

T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

ENDÜSTRİ 4.0 VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK
ZİNCİRİ UYGULAMALARININ LOJİSTİK
SÜREÇLERE ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Evren DÖLEK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi. Mustafa ÖZAN

İstanbul - 2023

TEZ TANITIM FORMU

- ADI SOYADI** : Evren DÖLEK
- TEZİN DİLİ** : Türkçe
- TEZİN ADI** : Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Lojistik Süreçlere Etkisi
- ENSTİTÜ** : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- ANABİLİM DALI** : Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
- TEZİN TÜRÜ** : Yüksek Lisans
- TEZİN TARİHİ** : 22/06/2023
- SAYFA SAYISI** : 140
- TEZ DANIŞMANI** : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZAN
- DİZİN TERİMLERİ** : Lojistik, Lojistik Performansı, Müşteri, Müşteri Memnuniyeti.
- TÜRKÇE ÖZET** : Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Lojistik Süreçlere Etkisi üzerine uygulamalı bir araştırma
- DAĞITIM LİSTESİ** : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

Evren DÖLEK

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

**ENDÜSTRİ 4.0 VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK
ZİNCİRİ UYGULAMALARININ LOJİSTİK
SÜREÇLERE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Evren DÖLEK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi. Mustafa ÖZAN

İstanbul - 2023

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının çalışmalarından yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Evren DÖLEK

.../.../2023



T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Evren DÖLEK' in “**Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Lojistik Süreçlere Etkisi**” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Atiye TÜMENBATUR

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Metin YILDIRIM

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZAN

(Danışman)

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.... / / 2023

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının lojistik süreçlere olan etkilerinin analizidir. Bu kapsamda araştırılacak konuları, “endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları işletmelere hangi avantajları sağlamaktadır? İşletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının rekabet ortamında en üst seviyeye çekilmesi için neler yapılabilir? Sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının sürdürülebilirliğini etkileyen faktörler nelerdir? Endüstri 4.0 teknolojilerinin; sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarını ve örgütlerin sürdürülebilirliğini artırması için neler yapılabilir?” şeklinde sırlamak mümkündür. Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri faaliyetlerinde Lojistik işletmelerinin piyasadaki rekabette başarılı olmasının işletmeye ne gibi avantajlar sağlayabileceği, çalışanlara, işletmelere ve ülke ekonomisine ne gibi faydalar sağlayabileceği konusunda anketlerden elde edilen verilere dayalı istatistiksel analizler yapılarak ilgililerin yararına sunulmuştur.

Bu araştırmanın evreni; evreni İstanbul’da faaliyet gösteren toplan 500 lojistik işletme olup örneklem ise 462 kişidir. Araştırmanın verilerinin elde edilmesinde kullanılan ölçekler; “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Ölçeği” ve “Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği”dir. Anketlerden verilerine SPSS 21 programında; “güvenilirlik analizleri”, “frekans analizleri”, “regresyon analizi” ve “anova analizi” uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; “Endüstri 4.0”ın “Sosyal Sürdürülebilirliği” %52,6 oranında pozitif yönde; “Endüstri 4.0”ın “Çevresel Sürdürülebilirliği” %73,7 oranında pozitif yönde ve “Endüstri 4.0”ın Ekonomik Sürdürülebilirliği %75,6 oranında pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0, Sürdürülebilir Tedarik Zinciri, Lojistik Süreçler, Sürdürülebilirlik Performansı.

SUMMARY

The aim of this study is to analyse the effects of industry 4.0 and sustainable supply chain practices on logistics processes. In this context, the issues to be investigated in this context are "what advantages do industry 4.0 and sustainable supply chain practices provide to businesses? What can be done to maximise the sustainable supply chain practices of enterprises in the competitive environment? What are the factors affecting the sustainability of sustainable supply chain practices? What can be done for Industry 4.0 technologies to increase sustainable supply chain practices and sustainability of organisations?" In Industry 4.0 and sustainable supply chain activities, statistical analyses based on the data obtained from the questionnaires on what advantages the success of logistics enterprises in the competition in the market can provide to the enterprise, what benefits it can provide to employees, enterprises and the national economy are presented for the benefit of those concerned.

The population of this research is 500 logistics companies operating in Istanbul and the sample is 462 people. The scales used in obtaining the data of the research are; "Sustainable Supply Chain Practices Scale" and "Industry 4.0 Conceptual Awareness Scale". "Reliability analysis", "frequency analysis", "regression analysis" and "anova analysis" were applied to the data from the questionnaires in SPSS 21 programme. As a result of the analyses, it was determined that "Industry 4.0" positively affects "Social Sustainability" by 52.6%, "Industry 4.0" positively affects "Environmental Sustainability" by 73.7% and "Industry 4.0" positively affects Economic Sustainability by 75.6%.

Key Words: Industry 4.0, Sustainable Supply Chain, Logistics Processes, Sustainability Performance.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

1.1. Kavramsal Çerçeve	5
1.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı.....	5
1.1.2. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Kavramının Tanımı.....	6
1.1.3. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi	8
1.1.4. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Risk	9
1.2. Sürdürülebilir Tedarik Zincirinin Kritik Başarı Faktörleri	11
1.2.1. Dışsal Kritik Başarı Faktörleri	12
1.2.2. İçsel Kritik Başarı Faktörleri	14
1.3. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları	16
1.3.1. Çevre Yönetimi Uygulamaları	18
1.3.2. Sürdürülebilir Üretim Uygulamaları	19
1.3.3. Tedarik Zinciri Entegrasyonu.....	20
1.3.4. Kurumsal Sosyal Sorumluluk Uygulamaları.....	22
1.3.5. Sürdürülebilir Tedarikçi Yönetimi Uygulamaları	23
1.3.6. Sürdürülebilir Müşteri Yönetimi Uygulamaları	26
1.4. Sürdürülebilirlik Performansı.....	27
1.4.1. Üçlü Kâr Hanesi	29
1.4.2. Ekonomik Performans	32
1.4.3. Çevresel Performans.....	34
1.4.4. Sosyal Performans	35

İKİNCİ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0 VE LOJİSTİK SÜREÇLERE ETKİLERİ

2. Endüstri 4.0'ın Lojistik Süreçlere Etkileri	37
2.1.1. Lojistik Süreçlerde Nesnelerin İnterneti.....	42
2.1.2. Lojistik Süreçlerde 3D Yazıcılar	45
2.1.3. Lojistik Süreçlerde Siber Fiziksel Sistemler	50
2.1.4. Lojistik Süreçlerde Artırılmış Gerçeklik	54
2.1.5. Lojistik Süreçlerde Büyük Veri Big Data	58
2.1.6. Lojistik Süreçlerde Bulut Teknolojisi	64
2.1.7. Lojistik Süreçlerde Radyo Frekansı Tanımlama Teknolojisi.....	67

