsansız akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Saatçioğlu vd., 2018	Türkiye	Görüntü işleme	Vaka analizi
Öztemel vd., 2018	Türkiye	Stratejik lojistik yönetimi	Anket çalışması
Bacak vd., 2018	Türkiye	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Lee, 2018	Çin	Depo yönetim sistemi	Vaka analizi
Göçmen vd., 2018	Türkiye	Akıllı tesis	Vaka analizi
Nagy vd., 2018	Macaristan	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Seyhan, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Anket çalışması
Bolat, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Vaka analizi
Stachowiack, 2019	Polonya	Lojistik 4.0 ve bilgiyi hazmetme kapasitesi	Literatür taraması
Akkaya, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Rejeb, 2019	Macaristan	Artırılmış gerçeklik	Literatür taraması
Karunarathna, 2019	Tayland	Depo yönetim sistemi	Literatür taraması
Çelik, 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Ar vd., 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Bilgiç, 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması

Verma, 2020	Hindistan	Akıllı lojistik	Anket çalışması
Kodym, 2020	Çek Cumhuriyeti	Blokchain ve riskler	Literatür taraması
Winkelhaus, 2020	Almanya	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Guo, 2020	Çin	Akıllı lojistik ve big data	Uygulama ve analiz
Prokopenko, 2020	Ukrayna	Süreç optimizasyonu	Uygulama ve analiz
Aylak vd., 2021	Türkiye	Yapay zekâ uygulamaları	Literatür taraması
Öz vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Çakılcı vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Dilek vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Shankar vd., 2021	Hindistan	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Ding, 2021	Birleşik Krallık	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Woschank vd., 2021	Avusturya	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Didenko vd., 2021	Rusya	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Aktaş, 2022	Türkiye	Giyilebilir teknoloji	Literatür taraması
Pak, 2022	Türkiye	Stok yönetim sistemi	Uygulama ve analiz
Bayram vd., 2022	Türkiye	Pandemide Lojistik 4.0	Literatür taraması
Chukleang vd., 2022	Tayland	Blokchain teknolojileri	Uygulama ve analiz
Kolasinska, 2022	Polonya	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Vaghani vd., 2022	Avusturalya	Blokchain ve güven sorunları	Literatür çalışması
Orozonova vd., 2022	Kırgızistan	Taşımacılık	Literatür taraması
Çıkmak vd., 2023	Türkiye	Akıllı lojistikteki engeller	Literatür taraması
Özerhan vd., 2023	Türkiye	Lojistik 4.0'da esneklik ve çeviklik	Uygulama ve analiz
Erdem, 2023	Türkiye	Akıllı lojistik	Literatür taraması
Wu vd., 2023	Çin	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Balfaqih, 2023	Suudi Arabistan	Akıllı lojistik	Literatür taraması
Damianos vd., 2023	Yunanistan	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların özeti Tablo 2'de gösterilmiştir. Çalışılan yıl, çalışan yazar/yazarlar, çalışılan ülke, konu ve tür olarak sınıflandırılmıştır.

#### 4. YÖNTEM

Bu çalışma ile, literatür taramasına dayalı olarak Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörleri üzerinde neler yapabileceğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Veriler, sistematik bir şekilde çeşitli akademik veri tabanlarında taranmış ve analiz edilmiştir. Araştırma sürecinde Google Scholar, Scopus ve Science Direct veri tabanları kullanılmıştır. Aramalar, “Endüstri 4.0”, “Lojistik 4.0”, “Dijital Dönüşüm”, “Akıllı Lojistik” ve “Otomasyon Teknolojileri” gibi anahtar kavramlarla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular, belirli kriterlere göre filtrelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu kriterler arasında yayın yılı (2013-2023), konu odaklılık (Endüstri 4.0 ve lojistik iş birliği) ve metodoloji (vaka analizi, kavramsal analiz, uygulama ve analiz) yer almaktadır. Literatür tarama sürecinde öne çıkan çalışmalar özetlenmiş, temel özellikler sınıflandırılmış ve bu bulguların analizi yapılmıştır.

Analiz sürecinde, çalışmalar içeriklerine göre kategorilere ayrılmış (örneğin; dijital dönüşüm, akıllı lojistik, engeller ve zorluklar, yeşil lojistik gibi) ve bu kategorilere göre öne çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

#### 5. SONUÇ

Endüstri 4.0, dijitalleşme ve son teknolojiyi beraberinde getiren yeni dönem anlayışını benimseyen bir kavramdır. Buna göre, çeşitli sektörlerin, bünyelerine “akıllı” kavramını entegre ederek gelecek yıllarda konumlarını daha yukarı taşıyabileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, lojistik sektöründe Endüstri 4.0’ın etkisi üzerine yapılan araştırma ve çalışmalar bir araya getirilerek sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörüne etkisi üzerine yapılan literatür taramasında araştırılan 51 makalenin 2013-2023 yılları arasındaki sayılarını değerlendirdiğimizde en çok araştırmanın 2020-2021 yıllarında yapıldığı görülmüştür. Bu alandaki çalışmaların son 5-6 yılda ortaya çıkması sebebiyle araştırma sayıları da aynı yıllar içinde bir artış göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 alanında literatür taraması gerçekleştirerek bu alandaki çalışmaları ortaya koymaktır. Lojistik 4.0 ile ilgili çalışmaları incelediğimizde kavramsal açıdan “dijital dönüşüm” ve “akıllı lojistik” olmak üzere iki terimin yoğun olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Dijital dönüşümün uygulanması şirketlerde birçok konuda değişime neden olacaktır. Neredeyse tüm şirketlerde dijitalleşme yeni bir kavram ve kültür olacağından, en üst yetkiliden en alt çalışana kadar uyum sürecinde zorluklar yaşanacaktır. Ayrıca bu süreç uzun vadede etki göstereceğinden (4-5 yıl gibi), bu durumun bir fırsat maliyeti yaratacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda, karar vermeden önce titiz bir çalışma yürütülmelidir. Çalışmalar incelendiğinde Endüstri 4.0 uygulamalarının diğer birçok sektör üzerinde etkisi olacağı gibi lojistik sektöründe de etkileri olacağı öngörülmüştür. Dijitalleşen dünyada, insan sistemlerinin yerini alacak olan makine sistemleri, lojistiğin birçok alanında kendini göstererek hayatımızı kolaylaştıracaktır. Bu çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde üç ana başlık öne çıkmaktadır. İlk olarak, incelenen 51 araştırma arasından akıllı lojistik ile ilgili yapılan çalışmalar, diğer konulara göre daha ağırlıklıdır. Buna rağmen, yeşil lojistik, 3PL sağlayıcılar, süreç optimizasyonu gibi konu başlıkları hakkında yeterince araştırma yapılmadığı görülmüştür. Çalışmaların türlerine göre değerlendirdiğimizde en çok literatür araştırması ve uygulama/analiz yöntemlerinin yoğun olduğu gözlenmiştir. Bu durumun sebebinin Lojistik 4.0 anlayışının son yıllarda duyulmuş olmasına bağlı olarak henüz vaka analizi veya pratik çözümlerin yapılması için yeterli bilgi kaynağı olmamasına bağlamak mümkün olabilir. Çalışmaların konularını değerlendirdiğimizde ise en çok dijital dönüşüm ve akıllı lojistik makalelerinin olduğu gözlenmiştir. İkinci olarak, çalışmaları yıllara göre değerlendirdiğimizde, 2020-2021 yılları arasında daha çok çalışma yapıldığı gözlemlenmiştir. Son olarak, çalışmaları

ülkelere göre değerlendirdiğimizde (Türkiye hariç), en çok çalışmanın Polonya ve Çin tarafından yapıldığını söyleyebiliriz. Gelişmiş/gelişmekte olan bu ülkelerin Lojistik 4.0 hakkında araştırma yapması, bu konunun gelecekte önem derecesi yüksek bir çalışma alanı olacağını gösterebilir. Bu çalışma literatürdeki çalışma alanlarını haritalayarak bu konuda yapılan genel çalışmalarını derlemek üzerine yapılmıştır. İlerideki çalışmalarda, yeşil lojistik, depo yönetim sistemi, stok yönetim sistemi, süreç optimizasyonu, 3PL sağlayıcıları, Lojistik 4.0 önündeki engel ve zorluklar ile ilgili çalışmaların yapılması planlanmakta olup, vaka analiz ile anket ve değerlendirme yöntemine ağırlık verilmesi planlanmaktadır.

## 6. KAYNAKÇA

- Akçacı, T., & Bulut, E. (2017). "Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi." ASSAM-UHAD, 4(7): 55-77.
- Akkaya, H., & Kaya, H. (2019, Ekim). "Innovative and smart technologies in logistics." In 17th International Logistics and Supply Chain Congress, pp. 97-105, İstanbul, Turkey.
- Aktaş, İ. (2022). "Giyilebilir Teknolojilerin Lojistik Faaliyetlerde Kullanımının Ve Etkilerinin Değerlendirilmesi." Beykoz Akademi Dergisi, 10(2): 258-273.
- Alkan, G., & Alnıpak, S. (2017, Ocak). Sanayi 4.0'ın Lojistik ve Limancılık Sektörüne Etkileri. III. Ulusal Liman Kongresi, İzmir, Türkiye. doi:10.18872/DEU.df.ULK.2017.006.M.
- Ar, İ., Çekiç, B., & Ömürgönülşen, M. (2020). "Lojistik firmalarında endüstri 4.0 uyum sürecinde dikkate alınacak faktörlerin bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmesi." Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 167-184.
- Aydın, N. (2019). "Endüstri 4.0: Akıllı fabrika." Atlas International Refereed Journal On Social Sciences, 5(21), 558-569.
- Aylak, B. L., Okan, O. R. A. L., & Yazıcı, K. (2021). "Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı." El-Cezeri, 8(1), 74-93.
- Bacak, G., Yiğit, F., & Çakıroğlu, E. (2018). "Treyler Sektöründeki Endüstri 4.0 Gelişmeleri İle Nesnelere İnternetine Dayanan Nakliye Çözümlerinin Lojistik Sektörüne Etkileri." Ejoboc (Electronic Journal of Vocational Colleges), 8(2), 92-94.
- Balcı, E. (2020). "Lojistik sektörünün uluslararası alanda dijitalleşme süreci ve Türkiye'ye etkileri [Doktora Tezi]." Marmara Üniversitesi, Türkiye, 5, 56-69.
- Balfaqih, H. (2023, March). Artificial Intelligence and Smart Logistics Systems in Industry 4.0. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Manila, Philippines, March 7-9, 2023.
- Bayram, F. Ç., & Ömer, K. Ö. S. E. (2020). "Covid-19 Pandemisinde, Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Etkisi." Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 72-81.
- Bilgiç, E., Türkmenoğlu, M. A., & Koçak, A. (2020). "Dijitalleşmenin lojistik yönetimi bağlamında incelenmesi." Akademik İzdüşüm Dergisi, 5(1), 56-69.
- Chukleang, T., & Jandaeng, C. (2022). "Security Enhancement in Smart Logistics with Blockchain Technology: A Home Delivery Use Case. Informatics." MDPI, 9(3), 70.

- Çakılcı, C., & Öztürkoğlu, Y. (2021). "Yeni Dijital Çağ Yaklaşımı İle Lojistik Sektöründe Yenilikçi Çözümler." *Journal of Business in The Digital Age*, 4(1), 65-75.
- Çakmak, M., & Özerhan, Y. (2023). "Endüstri 4.0'a Dönük Yatırımların Lojistik Hizmet Üretim Performansına Etkisinde Esneklik ve Çevikliğin Rolü Üzerine Bir Araştırma." *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 1734-1752.
- Çelik, R. (2020). "Lojistik Sektöründe Kullanılan Yeni Bilişim Sistemleri: Lojistik 4.0 Örneği." *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 6(4).
- Çıkmak, S., & Yazgan, H. İ. (2023). "Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Önündeki Engellerin Bulanık Delphi Yöntemiyle İncelenmesi." *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(88), 2065-2086.
- Dey, B., & Shankar, R. (2021). "Understanding the barriers of port logistics for effective operation in the Industry 4.0 era: Data-driven decision making." *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(2), 1-13.
- Didenko, N., Skripnuk, D., Kikkas, K., Kalinina, O., & Kosinski, E. (2021). "The Impact of Digital Transformation on the Micrologistic System, and the Open Innovation in Logistics." *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 115.
- Dilek, Ş., & İncaz, S. (2021). "Küreselleşme sürecinde teknolojik dönüşümün lojistik sektörüne etkileri." *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(2), 30-49.
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., & Feng, D. (2021). "Smart logistics based on the internet of things technology: An overview." *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24 (9),1-23.
- Dixit, V., Verma, P., & Kushwaha, J. (2020, March). Risk and resilience analysis for industry 4.0 in achieving the goals of smart logistics: An overview. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 10-12), Dubai, United Arab Emirates.
- Elevli, B., & Şener, S. (2017). "Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim." *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2), 1-13.
- Erdem, M. B. (2023). *Akıllı Lojistik. Sosyal, İnsan ve İdari Bilimlerde Güncel Yaklaşımlar 2*, 867-889.
- Galindo, L. D. (2016). "The challenges of logistics 4.0 for the supply chain management and the information technology. (Master's Thesis)." NTNU, 1-94.
- Giannakopoulos, N. T., Sakas, D. P., Reklitis, D. P., & Trivellas, P. (2023). "The influence of websites user engagement on the development of digital competitive advantage and digital brand name in logistics startups." *European Research on Management and Business Economics*, 29(2).
- Ginters, E., & Martin-Gutierrez, J. (2013). "Low cost augmented reality and RFID application for logistics items visualization." *Procedia Computer Science*, 26, 3-13.
- Göçmen, E., & Rizvan, E. R. O. L. (2018). "The transition to industry 4.0 in one of the Turkish logistics company." *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 76-85.

- Grosse, E. H., & Winkelhaus, S. (2020). "Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system." *International Journal of Production Research*, 58(1), 18-43.
- Guo, X. (2020). Construction of Smart Logistics Model Based on Big Data. *Shandong Vocational and Technical University of International Studies, China*, 1533(4), 042036p.
- Horenberg, D. (2017). "Applications within Logistics 4.0: A research conducted on the visions of 3PL service providers." [Bachelor's Thesis]. University of Twente.
- Huang, J., Wu, Y., & Chen, X. (2023). "The information value of logistics platforms in a freight matching market." *European Journal of Operational Research*, 312(1), 227-239.
- Karunarathna, N., Wickramarachchi, R., & Vidanagamachchi, K. (2019, August). A study of the implications of logistics 4.0 in future warehousing: a Sri Lankan perspective. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1024-1035), Bangkok, Thailand.
- Kim, J.-S., Lee, H.-J., & Oh, R.-D. (2015). "Smart integrated multiple tracking system development for IoT based target-oriented logistics location and resource service." *International Journal of Smart Home*, 9(5), 195-204.
- Kodym, O., Kubáč, L., & Kavka, L. (2020). "Risks associated with Logistics 4.0 and their minimization using Blockchain." *Open Engineering*, 10(1), 74-85.
- Kolasińska-Morawska, K., Sułkowski, Ł., Buła, P., Brzozowska, M., & Morawski, P. (2022). "Smart Logistics—Sustainable Technological Innovations in Customer Service at the Last-Mile Stage: The Polish Perspective." *Energies*, 15(17), 6395.
- Lee, C.K.M., Lv, Y., Ng, K.K.H., Ho, W., & Choy, K.L. (2018). "Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics." *International Journal of Production Research*, 56(8), 2753-2768.
- Lee, S., Kang, Y., & Prabhu, V. V. (2016). "Smart logistics: distributed control of green crowdsourced parcel services." *International Journal of Production Research*, 54(23), 6956-6968.
- Lorig, F., & Timm, I. J. (2015, December). Logistics 4.0 - A challenge for simulation. In *2015 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 3118-3119).
- Nagy, G., Illés, B., & Bányai, Á. (2018). "Impact of Industry 4.0 on production logistics. In *IOP conference series: Materials science and engineering*." IOP Publishing. 448(1), 012013.
- Orozonova, A., Gapurbaeva, S., Kydykov, A., Prokopenko, O., Prause, G., & Lytvynenko, S. (2022). "Application of smart logistics technologies in the organization of multimodal cargo delivery." *Transportation Research Procedia*, 63, 1192-1198.
- Önden, İ. (2018, Mayıs). İnsansız lojistik ağlarının geleceğinin değerlendirilmesi. In *Irditech 2018 Uluslararası Ar-Ge İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi*, İstanbul, Türkiye.
- Öz, Ş. G., & Tanç, G. (2021). "Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik 4.0'ın İncelenmesine Yönelik Teorik Bir Çalışma." *The Journal of Academic Social Science*, 110, 460-469.
- Öztemel, E., & Gürsev, S. (2018). "Türkiye'de lojistik yönetiminde endüstri 4.0 etkileri ve yatırım imkânlarına bakış üzerine anket uygulaması." *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2), 145-154.

- Pak, E. (2022). "Stok yönetim sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi: Bir otomotiv firmasında komisyonlama (parça toplama-montaj hatlarına parça besleme) yönteminin dijitalleştirilmesi." Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, [Doktora Tezi].
- Prokopenko, O., Dikiy, A., Butenko, N., Naumenko, M., Dedilova, T., & Miroshnyk, R. (2020). "Business process optimization based on logistics concepts and technologies." *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(6), 184-196.
- Rejeb, A. (2019). "The challenges of augmented reality in logistics: a systematic literature review." *WSN*, 134(2), 281-311.
- Saatçioğlu, Ö., Gökçe, K. Ö. K., & Özispa, N. (2018). "Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne yansımalarının örnek olay kapsamında değerlendirilmesi." *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1675-1696.
- Seyhan, Ç. (2019). "Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uyarlanması üzerine bir araştırma." [Phd Tezi], Marmara Üniversitesi (Türkiye).
- Stachowiak A, Adamczak M, Hadas L, Domański R, Cyplik P. (2019). "Knowledge Absorption Capacity as a Factor for Increasing Logistics 4.0 Maturity." *Applied Sciences*. 2019; 9(24), 5365.
- Strandhagen, J. O., et al. (2017). "Lojistik 4.0 ve ortaya çıkan sürdürülebilir iş modelleri." *Avrupa Üretim*, 5, 359-369.
- Vaghani, K., Sood, S., & Yu, S. (2022). "Security and qos issues in blockchain enabled next-generation smart logistic networks: A tutorial." *Blockchain: Research and Applications*, 3(8), 100082.