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Yöntemi	77
3.1.1. Araştırmanın Amacı	77
3.1.2. Araştırmanın Önemi	77
3.1.3. Araştırmanın Evreni, Örneklem Büyüklüğü Varsayımı ve Sırlılıkları	78
3.1.4. Veri Toplama Araçları	79
3.1.5. Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri	79
3.1.6. Güvenilirlik Analizi	80
3.1.7. Normallik analizi	81
3.1.8. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeğinin Faktör Analizi	82
3.1.9. Frekans Analizi	86
3.1.10. Korelasyon Analizleri	87
3.1.11. Regresyon Analizi	88
3.1.12. Farklılık (Anova) Analizleri	90
3.1.12.2. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Medeni Duruma Göre Gösterdiği Farklılıklar	91
3.1.12.3. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Yaşadığı Farklılıklar	92
3.1.12.4. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Eğitim Durumuna Göre Gösterdiği Farklılıklar	93
3.1.12.5. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Çalışma Süresine Göre Gösterdiği Farklılıklar	94
BULGULAR VE TARTIŞMA	95
SONUÇ VE ÖNERİLER	98
KAYNAKÇA	102
EKLER	122

KISALTMALAR

3DY	:	3D Yazıcı
3PL	:	Lojistik Hizmet Sağlayıcı
ABD	:	Ağa Bağlı Depolama
A.G.E	:	Adı geçen eser
AG	:	Artırılmış Gerçeklik
AKKP	:	Akıllı Kurumsal Kaynak Planlama
ATS	:	Ağ Tedarik Sistemi
BB	:	Bulut Bilişim
BDT	:	Bilgisayar Destekli Tasarım
BDÜ	:	Bilgisayar Destekli Üretim
BHS	:	Bulut Hizmeti Sağlayıcıları
BİT	:	Bilgi İletişim Teknolojisi
BMKİS	:	Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi
BT	:	Bilgi Teknoloji
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO2	:	Karbondioksit
ÇP	:	Çevresel Performans
ÇPE	:	Çevresel Performans Endeksi
DAA	:	Depolama Alanı Ağı
DBD	:	Doğrudan Bağlı Depolama
DDT	:	Dijital Dönüşüm Teknolojileri
DY	:	Dinamik Yetenekler
ENİ	:	Endüstriyel Nesnelerin İnterneti
GTZY	:	Geleneksel Tedarik Zinciri Yönetimi
İHA	:	İnsansız Hava Araçları
İKY	:	İnsan Kaynakları Yönetimi
İRE	:	İnsan-Robot Etkileşimi
KBF	:	Kritik Başarı Faktör
KKS	:	Küresel Konumlama Sistemi
KOBİ	:	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeleri
KSP	:	Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı
KSS	:	Kurumsal Sosyal Sorumluluk
LEPS	:	Lojistik Ekspres Posta Servisi
M2M	:	Makineler Arası
MBİT	:	Modern Bilgi ve İletişim Teknolojisi
Nİ Ni/IoT	:	Nesnelerin İnterneti
MDY	:	Müşteri Deneyimi Yönetimi
NiL/L-IoT	:	Nesnelerin Lojistik İnterneti
OGA	:	Otomatik Güdümlü Araçlar
OT	:	Operasyonel Teknoloji
PMD	:	Programlanabilir Mantık Denetleyicileri
POS	:	Suç Ortaklarını Her Satış Noktası
RFİT	:	Radyo Frekansı ile Tanımlama
SFS SFS/AFP	:	Siber Fiziksel Sistemler
SFÜS	:	Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri
SG	:	Sürdürülebilir Girişimcilik
SKH	:	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

SMY	:	Sürdürülebilir Müşteri Yönetimi
SPYS	:	Sürdürülebilirlik Performansı Yönetim Sistemi
STK	:	Sivil Toplum Kuruluşları
STZ	:	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri
STZY	:	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi
SYD	:	Sistem Yönetim Denetleyici
T.C.	:	Türkiye Cumhuriyeti
TBL veya 3BL (ÜKZÇ)	:	Üçlü Kar-Zarar Çizgisi
TL	:	Tersine Lojistik
TPG	:	Temel Performans Göstergesi
TZ	:	Tedarik Zinciri
TZY	:	Tedarik Zinciri Yönetimi
TZÇY	:	Tedarik Zinciri Çevre Yönetimi
TZE	:	Tedarik Zinciri Entegrasyonu
TZRY	:	Tedarik Zinciri Risk Yönetimi
ÜAÇ	:	Üçlü Alt Çizgi
ÜSÇ	:	Üçlü Sonuç Çizgisi
VB.	:	Ve Benzeri
VD.	:	Ve Diğerleri
VM	:	Veri Madenciliği
VS.	:	Vesaire
YDD	:	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YİKY	:	Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi
YK	:	Yeşil Kimya

TABLolar LİSTESİ

Tablo-1 Evrene göre Örneklem Büyüklükleri Tablosu.....	78
Tablo 2. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları İçin için Güvenilirlik Analizi Sonuçları	80
Tablo 3. Araştırma Değişkenlerine İlişkin Çarpıklık Basıklık Değerleri	81
Tablo 4. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeğinde Kullanılan Maddelerin Faktörler Üzerindeki Etkileri	82
Tablo 5. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeğinin Model Anlamlılığı İçin İndeks Katsayı Aralıkları	83
Tablo 6. Endüstri 4.0 Farkındalık Ölçeği Madedelerinin Faktörlerinin Dağılımı .	85
Tablo 7. Endüstri 4.0 Farkındalık Ölçeğinin Model Anlamlılığını İçin İndeks Katsayı Aralıkları	86
Tablo 8. Demografik Değişkenlerle İlgili Frekans Analizi Sonuçları	86
Tablo 9. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları İçin Korelasyon Analizi.....	87
Tablo 10. Endüstri 4.0'ın Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Üzerindeki Etkilerine İlişkin Regresyon Analizi Değerleri	88
Tablo 11. Cinsiyet ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri.....	90
Tablo 12. Medeni Durum ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri.....	91
Tablo 13. Yaş ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri.....	92
Tablo 14. Eğitim Durumu ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri.....	93
Tablo 15. Çalışma Süresi ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri.....	94

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 3D Yazıcıların Lojistik Sektörüne Etkileri	48
Şekil 2. Endüstri 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur	52
Şekil 3. Lojistik Merkezinde Robotize İşyeri	73
Şekil 4. Araba gövde parçalarının robotize montajı	73
Şekil 5. Teknoloji ve Getirdiği Robot Yenilikler	74
Şekil 6. KAIST robotu bir vanayı açıyor.	75
Şekil 7. Demografik Özellikler, Endüstri 4.0 Sistemleri ve İşletmelerin Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları için Kavramsal Model	79
Şekil 8. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeği Maddelerinin Faktörlerinin Dağılımı	82



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimi tamamlamam konusunda katkılarından dolayı İstanbul Gelişim Üniversitesi'nde ders aldığım hocalarıma; tezimin tamamlanabilmesi için deneyimlerini, desteklerini ve katkılarını esirgemeyen tez izleme komitesi üyesi değerli hocalarıma ve her türlü desteği ile her zaman yanımda olan tez danışmanım çok değerli Dr. Öğr. Gör. Mustafa ÖZAN hocama şükranlarımı sunarım.