## MİKROSERVİS TABANLI E-TİCARET UYGULAMALARINDA SİPARİŞ ODAKLI ENDPOINT YÖNETİMİ

### ORDER-FOCUSED ENDPOINT MANAGEMENT IN MICROSERVICE-BASED E-COMMERCE APPLICATIONS

DOI: 10.20854/bujse.1573265

Hilal Şen<sup>1</sup>, Talat Firlar<sup>2,\*</sup>

#### Öz

Günümüz teknolojisindeki hızlı gelişmeler, bireylerin gereksinimlerini ciddi oranda dönüştürmektedir. Teknolojinin bireyler üzerindeki etkisi baz alınarak dünyada her gün yeni gelişmeler yaşanmaktadır. Modern yazılım projelerinde ihtiyaçlara sürekli yenilerinin eklenmesi, ölçeklenebilirlik, hata izolasyonu, teknoloji çeşitliliği, esneklik gibi konularda sorunlara yol açmaktadır. Monolitik Mimari'den günden güne mikroservis mimariye geçiş kaçınılmaz hale gelmektedir. Projelerin büyümesi ile mikroservis mimarilerin kullanım avantajlarından daha fazla yararlanılır hale gelmiştir. Bu nedenle, monolitik mimari yerine mikroservis mimarisine geçiş, projelerin geleceğe yönelik hale getirilmesine imkân sunmaktadır. Tüketicilerin kolayca ihtiyaçları olan ürünlere ulaşımını kolaylaştırmak amacıyla, hızlı kargo, temassız teslimat ve temassız ödeme gibi seçenekler hayatımıza dahil olmuştur. Bu kapsamda tüketicilerin siparişlerinin hataya yer vermeden işlenmesi ve teslimatının sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Bu makalede amaç, e-ticaret uygulamalarında sipariş adımı meydana gelen birtakım hataların önüne geçilerek, maliyet, sistem karmaşıklığı, performans kaybı, veriler arası tutarlılık gibi konuların iyileştirilmesi sağlanıp tüketicilerin ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vermek, daha optimize edilmiş bir deneyim sunulması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, mikroservis mimari ile oluşturulmuş e-ticaret uygulamasında yapılan bir istek üzerine servislerden alınabilecek olan bir hata üzerine, gerçekleştirilmek istenen istek başarısız olduğunda, bu e-ticaret uygulaması tüketiciler tarafından kabul edilmeyebilir. Oluşan problem üzerinde hata mekanizmalarının uygulanabilirliği, uygulamaların nasıl işleneceği, mekanizmaları kullanmanın kazanımları, kullanılması ve kullanılmaması durumlarında yaşanacak etkenlerin analizlerine yer verilmiştir.

#### Abstract

The rapid developments in today's technology are seriously transforming the needs of individuals. Based on the impact of technology on individuals, new developments are experienced every day in the world. In modern software projects, the constant addition of new needs leads to problems such as scalability, error isolation, technology diversity, and flexibility. The transition from monolithic architecture to microservice architecture is becoming inevitable day by day. With the growth of projects, the advantages of using microservice architectures have become more utilizable. For this reason, the transition from monolithic architecture to microservice architecture allows projects to be made future-oriented. In order to facilitate consumers' easy access to the products they need, options such as fast shipping, contactless delivery, and contactless payment have become part of our lives. In this context, it is of great importance that consumers' orders are processed and delivered without any room for error.

The aim of this study is to prevent some errors that occur in the ordering step in e-commerce applications, to improve issues such as cost, system complexity, loss of performance, and consistency between data, and to provide a better response to consumers' needs and to provide a more optimized experience.

Within the scope of the study, when a request made in an e-commerce application created with microservice architecture is received from the services, and the requested request fails, this e-commerce application may not be accepted by the consumers. The applicability of error mechanisms on the problem that occurs, how the applications will be processed, the benefits of using the mechanisms, the factors that will be experienced in case of use and non-use are analyzed.

**Anahtar Kelime:** Mikroservis Mimari, E-ticaret, Hata Mekanizmaları, Sipariş Hataları

**Keywords:** Microservice Architecture, E-commerce, Error Mechanisms, Order Errors

<sup>1</sup> İstanbul Beykent Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Mezunu, hilallaskin@gmail.com, orcid.org/0009-0008-0845-6981

<sup>2,\*</sup> Sorumlu Yazar: Beykent Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, talatfirlar@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0002-0399-3955



## 1. GİRİŞ

Bu makalenin amacı, e-ticaret uygulamalarında sipariş aşamasında meydana gelen hataları önleyerek maliyet, sistem karmaşıklığı, performans kaybı ve veri tutarlılığı gibi konuları iyileştirip, tüketicilere daha optimize edilmiş bir deneyim sunmaktır. Mikroservis mimarisi ile oluşturulmuş e-ticaret uygulamasında, bir istek sırasında herhangi bir serviste oluşan hata, tüm isteği başarısız kılmaktadır ki bu, tüketiciler açısından kabul edilebilir bir durum değildir. Polly kütüphanesi ile mikroservisler arası iletişimde oluşan hatalar izlenmekte olup, kütüphanenin sunmuş olduğu hizmetleri kullanarak mikroservis tabanlı e-ticaret projelerinin daha tüketici dostu olmasına katkı sağlanmaktadır. Polly, geçici hataları ele almanıza ve uygulamalarınızın dayanıklılığını artırmanıza yardımcı olan güçlü bir .NET kütüphanesidir. Polly ile, arızaları ve yavaşlamaları akıcı ve iş parçacığı güvenli bir şekilde ele almak için Yeniden Deneme, Devre Kesici, Koruma, Zaman Aşımı, Hız Sınırlayıcı ve Geri Dönüş gibi stratejileri kolayca tanımlayabilir ve uygulayabilir.

Mikroservis tabanlı e-ticaret uygulamalarında, sipariş yönetim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi ve hataların minimum seviyeye indirilmesi üzerine yapılmış bir çalışmadır. Bu işlem sonucu mikroservis mimari yaklaşımını benimseyerek, e-ticaret projeleri geliştirilen firmaların, hata yönetimi için oluşturulmuş olan, kütüphane kullanımıyla elde edebilecekleri kazanımlar ele alınmıştır.

Bu makale kapsamında, hata mekanizmalarının uygulanabilirliği, uygulamaların nasıl işleneceği, bu mekanizmaların kullanılmasının kazandıracığı avantajlar ve kullanılmaması durumunda yaşanabilecek etkiler analiz edilmiştir. Hata yönetim kütüphanesi Polly'nin getirdiği çözümlerin kullanılması ile elde edilen kazanımlara da odaklanmaktadır. Böylelikle, günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan e-ticaret uygulamalarının, daha kullanılabilir sistemler olarak geliştirilebileceği elde edilmektedir. E-ticaret uygulamasının sipariş yönetimi modülünde Polly kütüphanesi içerisinde yer alan senaryoların uygulanması veya uygulanmaması durumu ele alınmıştır. Ayrıca, uygulandığı durumda sağladığı faydalar da analiz edilmektedir.

## 2. LİTERATÜRDE YER ALAN BENZER ÇALIŞMALAR

Dervişi (2022), bankacılık uygulamalarında monolitik mimariden mikroservis mimarisine geçişin zorlukları ve çözümleri incelenmiş, mikroservislerin ölçeklenebilirlik ve RAM tüketimi açısından avantajları vurgulanmıştır. Ayrıca, AWS'nin sunucusuz dağıtım modeli ve mikroservis mimarisinin maliyet etkinliği değerlendirilmiş, hata toleransı ve güvenlik gibi avantajlarına dikkat çekilmiştir. Monolitik ve mikroservis mimarileri kıyaslanarak, mikroservislerin bankacılık sistemlerindeki üstünlükleri grafiklerle sunulmuştur.

Altınkaya (2022), üniversite bilgi sistemleri için RESTful servisler kullanılarak sistem erişimi hızlandırılmış ve SOA ile REST mimarileri incelenmiştir. Proje, platform bağımsız iletişim, kullanıcı dostu ve güvenli yapı hedefleriyle yapılandırılmış, aylık yanıt süreleri analiz edilmiştir. REST tabanlı mimari, sistemin hızlı çalışmasını sağlayarak, kâğıt israfını önlemiş ve detaylı kazanımlar sunmuştur.

Gördesli ve Varol (2022), e-ticaret firmalarının mikroservis mimarisini hata toleransı ve ölçeklenebilirlik nedeniyle tercih ettikleri, iletişim tekniklerinin performans analizi yapılmıştır. Paralel yürütme ile sipariş sürecinin en hızlı şekilde tamamlandığı, ancak hata kontrolünün zor olduğu belirlenmiştir. Mimarinin seçiminde tüketici ihtiyaçlarının belirleyici olduğu vurgulanmıştır.

Zhou ve arkadaşlarının (2018), mikroservis mimarisinin endüstriyel alanda kullanımında ortaya çıkan hataların, analizi ve geliştiricilere yaşattığı zorluklar ele alınmıştır. Mikroservis tasarımı ve dağıtımı dışında, hata yönetimi üzerine az çalışma olduğundan, 46 mühendisle yapılan anket sonucu 22 hata durumu belirlenmiş ve TrainTicket projesinde bu hatalar görselleştirilmiştir. Hatalar, fonksiyonel ve işlevsel olmayan gibi kategorilere ayrılmış, REST istemcisi ve Docker konteyner teknolojilerinin kullanım kolaylıkları vurgulanmıştır. Hata tespit ve çözüm süreçleri 7 adımda açıklanmış, hata görselleştirme aracı ile analizler yapılmıştır. Çalışma, büyük endüstriyel uygulamalarda mikroservis mimarisinin tercih sebeplerini ve hata yönetiminin önemini detaylı şekilde incelemiştir.

Wang, Zhang, Xu ve Gu'nun (2020), mikroservis mimarisinde yazılmış projelerde yaşanan hataları, otomatik olarak tespit etmek için istatistiksel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışma, akıllı hata teşhisi, çevrimiçi hata teşhisi ve iş akışına duyarlı hata teşhisi olmak üzere üç kategoriye odaklanmıştır. Akıllı hata teşhisi, manuel müdahaleye gerek kalmadan otomatik tespit; çevrimiçi hata teşhisi, mikroservis güncellemelerinin ardından hataları dinamik olarak belirleme; iş akışına duyarlı hata teşhisi ise, mikroservislerin iş akışındaki farklılıkları tespit etme üzerine yoğunlaşmaktadır. Çalışmada, mikroservisler arası iletişim ağaç yapılarıyla görselleştirilmiş ve benzer içerikler kümelenmiştir. SockShop, PiggyMetrics ve TrainTicket projeleri üzerinde yapılan değerlendirmeler, ağ paket kayıpları, veritabanı yapılandırma hataları ve yanıt süresi gecikmeleri gibi performans sorunlarına odaklanmıştır. PerfCompass, PivotTracing ve LogAnalytics yöntemleriyle doğrulanan bu yaklaşım, iş akışı ve performans hatalarını başarılı bir şekilde tespit ederken, işletim sistemi hataları için aynı başarıyı göstermemiştir.

Asrowardi, Putra ve Subyantoro (2020), e-ticaret uygulamalarında, mikroservis mimarisinin performans avantajları incelenmiş ve sipariş oluşturma süreci üzerinden performans testi yapılmıştır. 300, 500 ve 1000 tekrar ile 22.000 veri üzerinde yapılan testler, mikroservis mimarisinin monolitik mimariye göre daha yüksek performans sağladığını göstermiştir. Çalışmada, RESTAPI gibi dil bağımsız web hizmetlerinin ve Nesne Yönelimli Programlama (OOP) kullanımının, geliştirme sürecini kolaylaştırdığı ve müşteri memnuniyetini artırdığı vurgulanmıştır.

Kocaman (2018) tarafından yapılan çalışmada, mikroservis mimarisi kullanılarak geliştirilen ödeme sistemi, popülerlik kazanmaya odaklanan oyun uygulamaları için tasarlanmıştır. Bu sistem, oyuncuların oyun içi ödemelerini hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar. MSTOS projesi, kullanıcıların kart bilgilerini güvenle saklayarak, farklı oyunlara ödemelerini tek bir platform üzerinden yapmalarını sağlar. Oyuncular ayrıca hesaplarında kalan bakiyeyi istedikleri takdirde, başka oyunculara aktarabilirler. Mikroservislerin ölçeklenebilirliği test edilmiş ve uygulamanın başarılı olduğu gösterilmiştir. Arayüzde HTML ve yazılım tarafında PHP kullanılmıştır. Uygulama, tek kullanımlık şifrelerle güvenli bir giriş sağlar ve jeton satın alma işlemleri gibi özellikleri içerir.

Hasselbring ve Steinacker (2017), otto.de e-ticaret sitesinin monolitik mimariden mikroservis mimarisine geçişini inceler. Mikroservis mimarisi sayesinde site, daha güvenilir, ölçeklenebilir ve hata toleransı yüksek hale gelirken, geliştirme süreçleri servis bazında ekiplere bölünerek iyileştirilmiştir. Mikroservis tabanlı mimarinin karmaşık olabileceği ancak tutarlılığı sürdürmek, alarm mekanizmaları ve hata toleransı gibi önemli konular için geniş bir operasyon ekibi gerektirdiği vurgulanır. Ölçeklendirme ve hata tespiti konusunda başarı elde edilmiş ve geliştirme sürelerinde azalma yaşanmıştır.

### 3. YAZILIM MİMARİLERİ

Yazılım mimarisi, bir projenin unsurlarının düzenlenmesini ve ilişkilerini açıklar, performans, güvenlik ve uzun vadeli bakım gibi kritik konuları ele alır. Projelerin teknolojik değişimlere uyum sağlayabilmesi için esnek bir yapı oluşturur ve ekibin katkılarıyla sürekli olarak geliştirilir. Yazılım mimarları, projenin ilerleyişiyle birlikte ortaya çıkan gereksinimlere göre yazılımın ihtiyaç duyduğu teknolojilerin seçiminde karar verir. Mimarinin oluşturulması sürecinde, ekip içi iletişim ve yetkinlik seviyesi önemlidir. Uygun tasarlanmamış olan yazılım mimarisi, projeye zarar verebilir ve uygulamalarda performans sorunlarına neden olabilir. Mimari, projenin karmaşıklığını yönetmek, güvenlik sağlamak ve teknolojik değişime ayak uydurmak için kritik bir öneme sahiptir.

Monolitik mimari, yazılım geliştiricilerin uzun yıllar kullandığı bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, farklı bileşenleri tek bir programa birleştirir ve uygulamayı tek bir bütün olarak dağıtır (Gos ve Zabierowski, 2020). Monolitik mimaride, üç temel katman bulunur: veritabanı, iş mantığı ve kullanıcı arayüzü (Kyryk vd., 2022). Bu katmanlar, uygulamanın veri saklama, iş mantığını yürütme ve kullanıcı arayüzü sunma işlevlerini yerine getirir. Monolitik mimari, anlaşılabilirliği ve kolay geliştirilebilirliği ile tercih edilirken, zamanla bakımı zorlaşabilir ve sistemler karmaşık hale gelebilir. Bu durumda, yazılım geliştiricilerin uzun saatler harcaması ve yeniden mimari oluşturması gerekebilir. Monolitik mimarinin dezavantajları, sistemdeki bağımlılıkların artması ve modülleri bağımsız olarak çalıştıramama gibi sorunlardır. Bu nedenle, projenin büyümesi ve geliştirici sayısının artmasıyla birlikte, monolitik mimarinin zorlukları da artabilir (Terra, Valente, Bigonha, 2012).

Monolitik ve Mikroservis mimarisinin tablo 1'deki karşılaştırmasına bakıldığında, yazılım geliştiricilerin küçük ve bağımsız hizmetler olarak uygulamaları bölerek yönetmelerini sağlayan bir yaklaşımdır. Bu mimari, her servisin belirli bir işlevselliği temsil ettiği ve bağımsız olarak geliştirilip dağıtılabildiği bir yapı sunar. Servisler arasındaki iletişim HTTP, RPC, RESTful API'ler gibi protokollerle sağlanırken, her bir servis kendi veritabanına sahip olabilir ve kendine özgü teknolojilerle çalışabilir. Mikroservis mimarisi, esneklik, ölçeklenebilirlik ve bakım kolaylığı gibi avantajlar sunarken, her servisin işlevselliğine dikkat edilmesi ve bağımlılıkların yönetilmesi önemlidir. Veri bütünlüğünün sağlanması için tutarlılık mekanizmaları kullanılabilir (Dragoni vd., 2017).

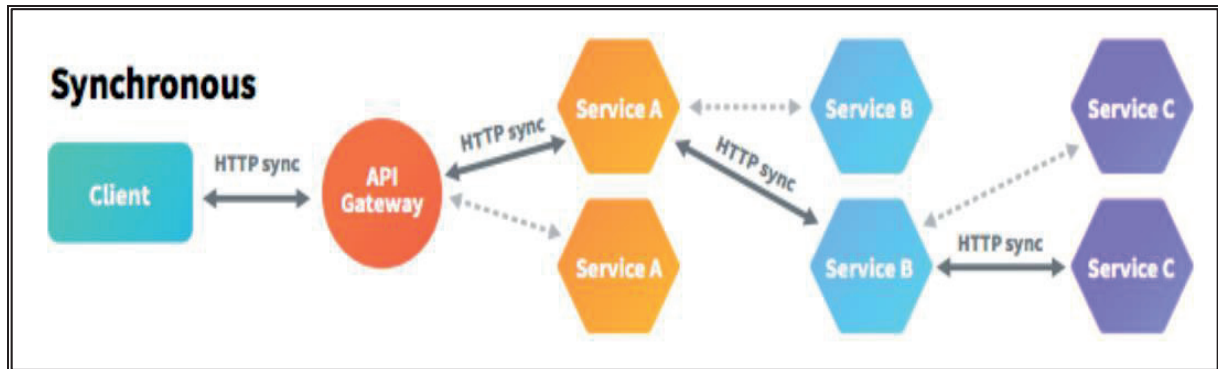
**Tablo 1:** Monolitik ve Mikroservis Mimari Karşılaştırması

Özellik	Monolitik	Mikroservis Mimari
Mimari Yapı	Tek bir büyük uygulama	Birden çok küçük uygulama
Esneklik	Daha az esneklik, değişiklikler genellikle zordur	Daha fazla esneklik, servisler bağımsız olduğu için değişiklikler daha kolaydır
DevOps Entegrasyonu	DevOps süreçleri daha kısıtlı olabilir	DevOps süreçleri daha esnek ve çeşitli olabilir

Bağımlılıklar	Yüksek bağımlılıklar ve entegrasyonlar	Düşük bağımlılıklar ve bağımsız servisler
Geliştirme Kolaylığı	Başlangıçta daha hızlı geliştirme	Her servisin bağımsız geliştirilmesi gerekebilir
Ölçeklenebilirlik	Dikey ölçeklenebilirlik	Yatay ölçeklenebilirlik
Bakım	Daha karmaşık bakım gereksinimleri	Daha az karmaşık bakım gereksinimleri
Teknoloji Seçimi	Teknoloji seçimi genellikle kısıtlıdır	Teknoloji seçimi genellikle daha esnekler
Dağıtım	Tüm uygulama tek bir yapıda olduğu için daha kolaydır	Servislerin dağıtımı karmaşıktır
Hata Yönetimi	Bir hata tüm sistem üzerinde etkili olabilir	Servisler birbirinden bağımsız olduğu için hata yönetimi daha kolay olabilir

Mikroservis Mimarisinde İletişim; Mikroservis mimarisi, büyük ve karmaşık uygulamaları esnek, ölçeklenebilir ve yönetimi kolay parçalara ayırarak modern teknolojilere uyum sağlar. Servisler arası iletişim, güvenlik, performans ve dayanıklılık açısından kritik olup, RESTful API'ler, gRPC, senkron ve asenkron sistemler gibi yöntemlerle sağlanır ve sürekli iyileştirilir.