Evren DÖLEK



GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri (STZ) uygulamalarının lojistik süreçlere etkisini araştırılmasıdır. Küresel dünya pazarında işletmelerin rekabete karşı koyabilmesi için endüstri 4.0 ve STZ uygulamalarında meydana gelen değişimlere ve yeni piyasa şartlarına uyum göstermesi gerekmektedir.

İşletmelerin yenilikçi ve rakiplerine göre sundukları yeni ürün ve hizmetler verimlilik ve karlılık artışına neden olmaktadır (Naseem ve Yang, 2021: 1). İşletmelerin bu tür teknolojik yenileri uyum göstermesi ve mevcut personeli yeniliklere adapte olması çok daha kısa sürede olmaktadır. Bu nedenle, rekabette büyük avantaj sağlayabilecek teknolojilerin küçük işletmeler ve orta büyüklükteki işletmeler içinde dikkate alınması ve uygulamalara eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, lojistikte faaliyetlerde uygulanan yeni teknolojiler, işletmelerin daha ekonomik ve etkin hizmet vermelerini sağlamaktadır. (Fatorachian ve Kazemi, 2021: 63)

Bilgi teknolojileri ile endüstri 4.0 alanında meydana gelen değişimler bireylerin tercihlerini, işletmelerin uygulamalarını ve endüstrideki faaliyetleri etkilemektedir. İşletmelerin lojistik faaliyetleri yerine getirirken bilgi teknolojilerindeki avantajlardan yararlanmaları ve endüstri 4.0 teknolojisinin getirdiği avantajlar; işletmelerin karlılığını artırırken tüketicilerin de memnuniyetine neden olmaktadır (Bilgin, 2021: 123).

Endüstri 4.0 uygulamaları bilgi ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi ve iş süreçlerine entegre edilmesini kapsamaktadır. Endüstri 4.0'ın geniş vizyonu, fiziksel varlıkları ve dijital teknolojileri bir Siber Fiziksel Sistemde (SFS) birbirine bağlamak için çerçeveler ve mimariler gerektirir. Nesnelerin İnterneti (Nİ) bu dördüncü sanayi devriminde kritik bir rol oynamakta ve Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (ENİ) olarak da adlandırılmaktadır. Sadece ENİ değil, bulut bilişim, yapay zeka, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli Üretim (BTÜ), Akıllı Kurumsal Kaynak Planlama (AKKP), Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (PMD), otomasyon/endüstriyel robotlar, sensörler/aktüatörler, eklemeli üretim, simülasyon ve diğer yenilikçi veri alışverişi modelleri gibi diğer önemli teknolojiler de tedarik zincirlerinin dijitalleştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Adebayo vd., 2019: 2481).

Endüstri 4.0 uygulamaları, çeşitli cihazlardan, sensörlerden ve araçlardan veri sağlayarak üretim ve hizmet operasyonlarında özelleştirme, çeviklik ve hız sağlayan otomatik

sistemleri kapsamaktadır. Bu da yeni ürün tasarımı, prototipleme ve geliştirme, uzaktan kontrol, hizmetler ve teşhis, öngörücü ve önleyici bakım, izlenebilirlik, gerekli sağlık izleme sistemleri, planlama, inovasyon, çeviklik ve gerçek zamanlı uygulamalar gibi birçok alanda yeni yetenekler kazandırmaktadır. Endüstri 4.0 tarafından hayata geçirilen yetenekler, ürünlerin özelleştirilmesi, gerçek zamanlı veri analizi, artan görünürlük, otonom izleme ve kontrol, dinamik ürün tasarımı ve geliştirme ile yüksek verimlilik gibi işletmelere önemli faydalar sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın hedefleri, daha yüksek düzeyde operasyonel verimlilik ve üretkenliğin yanı sıra daha yüksek düzeyde otomasyona ulaşmaktır. İmalat sanayinde hayata geçirilen dijital izlenebilirlik temelli projenin uygulanmasıyla, gereksiz envanter ve üretim maliyetleri, gereksiz işçilik maliyetleri verimsiz depo ve üretim operasyonları ve ürün kaybına neden olan yetersiz kontrol sistemi ve malların yetersiz izlenebilirliği ve görünürlüğü gibi katma değeri olmayan faaliyetlerden kaynaklanan, iş süreçlerindeki verimsiz manuel süreçler, kayıtların yanlışlığı ve faaliyetlerin planlanmasındaki zorluklar (yanlış veriler ve gerçek zamanlı veri kayıtlarının olmaması nedeniyle) azalmıştır (Sarvari vd., 2018: 263).

Birinci Sanayi Devrimi ile başlayan ve sürekli kendisini geliştiren Endüstri Devrimleri, teknolojinin ilerlemesi ve STZ kavramında bilginin merkeze konuşlanmasıyla beraber lojistik alanındaki işletmeler, günümüz teknoloji gelişmeleri ile bilgi akışına yetişebilme ve kendilerini bu şekilde uygun hale getirebilme misyonu yüklendiği görülmektedir. Lojistik hizmetleri, işletmeleri olumlu yönde değişimleri için ihtiyacı olan bilgilere endüstri 4.0 teknolojileriyle en etkin şekilde ulaşabilmeleri sayesinde, operasyon süreçlerinde sürekli gelişme ve rekabet üstünlüğü mümkün hale gelecektir. Bu nedenle, bilgi teknolojileri ve sürdürülebilirlik kavramlarının lojistik işletmelerinin operasyon süreçlerinde yaşanabilecek olası hataları en aza indirmesi, karlılık, rekabet üstünlüğü sağlaması için bu çalışmanın yapılması planlanmıştır (Noor, 2022: 16).