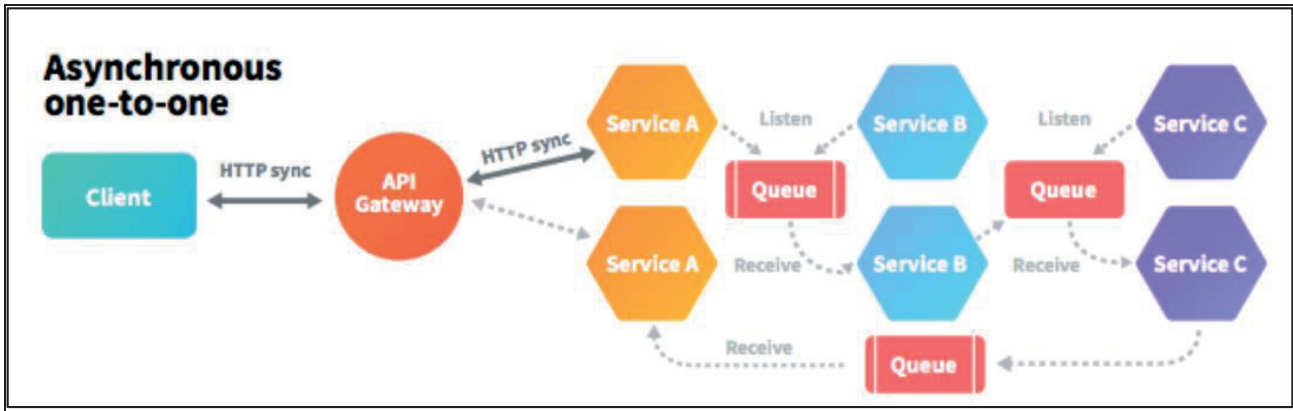
Mikroservis mimarisinde şekil 1 'de görülen senkron iletişim, istek/yanıt etkileşimi olarak sıkça tercih edilir ve bir servisin diğerine istekte bulunup yanıt alana kadar beklemesi şeklinde gerçekleşir. Monolitik uygulamalarda tek yapı üzerinden iletişim sağlanırken, mikroservisler bağımsız çalışır ve birbirlerinden veri bekler. Bu durum, dönüş sürelerinde gecikmelere ve sistemsel bloklamalara yol açabilir, maliyet ve kullanıcı kaybına neden olabilir. Örneğin, bir e-ticaret uygulamasında, senkron iletişim müşteri geri dönüşlerinin hızlı olması, stok ve fiyat güncellemelerinin anında yapılabilmesi ve ödeme işlemlerinin bankalardan anında yanıt alması gerektiği için tercih edilir. Bu nedenle, senkron iletişim türü dikkatli seçilmelidir (Shafabakhsh, Lagerström, Hacks, 2020).



Şekil 1. Senkron iletişim şeması (Shafabakhsh, Lagerström, Hacks, 2020)

Mikroservis mimarisinde asenkron iletişim, mesajı gönderen taraf geri dönüş beklemez. Bu tür iletişim, özellikle uzun sürecek işlemler sırasında kullanışlıdır; müşteri isteği gönderilir ve sunucu işlemi gerçekleştirirken müşteri başka işlemlerle meşgul olabilir. Asenkron iletişim, bağımlılıkları ortadan kaldırarak servislerin birbirinden bağımsız çalışmasını sağlar. Bu tür iletişimde, zaman farkına bakılmaksızın veri alışverişi yapılır ve hatalar sistemin kesintiye uğramasına neden olmaz. Kuyruk yapısı sayesinde mesajlar saklanabilir ve hata giderildiğinde tekrar gönderilebilir. Bu, mikroservis mimarisinde önemli bir avantajdır.

Asenkron iletişim hem bire bir hem de bire çok iletişim gerçekleştirilmesine olanak tanır. Kullanıcı bir bildirim gönderdiğinde, olay yayınlanır ve diğer işlemler paralel olarak devam edebilir. Örneğin, bir ürün sipariş edildiğinde, siparişin kargoya verilmesi ve stoktan düşülmesi eş zamanlı olarak yapılabilir. Asenkron iletişim, kaynakların ekonomik kullanımını sağlar ve yoğun zamanlarda değil, kullanımın az olduğu zamanlarda işlemleri gerçekleştirerek optimizasyon sağlar. RabbitMQ ve Kafka gibi sistemler, asenkron mesajlaşma teknolojileri olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Van Steen ve Tanenbaum, 2017).



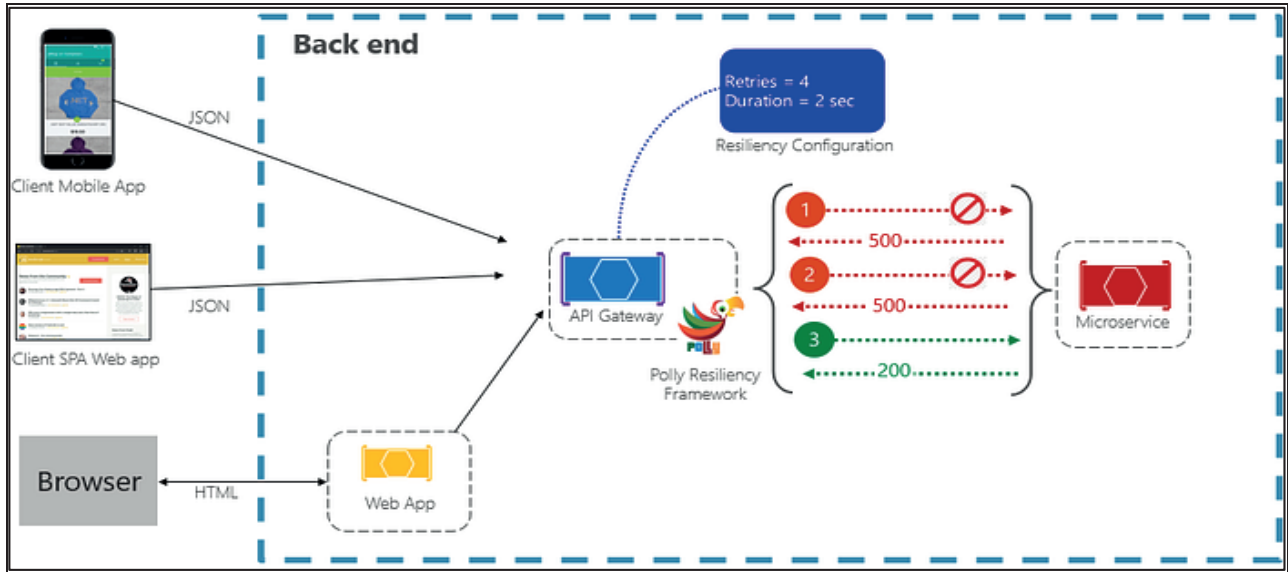
Şekil 2. Asenkron iletişim (Van Steen ve Tanenbaum, 2017).

Mikroservis Mimarisinde Hata Yönetimi; Mikroservis mimarisi, büyük projeleri küçük parçalara ayırarak yönetim avantajı sağlar; ancak bu süreçte hata yönetimi kritik bir rol oynar. Mikroservislerde hata yönetimi, hataların tespiti, kaydedilmesi, izlenmesi ve giderilmesini kapsar. Hatalar yazılım, veri, kullanıcı, altyapı ve işlemsel kategorilere ayrılır. Servisler arasındaki hata tolerans stratejileri, bir servisin diğerlerinden etkilenmeden çalışmasına olanak tanır. Otomatik yeniden yükleme ve tekrar deneme gibi teknikler kullanılarak, servis hatalarının yönetimi sağlanır. Ayrıca, kritik durumlarda alternatif çözümler sunularak, hata toleransı sağlanır ve kullanıcı hatalarına karşı da önlemler alınır.

Hata yönetiminde loglama ve izleme araçları (Elasticsearch, Logstash, Kibana, Splunk, Fluentd) kullanılarak hataların anlamlandırılması ve analiz edilmesi sağlanır. Monolitik mimariden mikroservis mimariye geçişte, dağıtık bileşenlerin karmaşıklığını yönetmek için Prometheus, Elastic APM ve Grafana gibi araçlar kullanılır. Servislerin birbirinden izole edilmesi, hata izolasyonu ve kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkiler. Sistem kesintilerinde, hatalı servisler devre dışı bırakılır ve alternatif çözümler sunulur. Geri alma stratejileri (A/B testi, Gradual Rollout, Blue/Green Deployment) kullanılarak sistem güncellemeleri ve hata yönetimi yapılır. Mikroservis mimarisinin artan kullanımıyla birlikte otomatik hata yönetimi ve sürekli iyileştirme çalışmaları da artmaktadır.

Hata Yönetim Kütüphanesi; Mikroservis mimarisinin yaygınlaşmasıyla birlikte anlık hata müdahalesi önemli hale gelmiştir. Polly, NET tabanlı uygulamalarda hata yönetimi, retry (yeniden deneme) ve circuit breaker (devre kesici) gibi dayanıklılık stratejilerini uygulamak için açık kaynak ve yaygın olarak kullanılan bir kütüphanedir. Polly, bir .NET dayanıklılık ve hata yönetim kütüphanesidir. API istekleri sırasında karşılaşılan başarısızlıkları tekrar denemek, hataları yönetmek, gecikmelerle (backoff) tekrar denemek ya da devre kesici (circuit breaker) gibi stratejiler kullanarak uygulamamızın dayanıklılığını artırmak için kullanılır. Bu kütüphane, bir çok karmaşık hatayı basit bir şekilde yönetmemize yardımcı olur. Uygulama geliştirirken genellikle dış bir servisin bir anda yanıt vermemesi ya da gecikmesi durumunda uygulamamız kilitlenebilir, Polly burada devreye girer, belirli bir hatayı ya da istisnai durumu tekrar deneme, belirli bir süre bekleyip tekrar deneme ya da sistemde problem olduğunda devre kesici kullanarak bu problemi yönetme gibi seçenekler sunar. Kısacası Polly, bağlantı sorunlarında otomatik yeniden deneme gibi politikalarla kesintileri önler, güvenlik açıklarına karşı dayanıklılığı artırır ve aşırı yüklenme saldırılarına karşı sistemi korur.

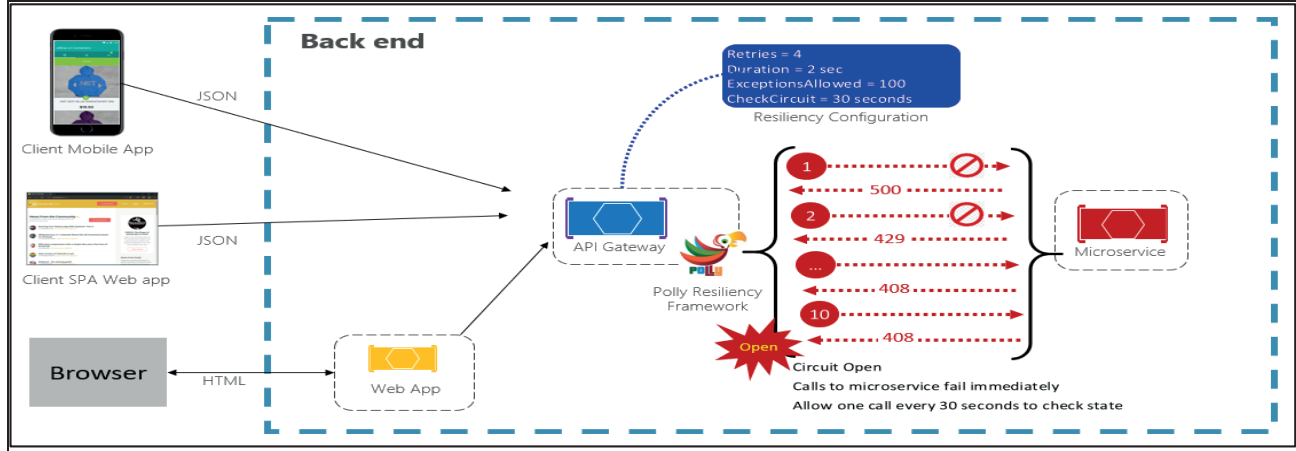
Retry Pattern; Retry (tekrar deneme) yöntemi, yapılan isteklerin sonucunun hatalı dönmesi durumunda tekrar denemeye imkân sağlar. Bu yöntem, istek gönderdiğimiz ve sonucunu beklediğimiz servisin küçük kesintiler yaşaması durumunda otomatik olarak düzeltilebilmesi için kullanılır. Belirli aralıklarla ardışık işlem yapılabilir. Retry pattern kullanımı, tek bir hata, koşullu hata veya birden fazla hata tipine göre uygulamanın çalışmasını sağlar. Başarılı bir sonuç alınca kadar tekrarlamaya yapılabilir veya belirli bir bekleme süresi konularak işlem başlatıldıktan sonra tekrar denemek için bir aralık bırakılabilir.



Şekil 3. Retry Pattern Şeması (Microsoft, 2024).

Circuit Breaker Pattern; Circuit Breaker (Devre kesici) kullanımı, hatalı işlemlerin tekrar denemesi durumunda döngüye girip belirsiz bir şekilde devam etmesini engeller. Bu pattern, belirli bir süre bekledikten sonra sorguyu durdurarak işlev görür. Belirli hata tiplerinde, hatanın durumunda değişiklik olma ihtimaline karşı alınabilecek aksiyonlar belirlenebilir. Devre kesici kapalıyken tüm isteklerin geçmesine izin verir. İstekler başarısız olduğunda, belirlenen süre boyunca istekleri iletmemek için kendini açık konuma getirir. Daha sonra, tekrar deneme yaparak başarılı olursa kendini kapalı konuma geri getirir. Yarı açık durumda, isteklerin

dinlenmesi ve senaryoya göre durumun belirlenmesi sağlanır. Bu yöntem, zaman aşımını önler ve sunucunun aşırı yüklenmesini engeller.



Şekil 4. Circuit Breaker Şeması (Microsoft, 2024).

Fallback Pattern; Fallback (Yedek plan) pattern kullanımı, hata alınması durumunda tekrar deneme politikalarından farklı olarak başka bir servise yönlendirilmesini sağlar. Farklı bir servisin tetiklenmesiyle karşılaşılan hataya çözüm sunulur. Bir servisten gelen hata durumunun başka bir serviste kontrol edilmesiyle başarısızlığın önüne geçilir. Bu yöntem, kullanıcı deneyimini iyileştirir ve uygulama kullanımını artırır. Örneğin, e-ticaret uygulamasında araçların satışının yapıldığı bir platformda, kullanıcıların ürünleri tanıtmak için fotoğraf yüklemesi zorunludur. Fotoğraf yükleme servisinin çalışmaması durumunda, sistem otomatik olarak boş bir resim yerleştirerek bu sorunu çözer.

Timeout Pattern; Timeout (Zaman aşımı) pattern, bir uygulamada istek gönderilen servisin zaman aşımına uğraması durumunda uygulanabilecek stratejileri içerir. Bu stratejiler optimistik ve pesimistik olarak ikiye ayrılır. Eşzamanlı işlemleri iptal etmek veya sonlandırmak için kullanılan 'CancellationToken', optimistik durumda asenkron işlemlerde kullanılan bir timeout stratejisidir. Pesimistik durumda ise CancellationToken olmadan senkron işlemlerde timeout durumunu yönetir. Yapılan isteklerin süresi dolduğunda hata göstererek servis sonucunu beklemeden sistemin devam etmesini sağlar.

Polly kütüphanesi, kullandığı patternler ile uygulamaların güvenliğini, sağlamlığını ve hata toleransını artırır. Beklenmedik hatalara uygun çözümler sunarak bu durumlara yanıt verir. Kod tekrarını azaltarak karışıklığı önler ve hızlı çözümler sunar. Bu nedenle, gerekli uygulamalarda hata yönetimi için tercih edilmelidir. Polly, yazılım geliştiricilere kod kullanılabilirliği sağlayarak uygulamanın bakımını ve güncelleştirilmesini kolaylaştırır.

#### 4. UYGULAMA

Uygulama, mikroservis mimarisi üzerine inşa edilmiştir, Sipariş ve Müşteri olmak üzere iki API'den oluşmaktadır. Sipariş API'si, mevcut müşterileri kontrol ederek sipariş oluşturulmasını sağlar ve olası problemler için çeşitli yöntemler sunar. Müşteri API'si ise müşteri bilgilerini yönetir, bu bilgileri kullanarak siparişlerin oluşturulmasına olanak tanır. Polly kütüphanesi, bu bağımsız API'lerde meydana gelen hataları yöneterek uygulamanın dayanıklılığını artırır.

Müşteri API'si, müşteri bilgilerini içeren bir sınıf oluşturur ve 6 farklı kullanıcı örneğiyle çalışır. HTTP GET isteğiyle müşteri numarası gönderilerek Swagger arayüzünde ilgili müşteri ismi

gösterilir. Swagger, API'lerin özelliklerini görüntüleme, test etme ve geri dönüş cevaplarını alma imkânı sunar. Hatasız çalıştığında, "/api/MusteriBilgileri/GetMusteriIsmi/{musteriNumarasi}" endpointine varsayılan müşteri numarası gönderilerek müşteri bilgileri alınır. Hata yönetimi, HTTP durum kodlarından alınan geri dönüşlerle uygulamanın problemleri ifade etmesini sağlar, böylece uygulamanın dayanıklılığı artar ve sorunlar hızlıca çözülebilir.

Sipariş API'si, siparişi veren müşterinin bilgilerini ve sipariş tarihini içeren verileri bir modelde barındırır. Bir müşteri birden fazla sipariş verebilir ve her sipariş eşsiz bir sipariş numarasıyla tutulur. Siparişler, ürünlerin id numarası ve isim bilgileriyle "içindekiler" sınıfında yer alır. E-ticaret uygulamalarında stokta olmayan ürünlerin siparişi, fiyat değişiklikleri, yetersiz bakiye, kargo hataları ve yanlış teslimat adresleri gibi senaryolar yaşanabilir. Her ürün kendi sipariş id'si ile değerlendirilir ve sipariş işlemleri müşteri memnuniyetini doğrudan etkiler. Ürün açıklamaları, resimleri ve müşteri yorumları, uygulamaya olan güveni artırır.

E-ticaret uygulamalarında hızlı ve etkili müdahale için hata izleme kütüphanelerinden faydalanmak önemlidir. Bu makalede, Serilog.AspNetCore kütüphanesi kullanılarak hataların izlenmesi, güvenlik açıklarının tespiti, hata takibi ve uygulama performansının iyileştirilmesi sağlanmaktadır.