Bu kapsamda araştırılacak konuları, “endüstri 4.0 ve STZ sürdürülebilir uygulamaları işletmelere hangi avantajları sağlamaktadır? İşletmelerin sürdürülebilir STZ uygulamalarının rekabet ortamında en üst seviyeye çekilmesi için neler yapılabilir? STZ uygulamalarının sürdürülebilirliğini etkileyen faktörler nelerdir? Endüstri 4.0 teknolojilerinin; STZ sürdürülebilir uygulamalarını ve örgütlerin sürdürülebilirliğini artırması için neler yapılabilir?” şeklinde sormak mümkündür. Sürdürülebilir bir çevre yaratmak için Endüstri 4.0'ın yirmi ana uygulaması tanımlanmış ve tartışılmıştır. Böylece, üretim ortamı, tedarik zincirleri, teslimat zincirleri ve piyasa sonuçlarının daha iyi anlaşılması sağlanmaktadır. Genel

olarak, Endüstri 4.0 teknolojisi, malları daha iyi verimlilikle üretirken ve kaynak tüketimini azaltırken çevresel olarak sürdürülebilir görünmektedir (Javaid vd., 2022: 203).

(Barreto vd., 2017: 1251). Klasik tedarik zinciri, ürün ve müşteri beklentilerine daha fazla odaklanan, birbirine bağlı bir tedarik zinciri olan Ağ Tedarik Sistemine (ATS) dönüşmektedir. Küresel değer zinciri süreci ürün odaklı olma eğilimindedir. Akıllı veriler kararları daha dinamik, esnek ve hassas hale getirmektedir. Dolayısıyla her sanayi sektörü bu dijital dönüşüme tüm yönleriyle adapte olmak zorundadır. Benzer şekilde, Endüstri 4.0'ın en belirgin etkisinin endüstriyel üretim ve yönetim, lojistik hizmetleri ve iş süreci yönetimi alanlarında görülmesi beklenmektedir. Günümüzün son derece dinamik ve rekabetçi iş ortamında TZ sistemlerinin ayakta kalabilmesi için dijitalleşme bir zorunluluktur. İşletmelerin yeni nesil dijital TZ'lerin etkin yönetimi için iş süreçlerinde yeni teknolojileri benimsemeleri ve değer zincirlerinde artan veri akışını yönetmeleri gerekmektedir. Endüstri 4.0 uygulamasının ortaya çıkması ile birlikte, TZ ağları ile araştırmalara duyulan ihtiyaç artmaktadır (Asadollahi-Yazdi vd. 2020: 241).

Tedarik zinciri endüstrinin ayrılmaz bir parçası olduğundan, bu değişikliklerin tedarik zinciri üzerindeki etkisini yakından izlemek çok önemlidir. Tedarik zinciri 4.0 teknolojiden güçlü bir şekilde etkilenmiş ve bu da tedarik zincirini etkilemiştir. Endüstri 4.0 ve onu mümkün kılan teknolojiler ile işletmeleri her yönüyle etkileme potansiyeline sahip olduğuna ve TZ ile lojistik yönetimi gibi yönetsel disiplinlerde önemli gelişmeler sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle, iş sistemlerinin otomasyonundaki istikrarlı artış ve bunun sonucunda ortaya çıkan verimlilik ile üretkenlik faydaları, kalite iyileştirmeleri, işletmelerin, Endüstri 4.0 operasyonel perspektifini Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) gibi diğer organizasyonel alanlarda genişletmeye teşvik etmektedir (Sujitha vd., 2022: 385).

Geleceğin Fabrikası ve Endüstri 4.0 gibi yıkıcı paradigmlar, akıllı süreçler ve prosedürler aracılığıyla akıllı kişiselleştirilmiş ürünlerin yaratıldığı bilgi yoğun endüstriyel akıllı ortamlar öngörmektedir. Makineleşme, elektrik ve bilgi teknolojisi alanlarındaki ilerlemelerin yol açtığı ilk üç sanayi devriminin ardından, akıllı teknolojilerin üretim ortamına katılması ile dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0'ı ortaya çıkarmıştır. Makineler arası iletişim, nesnelerin interneti, SFS, yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi teknolojik yeniliklerle karakterize edilmektedir. Endüstri 4.0, çalışanların, makinelerin, cihazların ve kurumsal sistemlerin SFS'ler ve İnternet aracılığıyla birbirine bağlandığı bir iş ortamını temsil etmektedir. Kökleri Nİ ve SFS destekli üretime dayanan (Preuveneers ve Ilie-Zudor, 2017: 1).

Endüstri 4.0'ı etkinleştiren teknoloji uygulamalarıyla birlikte, şeffaflık ve entegrasyon, TZ boyunca gelişmiş bilgi paylaşımı ve yanıt verebilirlik sağlayarak etkili sipariş karşılama yönetimini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, SFS ve Nİ tedarikçi seçimi ve satın alma süreci hakkında görünürlük sağlar. Bununla birlikte karar alma süreçlerini iyileştirerek tedarik ve tedarikçi ilişkileri yönetimini geliştirebilir (Pivoto vd., 2021: 1). Gelişmiş ve etkili satın alma, daha sonra STZ sürdürülebilir uygulamalarının takip edilmesi sağlanabilir. Örneğin, gerçek zamanlı bilgi erişimi ve görünürlük, tedarikçilerin periyodik olarak denetlenmesine ve performanslarının sürdürülebilirlik önceliklerine uygunluğunun sağlanmasına olanak tanıyarak tedarikçi ilişkileri yönetiminin iyileştirilmesi görülebilir. Ayrıca, ürünlere, şehirlere, araçlar ve mobil ekipmanlar gibi altyapılara gömülü zeka dahil olmak üzere lojistikte Nİ ve STZ'ler, üretkenlik ve verimlilik iyileştirmeleri sağlayarak lojistik yönetimini etkileyebilir. Örneğin Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFİT) ve sensörler gibi gömülü siber-fiziksel zeka, izleme ve takip yetenekleri sağlayarak, görünürlüğü artırmak için lojistik yönetiminde uygulanabilir (Elbasani vd., 2020: 1).

RFİT teknolojisi özellikle kaynakların gerçek zamanlı izlenebilirliğini ve birlikte çalışabilirliğini sağlayarak planlama ve kontrolün iyileştirilmesini sağlar. Ayrıca, Büyük Veri Analitiği ve bulut tabanlı sistemler tarafından sağlanan daha fazla bilgi kullanılabilirliği, TZ boyunca ürünlerin takibini ve izlenmesini önemli ölçüde artırabilir; bu da ürün kullanılabilirliğinin, yanıt verme hızının ve talep karşılamanın artmasını sağlar. İzlenebilirlik etkilerinin yanı sıra, gelişmiş görünürlük ve izleme yetenekleri, TZ boyunca ürün akışını iyileştirerek ürün kalitesinin oluşmasını sağlayabilir. Örneğin, kameralar, sensörler ve aktüatörlerden oluşan bir kombinasyon araçlarda/kamyonlarda sürücü yorgunluğunu tespit etmek için kullanılabilir, örneğin göz kırpma sıklığının izlenmesi yoluyla veya koltuk titreşimlerini ve sesli alarmları etkinleştirerek uyarılar oluşturabilir (Modica vd., 2021: 33).