Uygulamaya kütüphanenin eklenmesi ve appsetting.json dosyasının yapılandırılması gerekmektedir. Serilog.AspNetCore kütüphanesi eklenirken, test aşamasında "GetMusterininSiparisleri/{musteriNumarasi}" endpointi çalıştırılarak müşteriye ait siparişlerin, listelendiği kontrol edilir. Ancak, müşteri API'sinden geri dönüş alınmadığında HTTP durum kodu 500 alınır. Bu durumda bağlantı hatası veya ağ sorunları yaşanmış olabilir. Kimlik doğrulama veya yetkilendirme yöntemleri kullanılıyorsa, bu sorunlar da dikkate alınmalıdır. Serilog.AspNetCore kütüphanesi sayesinde yaşanan hatalar izlenir ve uygun alternatif stratejileri uygulanır. Bu şekilde geliştiriciler, sipariş sürecini etkili bir şekilde yönetebilirler.

Uygulama İçerisinde Hata Yönetimi ve İyileştirme Stratejileri;

Uygulama içinde Polly kütüphanesi entegre edilerek, SiparisAPI'nin MüsteriAPI'den dönüş değeri alamadığı durumlarda dayanıklılığı artırılmıştır. Retry Policy kullanılarak, istek olumsuz bir sonuç döndürdüğünde tekrar deneme işlemi yapılmıştır. Ancak, bu tekrar deneme işlemi sonsuz bir döngüye girme riskini önlemek için proje içinde 3 kere deneme yapılması prensibi benimsenmiştir.

SiparisAPI, MüsteriAPI'den olumlu yanıt alamadığı durumda deneme sayısının tamamlanmasıyla isteği olumsuz olarak sonlandırmaktadır. MüsteriAPI'ye yapılan istekte rastgele bir hata durumunun belirlenmesi için üretilen sayıların çift veya tek oluşuna göre 500 hatası veya olumlu bir yanıt döndürülmektedir. Bu yöntemle hataların denemesi gerçekleştirilmektedir

SiparisAPI'de Retry Policy kullanılarak ürün işlenmesi ardından yeniden deneme sağlanmaktadır. Müşterinin sipariş detaylarını almak için bir metod oluşturulmuş ve müşteri numarasına göre bu detayların görüntülenmesi sağlanmıştır. Bu süreçte, isteklerin başarılı olana kadar 3 kez tekrarlanması sağlanmış ve sonuç başarılı bir şekilde alındıktan sonra ilgili nesnenin gösterimi gerçekleştirilmiştir. Uygulama arayüzünde, müşteri numarasının girilmesiyle logların görüntülenebildiği App.log dosyası oluşturulmuştur. Bu sayede, isteklerin tekrar sayılarına ilişkin bilgilere erişilebilmektedir.



Uygulama, bir servisten belirlenen süre içinde yanıt alamadığında tekrar deneme işlemi yapar ancak sonsuz tekrarlardan kaçınmak için bir zaman aşımı süresi belirlenir. Örneğin, müşteri bilgilerinin alınması için yapılan istekte, 3 dakika gecikme sonrasında hala yanıt alınamazsa 30 saniye bekletilir ve başarılı bir sonuç alınmadığı için hata döndürülür. Bu sayede, uygulama sonsuz döngülere girmeden belirli bir süre içinde deneme yapar ve zaman aşımı durumunda kendisini durdurur.

Müşteri bilgilerine ulaşılamadığı durumda, API üzerinde hataya dair bilgilendirme mesajı gösterilir ve bu hata durumu Timeout Policy ile detaylı bir şekilde analiz edilebilir. Örneğin, Swagger arayüzünde müşteri numarası girildiğinde zaman aşımı sonrası hata gösterilir. Bu sayede, hataların belirli bir süre içinde yönetilmesi ve analiz edilmesi sağlanır.

Uygulama arayüzünde, müşterinin numarasının girilmesiyle beklenen süre içinde zaman aşımına uğraması durumu App.log dosyasında görüntülenir. Bu gecikmelerin önüne geçilmesiyle müşterilerin zaman kaybı minimum seviyeye indirilir ve sipariş verilmesi sırasında oluşabilecek hataların etkileri azaltılmış olur.

E-ticaret uygulamalarında, sipariş servisinde ürünlerin ait olduğu müşterinin bilgilerinin alınması sırasında hatalar meydana gelebilir. Kullanıcılar, bu hataları gidermek için tekrar tekrar istekte bulunabilir. Başarısız isteklerin belirli bir sayıyı aşması durumunda veya sürekli denemeler sonucunda sistemin kilitlenmesi riski ortaya çıkar. Bu durumu önlemek için Circuit Breaker Policy uygulanır. Örneğin, müşteri servisinden 3 defa hata dönmesi durumunda, sistem 1 dakika boyunca servise yeni istek göndermez.

Uygulama üzerinde, kullanıcıların karşılaştığı hataların, kullanıcı dostu arayüzler ile açıklayıcı hata mesajları olarak gösterilmesi sağlanır. Bu, kullanıcıların hataların nedenini anlamasını kolaylaştırır ve aynı hatanın sürekli tekrar edilmesinin önüne geçer. API'lerin çalıştırılmasının ardından açılan arayüzde, müşteri numarasının girilmesiyle oluşan hatalar, app.log dosyasında kaydedilir ve Swagger arayüzünde görüntülenir.

Sürekli hatalarla karşılaşan sistemlerin belirli bir süre yanıt vermemesini sağlayan Circuit Breaker Policy, sistemin kaynaklarını korur ve kullanıcıların zaman kaybını azaltır. Ayrıca, açıklayıcı hata mesajları ile kullanıcılar, müşteri hizmetlerine başvurmadan sorunlarını anlayabilirler. Bu, e-ticaret platformlarında müşteri hizmetlerine olan talebi azaltarak hem kullanıcı memnuniyetini artırır hem de işletmenin kaynaklarını daha verimli kullanmasını sağlar.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, monolitik ve mikroservis mimarisinin özellikleri, avantajları ve dezavantajları detaylı olarak incelenmiştir. Mikroservis mimarisi, karmaşık yapıları belirli işlevlere göre ayırarak ölçeklendirme avantajı sağladığı için e-ticaret uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu mimari, birbirinden bağımsız çalışan servisler sayesinde bir serviste meydana gelen hatanın diğer servislerin çalışmasını engellememesini sağlar.

Polly kütüphanesi, hata yönetimini kolaylaştırarak geliştiricilere ciddi anlamda zaman kazandırır. Retry stratejisi başarısızlıkları azaltır ve sistemi stabil hale getirir. Circuit Breaker, sisteminizin daha da zorlanmasını önler ve bir çökme durumunda kontrolü elimizde tutmamızı sağlar. Bu da uzun vadede daha az çökme ve daha yüksek kullanıcı memnuniyeti demektir. Polly, aynı zamanda uygulamaların dayanıklılığını artırarak hem geliştirici ekiplerine hem de şirketlere zaman kazandırır. Hatayı erken aşamada tespit etmek ve onu öngörülebilir hale getirmek gibi son kullanıcı memnuniyeti artırılır. Fallback stratejisi, bir hata meydana

geldiğinde alternatif bir yanıt sunulmasına olanak tanır. Veritabanı sorgusu başarısız olduğunda, kullanıcıya “şu an hizmet kullanılmıyor” mesajı sunmak yerine, Polly'nin yardımıyla belirli uygun bir mesaj veya veri sunulabilir. Bir işlemin belirli bir süre içinde sonuçlanmaması durumunda, Polly ile bu işlemi sonlandırılarak daha verimli bir sistem yaratılır. E-ticaret uygulamalarında sipariş veren müşteriye ait bilgilerin erişimi sırasında meydana gelen hataların önüne geçebilmek için .NET Polly kütüphanesi kullanılarak, sistem karmaşıklığı, veri tutarlılığı ve performans kayıpları gibi önemli konular etkin bir şekilde yönetilebilir. Bu sayede, müşteri memnuniyeti ve e-ticaret platformlarına olan güven artırılır.

Sonuç olarak, geliştirilen uygulama ile e-ticaret platformlarında sipariş sürecinde müşteri verilerine dair oluşan hataların önlenmesi için çözümler sunulmasıyla, gelecekteki çalışmalarda, yapay zekâ, veri analitiği ve makine öğrenmesi yöntemleri ile daha kişiselleştirilmiş deneyimlere odaklanarak müşteri deneyimini optimize etmeyi hedefleyebilir. Ayrıca, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak müşterilere daha esnek ve kontrollü alışveriş deneyimleri sunulabilir. Bu yenilikçi yaklaşımlar, müşteri memnuniyetinin artmasına ve e-ticaret platformlarının başarısının devamlılığına katkı sağlayacaktır.