BİRİNCİ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

1.1. Kavramsal Çerçeve

1.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı

Akıllı üretim sistemleri literatürlerde sürdürülebilirliğin dikkate alınması gerektiğini önemle vurgulanmaktadır. Uzun vadede akıllı üretim sistemlerinin rekabetçi olabilmesi için sürdürülebilirliği göz önünde bulundurması gerektiğine işaret eden çalışmalar, gelecekteki ürünlerin, süreçlerin ve endüstriyel sistemlerin 3S'nin akıllı, sürdürülebilir ve güvenlik unsurları göz önünde bulundurularak tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. TZ'nin sürdürülebilir sistemlerden beklenen özelliklerinin ve ihtiyaçların çoğu zaman tam olarak tanımlanamadığı karmaşık bir süreçtir. İşletmelerin kararlarının ekonomik uygulanabilirliği ile çevresel ve sosyal sonuçları arasında bir denge oluşturmalarına yardımcı olan etkili bir sanayi devrimi, sürdürülebilirlik konusunda tesirli bilgi temsil şemaları gerektirmektedir (Trentesaux vd., 2016: 16). Sürdürülebilirlik sorunlarının çözümünde akıllı girişimlerin rolüne ilişkin genel tartışmaların yanı sıra, üretim bağlamında Nİ Nesnelerin İnterneti (Nİ) özellikli altyapı, Bilgi Teknolojisi (BT) ve akıllı fabrikalar arasında bağlantı kurma konusunda içgörü sağlayan diğer çalışmalar aşağıdaki üç ana grup altında sınıflandırılabilir: Bunlar; akıllı fabrikalarda Nİ Ni destekli enerji yönetimi, akıllı lojistik ve ulaşım, yeni iş modelleri olarak sınıflandırılırlar (Esmailian vd., 2020: 5).

Sürdürülebilirlik ilkelerini uygulamak için firmaların net hedeflere ihtiyacı vardır. Ayrıca bu hedefleri anlayan ve bunlara bağlı liderlere, yöneticilere ve çalışanlara sahip olmaları gerekir. Yöneticiler ayrıca sürdürülebilirliğin motive edici bir güce sahip olduğunu ve çalışanların daha güvenli bir işyeri ve daha temiz bir dünya yaratırken firmanın başarılı olmasına yardımcı olma fikriyle motive olduklarını keşfetmektedir. Eğitim ve öğretim, çalışanların bağlılığını ve inisiyatifini güçlendirebilmektedir. Sürdürülebilir iş uygulamaları, işletmeler için kar artışına ve gelişmekte olan pazarlarda yaşam standardını yükseltmeye yardımcı olabilir; sürdürülemez ekonomik faaliyetler ise gelişmekte olan bir ülkenin uzun vadeli refahını ve ekonomik rekabet gücünü tehdit edebilecek çevresel bozulmaya yol açabilir. Gelişmekte olan ülkelerdeki işletmeler, daha gelişmiş ekonomilerdeki ticari müşterilerinden veya rakiplerinden çevre dostu stratejiler ve yönergeler adapte edebilir, ancak hızlı iş gelişimi ve sürekli çevresel bozulma da çevresel sürdürülebilirliğe yapılan vurguyu

artırmıştır. Özellikle çevresel kaygılar, bazı gelişmekte olan ekonomilerin hükümetlerini iş uygulamalarını düzenlemeye ve geniş çevresel iyileştirme hedefleri belirlemeye sevk etmiştir (Larson vd., 2000: 10).

Stratejik yönelim seçimi, firmaların daha fazla karlılık ve rekabet avantajı elde etmek için aldıkları eylemleri açıklamaya yardımcı olan belirli bir eylem yolunu seçme sürecini içerir. Stratejik yönelim, firmanın dış çevresiyle devam eden uyumuna rehberlik eden ve iç prosedürleri ve politikaları şekillendiren geçmiş veya amaçlanan kararların bir modeli olduğundan, bir firma stratejik hedeflerini yerine getirmek için aynı anda birden fazla yönelim kararı uygulayabilir. STZ açısından bakıldığında, işletmelerin stratejik yönelimleri kritik önem taşımaktadır. Sebepleri incelendiğinde sürdürülebilir iş uygulamaları önemli miktarda işletme kaynağı gerektirmektedir. Bununla birlikte İş uygulamaları karmaşık olup teknik uzmanlık, organizasyonel uzmanlık ve üst yönetimin katkıda bulunduğu çeşitli beceriler gerektirmektedir (Hsu vd., 2016: 14).

Sürdürülebilirlik uzun süre bireylerin güvenli bir şekilde var olmalarını amaçlayan toplumsal bir hedefdir (Ramsey, 2015: 1085). İşletmelerin faaliyetlerini sürdürebilmeleri için piyasadaki rekabette üstünlük sağlamaları gerekmektedir. Ancak, geleneksel usullerle lojistik faaliyetleri yapan işletmeler, teknolojinin getirdiği avantajlardan yararlanamayacakları için zaman kaybı, daha fazla maliyet, daha fazla el işçiliği, daha az müşteri potansiyeli ile muhatap olma gibi durumlarla karşılaşmaktadırlar (Berg, 2020: 10). Bu nedenle, küçük ya da büyük işletmeler her ne şekilde olursa olsun teknolojinin getirdiği yeniliklerden yararlanarak maliyet, personel, zaman tasarrufu sağlayabilmekte ve piyasada rekabet edebilme avantajını elde edebilmektedir.

1.1.2. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Kavramının Tanımı

Çağdaş pazarda, endüstrilerin çevreye duyarlı, "yeşil" ürünler sunması çok önemlidir. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi (STZY), geleneksel tedarik zinciri yönetiminin (GTZY) çevresel performansı iyileştirmek ve endüstriyel ürünlerde faydalı bir yeşil imaj sağlamak için önemli bir kavramdır. Sürdürülebilirlik ve TZ'ler arasındaki etkileşim, operasyonlar ve çevre ile sürdürülebilirlik üzerine yapılan son incelemelerden bir sonraki kritik adımdır. Çevresel operasyonlar, politika, strateji, finans, ürün tasarımı, tedarikçi ilişkileri ve tüketim sonrası ürün yönetimi ile ilgili önemli katkılar sağlanmıştır. Ancak sürdürülebilirlik, çevre yönetimi ve tedarik zincirlerinin kesişiminde var olan sistemik sorunlara doğru ilerlemek kritik önem taşımaktadır (Al Zaabi vd., 2013: 895).