## 6. KAYNAKÇA

- Altınkaya, C. (2022). *Üniversite bilgi sistemleri için REST tabanlı bir web servis platformunun tasarımı ve geliştirilmesi*. [Yüksek lisans tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Asrowardi, I., Putra, S, D. ve Subyantoro, E. (2020). *Designing microservice architectures for scalability and reliability in e-commerce*. (s. (Vol. 1450, No. 1, p. 012077). IOP Publishing). Journal of Physics: Conference Series.
- Dervişi, F. (2022). *Açık bankacılık sistemlerinde monolitik mimariden mikroservis mimariye geçiş*. [Yüksek lisans tezi]. Trakya Üniversitesi.
- Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R. ve Safina, L. (2017). *Microservices: yesterday, today, and tomorrow. Present and ulterior software engineering*.
- gRPC Authors. (2024). Introduction to gRPC, 5 Şubat 2024 tarihinde <https://grpc.io/docs/what-is-grpc/introduction/> adresinden edinilmiştir.
- Gos, K. ve Zabierowski, W. (2020). The comparison of microservice and monolithic architecture. *2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*.
- Gördesli, M. ve Varol, A. (2022). Comparing interservice communications of microservices for e-commerce industry. (s. pp. 1-4). *2022 10th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS) IEEE*.
- Hasselbring, W. ve Steinacker, G. (2017). Microservice architectures for scalability, agility and reliability in e-commerce (s. pp. 243-246). *2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops (ICSAW)*.
- Kyryk, M., Tymchenko, O., Pleskanka, N. ve Pleskanka, M. (2022). *Methods and process of service migration from monolithic architecture to microservices*. (s. pp. 553-558). 2022

- IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET).
- Microsoft. (2024). Application Resiliency Patterns. 10 Şubat 2024 tarihinde <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/cloud-native/application-resiliency-patterns> adresinden edinilmiştir.
- Microsoft. (2024). Microservices architecture style. 24 Şubat 2024 tarihinde <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/microservices/design/> adresinden edinilmiştir.
- Pandurang. (2022). *How does HTTP protocol work*. 20 Ocak 2024 tarihinde <https://pandurangpatil.medium.com/how-does-http-protocol-work-426b1a4158f3> adresinden edinilmiştir.
- Shafabakhsh, B., Lagerström, R., Hacks, S. (2020). Evaluating the impact of inter process communication in microservice architectures. QuASoQ@ APSEC.
- Terra, R., Valente, M. T. ve Bigonha, R. S. (2012). *An approach for extracting modules from monolithic software architectures* (s. pp. 1-18). IX Workshop de Manutenção de Software Moderna (WMSWM).
- Van Steen, M. ve Tanenbaum, A. (2017). Distributed systems. Leiden, The Netherlands: Maarten van Steen.
- Wang, T., Zhang, W., Xu, J. ve Gu, Z. (2020). *Workflow-aware automatic fault diagnosis for microservice-based applications with statistics*. (s. 17(4), 2350-2363). IEEE Transactions on Network and Service Management.
- Wang, X., Zhao, H., Zhu, J. (1993). *GRPC: A communication cooperation mechanism in distributed systems*. (s. 27(3), 75-86). ACM SIGOPS Operating Systems Review.
- Wei, P., Hong, Z. ve Shi, M. (2016). Performance analysis of HTTP and FTP based on OPNET. 2016 IEEE/ACIS 15th International Conference on Computer and Information Science (ICIS).
- Zhou, vd., (2018). *Fault analysis and debugging of microservice systems: Industrial survey, benchmark system, and empirical study*. IEEE Transactions on Software Engineering, 47(2), 243-260.
- Microsoft. (2024). Application resiliency patterns. Microsoft Learn. 10 Şubat 2024 tarihinde <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/cloud-native/application-resiliency-patterns> adresinden edinilmiştir.



## YAYIN KURALLARI

(<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bujse/writing-rules>)

Yazarlara Not: TÜBİTAK-ULAKBİM Fen Bilimler Veri Tabanı Komitesi, bu yayın kurallarına %100 uyulmasını istemektedir. Lütfen makaleleri bu kurallara uygun olarak hazırlayıp gönderiniz.

Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda İKİ kez (altı ayda bir) yayınlanır.

Hakemli ve özgün çalışmaları amaçlayan bir dergidir. Makalelerin, hakem değerlendirilmesine girmek üzere, yayın kurulu sekreterliğine yazar adı, e-postası, cep /telefonu ile gönderilmesi gerekmektedir. Yazarlar makalelerinde hakemlerin de değerlendirmelerinde dikkate alacağı aşağıdaki kriterleri de gözden uzak tutmamalıdır:

- Makalelerindeki ekseni, dayandığı temel fikri, ikincil kaynak incelemesi ve bunlara göre yeniliği, Fen ve Mühendislik Bilimleri ve uygulama alanına katkısını,
- Araştırmalarının makalenin ana eksenine katkısını, hipotez ve metodolojisi, istatistiksel analiz tekniğinin yeterliliğini,
- Makalenin mantıksal bütünlüğü ve kendilerini tatmin edip etmediğini,
- Makalenin başlığa uygunluğu ve anahtar kelimelerin makaleyi yansıtabilmesini,
- İyi kalitede bir model, şekil, tablo vb. ile öğretime katkı seviyesini değerlendirmelidirler.

Tüm makale türleri için MS Office Word şablonu mevcuttur ve yazarların makaleleri gönderilmek üzere hazırlarken MS Office Word şablonunu kullanmaları önerilir. Makalenin toplam uzunluğu 25 sayfayı geçmemelidir. Makale, MS Office Word dosyası (MS DOC, MS DOCX) olarak yüklenmelidir. Farklı formatlarda yüklenmiş dosyalar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Genel olarak, makedeki bölümlerin sırası aşağıda belirtilen şekilde olmalıdır.

Başlık – Yazar(lar) – Yazar Bilgileri – Anahtar Sözcükler – Özet — Ana Metin [Şekiller ve Tablolar dahil] – Teşekkür – Kaynakça

**Başlık:** Calibri (14 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılmalı ve bütün harfler büyük yazılmalıdır (Mikroorganizma, bitki ve hayvan türleri için Latince adları gibi küçük olması gereken kelimeler hariç). Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Başlık toplamda 25 kelimeyi geçmemelidir.

**Yazar(lar):** Yazar bilgileri başlık sayfasında, makale metninden ayrı bir şekilde yazılmalıdır. Calibri (14 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

**Yazar Bilgileri:** Bütün yazarların bağlı buldukları güncel kurum bilgileri başlık sayfasında verilmelidir. Yazar bilgileri "Kurum Adı, Fakülte/Yüksekokul/MYO Adı, Bölüm Adı, E-mail, ORCID" bilgilerini içerecek şekilde olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Sorumlu yazar için bir e-posta adresi verilmelidir.

**Anahtar Sözcükler:** Anahtar kelime sayısı en az 3, en fazla 5 olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

**Öz/Abstract:** Öz ve Abstract metinleri en fazla 300 kelime olmak üzere hazırlanmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Öz ve Abstract başlıkları kalın (bold) olmalıdır. Öz ve Abstract metinlerinde, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk, satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf başında girinti kullanılmamalı ve metinler tek paragraf olarak yazılmalıdır. Öz/Abstract, araştırmanın amacı, yöntemi, bulguları, sınırlılıkları ve özgün değerini ifade edecek şekilde yazılmalıdır.

**Ana Metin:** Ana metin yazıları Calibri (12 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Yunanca harfler ve matematiksel karakterler simge olarak metne eklenmelidir. Denklemler ardışık sayılarla etiketlenmeli ve metin içinde atıf yapılmalıdır (Örn: Denklem (1)). Denklemler düzenlenebilir formatta verilmeli, resim olarak eklenmemelidir.



Üst, alt ve sol ve sağ kenar boşlukları 2,5 cm olarak ayarlanmalıdır. Kaynaklar dahil tüm sayfalar ardışık olarak numaralandırılmalıdır.

Ana metin Giriş, Materyal & Metot (gerekli ise) ve Sonuç bölümlerinden oluşmalıdır. Tüm birincil başlıklar Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak bütün harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. İkincil başlıklar, (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Üçüncül başlıklar, Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak sadece ilk harf büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır.

Ana metin içerisinde gerektiği yerlerde tablo ve şekiller kullanılmalıdır.

Tablolar ile birlikte tablonun üst kısmında başlık ve kısa bir açıklama metni verilmelidir. Yalnızca bir veya iki sütunlu tablolardan ve yalnızca bir veya iki girişli sütunlardan kaçınılmalıdır. Tablo açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Tablolardaki dipnotların numaralandırılmasında üst indis Latin harfleri kullanılmalıdır. Dipnotlar Calibri (8 punto, Normal yazı tipi) ile yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Tüm tablolar metinde atıfta bulunulan sıraya göre Arap rakamları ile numaralandırılmalıdır (Örn: Tablo 1, Tablo 2, vb.). Metin içinde tablolara atıfta bulunulurken kısaltma yapılmadan "Tablo" sözcüğü kullanılmalıdır.

Makalede kullanılan şekil ve şemanın açıklayıcı bir başlığı olmalı ve şekil ve şema başlıklarına şeklin alt kısmında yer verilmelidir. Tüm şekiller ve şemalar metin içinde numara sırasına göre belirtilmelidir ve Arap rakamları kullanılmalıdır (Örn: Şekil 1, Şekil 2, vb.). Şekil ve şema açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 6 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. Şekillere atıfta bulunulurken, makalenin tüm bölümlerinde "Şekil" kelimesinin tamamı kullanılmalıdır.

Teşekkür: Raporlanan çalışma ile ilgili tüm finansman kaynakları, hibe numaraları ve finansman kuruluşlarının adları da dahil olmak üzere Teşekkür başlığı altında belirtilmelidir. Yazarlık kriterlerini karşılamayan herkesin katkıları, katkıda bulunanın izniyle Teşekkür bölümünde listelenmelidir. "Teşekkür" başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.

Kaynakça: Makalede kullanılan kaynaklar, kaynakça başlığı altında listelenmelidir. Ana metin içinde atıf yapılmayan kaynaklar Kaynakça listesinde yer almamalıdır. Yararlanılan kaynaklar nitelik (tez, kitap, makale, rapor vb.) ayrımı yapılmaksızın alfabetik olarak sıralanmalıdır. Kaynaklar APA 7 stiline göre yazılmalıdır. Kaynakça düzenlenirken Mendeley, EndNote veya Zotero benzeri yazılımların kullanılması önerilir. Kaynakça başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.



İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ  
CİLT SAYI: 17 (2)  
[www.dergipark.gov.tr](http://www.dergipark.gov.tr)

## İLETİŞİM

İstanbul Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sıraselviler Cd, 34437 Beyoğlu-İstanbul

Tel: 0212 444 1997  
Faks: 0212 867 51 72

[bujse@beykent.edu.tr](mailto:bujse@beykent.edu.tr)