Sürdürülebilirlik konusunda artan endişe, vatandaşları ve işletmeleri atıkları azaltmaya ve ömrünü tamamlamış ürünlerin geri dönüşümünü, yeniden kullanımını ve yeniden üretimini teşvik etmeye zorlamaktadır. Son zamanlarda, faaliyetlerin optimizasyonuna odaklanma belirli bir işletme veya organizasyondan tüm TZ'ne doğru kaymıştır. İster ürün ister hizmet olsun, bir ürünün üretiminde yer alan tüm süreçler boyunca iyileştirme yaparak, mümkün olan en düşük maliyetle en yüksek değer kazanılabilir. Birçok durumda bu yaklaşım, kuruluşların tüm TZ boyunca mümkün olan en yüksek değeri yaratmak için maliyet açısından optimum seviyenin altında çalışmasını gerektirir. TZ'ne odaklanmak, sürdürülebilirliğin daha geniş çapta benimsenmesi ve geliştirilmesine yönelik bir adımdır; çünkü TZ, ürünü hammaddelerin ilk işlenmesinden müşteriye teslimine kadar ele alır. Ancak, sürdürülebilirlik aynı zamanda TZ yönetiminin özünün ötesine uzanan konuları ve akışları da entegre etmelidir bunlar; ürün tasarımı, üretim yan ürünleri, ürün kullanımı sırasında ortaya çıkan yan ürünler, ürün ömrünün uzatılması, ürünün kullanım ömrünün sona ermesi ve kullanım ömrü sonunda gerikazanım süreçleridir (Accorsi, 2014: 88).

STZ, işletmelerin hammadde tedarikinden üretim, depolama, teslimat ve aradaki her ulaşım bağlantısına kadar ürünlerinin TZ boyunca süreçlerin çevresel ve isgücü etkilerini dikkate alma çabaları ifade edilmektedir (Samper, vd., 2017: 25). Literatürdeki son eğilimler, genişletilmiş tedarik zinciri üyeleri tarafından ortaya çıkarılan çevresel etkiler de dahil olmak üzere ürün yönetimini ele alırken daha geniş bir perspektiften bakmanın önemini vurgulamış ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) açıkça bu amaç için geliştirilmiştir. Seuring ve Muller'e (2008) göre sürdürülebilir TZ tanımı, Brundland Komisyonu'nun (WCED, 1987). nesiller arası bir perspektiften sosyal, ekonomik ve çevresel parametreler arasındaki karşılıklı bağımlılığı vurgulayan, sürdürülebilir kalkınma tanımına doğru evrilmiştir. Bunun sebebi ekonomik, sosyal ve çevresel parametreler arasındaki karmaşık ilişkilerin daha iyi anlaşılması ile işletmenin karlılığını korurken, sosyal çevresel etkilerini anlamak ve süreci yönetmektir. (Matos ve Hall, 2007: 1098). Tedarik zincirleri ve sürdürülebilirliğin birleşmesi göz önünde bulundurulmaktadır. Bunu yaparken, çevresel yönetim ve operasyonlara odaklanma, çevresel faktörlerin yerel optimizasyonundan, ürünlerin üretimi, tüketimi, müşteri hizmetleri ve bertaraf sonrası elden çıkarılması sırasında tüm tedarik zincirinin dikkate alınmasına taşınmaktadır. Sürdürülebilirlik araştırmacıları, TZ yöneticilerinin endüstriyel sistemlerin sosyal ve çevresel etkilerinin iyileştirilmesinde, daha büyük bir rol oynaması gerektiğini savunmuşlardır. Bunun sonucunda ortaya çıkan STZ tanımı, sadece çevresel değil, aynı

zamanda sosyal iyileştirmelerin de TZ boyunca yayılmasını savunmuştur. (Linton, 2007: 1075).

İşletmelerdeki insan hakları, adil işgücü uygulamaları, çevresel ilerleme ve yolsuzlukla mücadele politikaları; TZ faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Piyasalarda oluşan lojistik hizmetlerinde olan talebin değişikliklere ve yeniliklere açık olması, işletmelerin uygulamalarını da ve faaliyetlerinde yeniliklerin yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Lojistik hizmeti talebinde bulunan işletmeler, piyasadaki alternatif hizmetlerden kendiler için en uygun olanını tercih etmektedirler. Hizmetler açısından; kalite, maliyet, süre, işlem kolaylığı, bilgiye rahatlıkla ulaşılabilme gibi avantajları sağlayabilen lojistik işletmeleri, çok daha fazla tercih edilebilmektedir. Bu bağlamda, tüketicilere daha fazla imkanlar sunan ve onların memnuniyetini sağlayan işletmeler piyasada önemli rekabet avantajı elde etmektedir (Samper, vd., 2017: 25).

1.1.3. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi

Küreselleşme, TZ yönetiminden ekonomik konuların ötesine geçmesini örneğin adil çalışma koşulları ve çevre dostu üretim gibi konulara yönelmeyi talep etmektedir. Bu durum, genellikle ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda ele alınan sürdürülebilir kalkınma ile kesişimine olan ilgiyi artırmaktadır. Tedarik zincirlerinin sürdürülebilirlik bağlamında, her ölçekten ve çok çeşitli sektörlerden işletmeler için giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. TZ'nin tüm aşamalarında çevresel ve sosyal standartların karşılanması asgari düzeyde sürdürülebilirlik performansına ulaşılmasını sağlar. Hükümetlerden, tüketicilerden, Sivil Toplum Kuruluşları'ndan (STK) ve medyadan gelen dış baskılara yanıt vermeye yönelik bu daha reaktif yaklaşım, sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesiyle tamamlanabilir (Handfield vd., 2005: 2). Sürdürülebilirliğin üç boyutta kavramsallaştırılması yaygın olarak kabul görmektedir. Bu kavram ekonomik, çevresel ve sosyal konuların entegrasyonunun daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. Seuring ve Müller, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılabilmesi için tedarik zinciri boyunca iş birliğinin artırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla, bu durum ilgili hedeflere yansıtılmalıdır. Bu nedenle her bir boyuta ve hangi hedeflerin öne sürüldüğüne daha yakından bakılmaktadır. STZ'lerinde, çevresel ve sosyal kriterlerin üyeler tarafından tedarik zinciri içerisinde kalmak için yerine getirilmesi gerekirken, müşteri ihtiyaçlarının ve ilgili ekonomik kriterlerin karşılanması yoluyla rekabetçiliğin sürdürülmesi beklenmektedir. Bu tanım oldukça geniş ve

sürdürülebilirlik ve TZ yönetimi için verilenleri birleştirmektedir. (Seuring ve Müller, 2008: 1700).

Tedarik zinciri yönetimi bir kaynaktan müşteriye ürün, hizmet, finans ve/veya bilgi akışında doğrudan yer alan üç veya daha fazla kuruluşu kapsar. Bu tanım, tedarik zincirinin sınırlarını nihai müşteri ile belirlemektedir. Geleneksel tedarik zincirleri de üretim paradigmasına dayanmaktadır (Doran vd., 2007: 10). Buna karşın, STZ'leri disiplinler arası, kesişen bir konudur. 2005 Dünya Sosyal Kalkınma Zirvesi sürdürülebilirliğin üç ayağını belirlemiştir: Bunlar; ekonomik kalkınma (kar), sosyal kalkınma (insanlar) ve çevrenin korunması (bitki) dir. Bu sütunlar birbirini dışlamaz, aksine birbirini güçlendirebilir. Çağdaş muhasebe çerçevesinde, Üçlü Alt Çizgi (ÜAT), finansal, sosyal ve çevresel performans açısından iş sürdürülebilirliğinin ölçüsünü sağlar. Buna ek olarak, Peter Senge, Harvard Business Review tarafından yapılan bir röportajda, STZ'leri bir sonraki sanayi devriminin temel sağlayıcıları olarak tanımlamaktadır. Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi (BMKİS) yakın zamanda küresel TZ'lerde sürdürülebilirliğin dört temel alanda ilerletilmesine yönelik bir kılavuz yayınlamıştır: bunlar; insan hakları, çalışma, çevre ve yolsuzlukla mücadeledir (Gonzalez-Perez ve Leonard, 2015: 8).

İşletmelerin sosyal, ekonomik, yasal çevrelerine uyumlu faaliyet göstermesi, çalışanların motivasyonlarını artıracak uygulamalarda bulunmaları ve tüketicilerin memnuniyetini sağlayacak avantajlı hizmetler sunmaları; sürdürülebilir rekabet zinciri uygulamalarının başarısını olumlu yönde etkilemektedir (Seuring, 2013: 1515).

1.1.4. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Risk

Risk değerlendirmesi, TZ'deki risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve ölçülmesinden ve istenmeyen etkilerini en aza indirmek için açıkça kararlar alınmasından oluşur. Bir tedarik zinciri, farklı seviyelerde çok sayıda riske maruz kalan çeşitli tedarikçi ve/veya müşteri katmanlarına sahip birden fazla kuruluştan oluşmaktadır. Dahası, küreselleşme TZ'nin bu risklere karşı duyarlılığını daha da artırmıştır. TZ açıklarının her yerde bulunması ve aksaklıkların ciddiyeti göz önüne alındığında, operasyon yönetimi uygulayıcıları ve araştırmacıları, TZRY çeşitli yönlerini keşfetmeye başlamıştır. Kumar, Tiwari ve Babiceanu (2010) tedarik zinciri risklerini, başlangıçtaki genel hedeften potansiyel sapmalar olarak tanımlamakta ve bunun sonucunda farklı seviyelerdeki katma değerli faaliyetlerin azalmasını tetiklediğini belirtmektedir (Kumar vd., 2010: 3717-3718).

TZ'inden kaynaklanan operasyonel risk çok yönlüdür. Operasyonel risk göstergeleri, TZ'nin tedarik zincirinin her aşamasında üretim faaliyetlerini bozan potansiyel öğeleri belirlemelidir. İşletmelerin TZ'nin çeşitli aşamalarına bakan farklı yönetim bölümleri vardır; örneğin yukarı yönlü tedarik (satın alma), iç süreçler (imalat, depolama ve iç dağıtım) ve aşağı yönlü talep (satış) bunlardandır. Buna ek olarak, kurumsal düzeydeki operasyonlar da TZ'nin ayrılmaz bir parçasıdır. Dolayısıyla, operasyonel risk sınırları gösterildiği gibi dört bölümden oluşmaktadır: yukarı akış tedarikçilerinden kaynaklanan tedarik riski, işletmenin iç süreçlerinden (veya iç tedarik zincirinden) kaynaklanan süreç riski, aşağı akış müşterilerinden kaynaklanan talep riski ve işletmeyle ilişkili temel faktörlerden kaynaklanan kurumsal düzeydeki risk olarak sıralanırlar. Modern tedarik zincirlerinin farklı aşamaları genellikle dünyanın çeşitli yerlerine dağılmıştır. Yerel sosyo-ekonomik koşullar, bir tedarik zincirinin sosyal riskini büyük ölçüde belirler (Simchi-Levi vd., 2015: 21).

Hangi TZRY faaliyetlerinin şirketler için en yüksek faydayı sağlayacağını belirlemek için süreç adımları arasındaki kapsam ve sınırların net bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Sürekli iyileştirme faaliyetlerinin risk tanımlama üzerindeki güçlü etkisi, faaliyetlerin düzenli olarak yeniden ayarlanması gereken dinamik bir ortam görüşünü de desteklemektedir. Güvenlik açıkları, risk ve kesinti genel olarak birbirinin yerine kullanılsa da, son çalışmalar (Kern ve ark.) riski iki kategoriye ayırmıştır; arz-talep uyumsuzluğuna yol açan yetersiz veya başarısız süreçlerden kaynaklanan operasyonel risk ve insan kaynaklı ya da doğal afetlerden kaynaklanan kesinti riskidir.. (Kern vd., 2012: 73-74). Jüttner, Peck ve Christopher ise şu risk kategorilerini önermektedir; kurum içinden kaynaklanan iç riskler, tedarik zincirinin içinde yer alan ancak, kurumun dışında kalan tedarik zinciri riskleri ile çevreden kaynaklanan dış tedarik zinciri riskleri olarak belirlemişlerdir (Jüttner and Christopher. 2003: 199).

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi konusu iki başlık altında incelenebilir, bunlar (Tang, 2006: 453);

1. Tedarik zinciri riski-operasyonel riskler veya kesinti riskleri.

2. Azaltma yaklaşımı-tedarik yönetimi, talep yönetimi, ürün yönetimi veya bilgi yönetimidir. İlk aşama da, belirli olayların risk düzeyini ele alır. Operasyonel riskler, belirsiz müşteri talebi, belirsiz tedarik ve belirsiz maliyet gibi doğal belirsizliklerle ilgilidir. Kesinti riskleri ise deprem, sel, kasırga, terör saldırıları gibi doğal ve insan kaynaklı felaketlerden ya da kur değerlendirilmesi veya grevler gibi ekonomik krizlerden kaynaklanan büyük aksaklıkları ifade eder. Çoğu durumda, aksaklık riskleriyle ilişkili iş etkisi operasyonel risklerden çok

daha büyüktür. Tedarik zinciri risklerinin etkisini azaltmak için bir işletmenin koordineli bir mekanizma aracılığıyla uygulayabileceği dört temel yaklaşım (tedarik yönetimi, talep yönetimi, ürün yönetimi ve bilgi yönetimi) gösterilmektedir. Bu dört temel yaklaşımın her biri, tedarik zinciri operasyonlarını koordinasyon veya iş birliği yoluyla iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımlarda ikinci aşama da ise, işletme tedarik zinciri boyunca malzemelerin verimli bir şekilde tedarik edilmesini sağlamak ve yukarı akış ortaklarıyla koordinasyon veya iş birliği yapılabilir. Bir işletme talebi, faydalı bir şekilde etkilemek için aşağı akış ortaklarıyla koordinasyon veya iş birliği yapabilir. Üçüncü aşamada, bir işletme arzın talebi karşılamaını kolaylaştıracak ürün veya süreç tasarımı geliştirebilir. Dördüncü aşama da ise, tedarik zinciri ortakları, bireysel tedarik zinciri ortaklarına açık olan çeşitli türdeki özel bilgilere erişmeleri halinde, koordineli veya iş birliğine dayalı çabalarını geliştirebilirler (Tang, 2006: 453).

Tedarik zinciri yöneticileri, çeşitli risk azaltma stratejileri benimsemelerine rağmen giderek karmaşıklaşan tedarik zincirlerini yönetmekte zorlanabilmektedirler. Öte yandan işletmelerde son zamanlarda karbon ayak izini azaltmak ve sosyal alandaki imajlarını iyileştirmek için çeşitli çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik uygulamalarını benimsemektedir. Risk azaltma stratejilerinin firmaların maruz kaldığı gerçek tedarik zinciri riskini her zaman azaltmadığını, sürdürülebilirlik çabalarının ise özellikle gelişmekte olan piyasa bağlamında tedarik zinciri riskini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermektedir (Gouda ve Saranga, 2018: 58-20).).

1.2. Sürdürülebilir Tedarik Zincirinin Kritik Başarı Faktörleri

Literatür taraması, uygunluk ve uygulanabilirlik açısından sektör uzmanları ile doğrulanmış olan kritik başarı faktörlerinin ilk tanımlanmasına yardımcı olmuştur. Bu Kritik Başarı Faktörleri (KBF) dış faktörler, organizasyonel iç faktörler, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi faktörleri ve sürdürülebilirlik performansı faktörleri olarak gruplandırılmıştır. KBF, uygun şekilde beslendiğinde, sürdürüldüğünde, korunduğunda veya yönetildiğinde bir işletmenin veya çabasının başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek koşullar, özellikler veya değişkenlerdir. Genel olarak KBF'ler, tatmin edici olmaları halinde sonuçların işletmenin başarılı rekabet performansını sağlayacağı sınırlı sayıda alan olarak tanımlanmaktadır (Prasad vd., 2018: 5).

STZ, malzeme, bilgi ve sermaye akışlarının yönetiminin yanı sıra TZ boyunca şirketler arasındaki işbirliğiyle ilgilenirken, müşteri ve paydaş gereksinimlerinden türetilen sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal hedefleri de dikkate alır. KBF'ler stratejik planlama geliştirmek, çevresel analiz yapmak ve strateji değerlendirmesi gerçekleştirmek için uygulanabilir. Kesin bir araç olmamakla birlikte, kuruluşa ve sektöre özgü analizler için kullanılabilir olacak güvenilir bir yöntemdir. Daha fazla yönetsel katılım, daha iyi KBF'lerin belirlenmesini sağlamaya yardımcı olur. KBF'ler genellikle kuruluşlarda STZ yönetiminin etkili bir şekilde uygulanmasını sağlayan unsurlardır. Genel olarak TZY literatürde sıklıkla kullanılmıştır, ancak bütünsel bir STZY nadiren uygulanmıştır (Yang vd., 2017: 3).

STZ kritik başarı faktörleri; dış ve iç kritik faktörler olarak iki başlık altında incelenmektedir. İç tedarik başarı faktörleri işletmelerin iç çevresi ile ilgili olup çalışanların, süreçlerin, faaliyetlerin ve ürünlerin sistematik bir şekilde yönetilmesini kapsamaktadır. Bir başka ifadeyle, iç başarı faktörleri işletmelerin rekabet başarısında önemli olan yetkinliklerini ve yeteneklerini kapsamaktadır (Brotherton, vd., 2003: 74). Dış başarı faktörleri işletmelerin dış çevresi olduğundan, kontrol edilmesi ve yönetilmesi çok daha zordur (Brotherton ve Shaw, 1996: 113).

1.2.1. Dışsal Kritik Başarı Faktörleri

Dışsal kritik başarı faktörleri, şirketin kontrolü dışında olan ve şirketin iç operasyonlarına tamamen bağlı olmayan veya bunlardan etkilenmeyen dış kritik başarı faktörleri veya zorluklar olarak tanımlanabilir. Ancak bunların başarısı dış güçlere veya çevreye bağlıdır ve bunlardan etkilenir. Bu dış kritik başarı faktörlerinin zorluklarından bazıları rekabet, dolandırıcılık, finansmana erişim, tedarik politikaları, sözleşme şartlarına uyulmaması, kalifiye işgücünün temin edilememesi ve yüklenicilere geç ödeme yapılmasıdır. Luvd., (2008: 978) dış kritik başarı faktörlerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerindeki etkilerini aşağıdaki şekilde açıklamıştır;

1. Rekabet; lojistik hizmeti sunan işletmelerin sürekli artış göstermesi piyasada rekabetin artmasına neden olmaktadır (Jannadi, 1997: 33). Bu durum, piyasaların daha rekabetçi hale gelmesine neden olmakta ve lojistik işletmelerinin karlı sözleşmeleri güvence altına almalarını zorlaştırmaktadır. Bu durum, çoğu lojistik işletmesini müşteri kazanmak için çaresizlikten daha düşük bir fiyat teklif etmeye yöneltmekte, yükleniciler başarısız olmakta ve iş tamamlansa bile işin kalitesinden ödün verilebilmektedir. Bu durum yüklenicilerin itibarını

olumsuz etkilemekte ve projeye dahil olan tüm paydaşların çıkarlarını da etkilemektedir (Xueyong, 2009: 36).

2. Dolandırıcılık; rekabetin artması dolandırıcılığa da yol açmaktadır. Lojistik işletmeleri işlerini güvence altına almak için hileli, zorlayıcı, yolsuz veya danışıklı işlemler gerçekleştirebilmektedir (Xueyong 2009: 37). Bu tür etik olmayan işlemler sadece iş başarısızlığı ile sonuçlanmamakta, aynı zamanda işletmelerin zarar etmesi, iflas gibi başka sorunlara da yol açabilmektedir (Jannadi, 1997: 33).

3. Finansmana erişim; lojistik İşletmelerinin finansman talepleri her zaman yeterli oran ve maliyetle karşılanamamaktadır Bu nedenle, işletmelerin varlığını sürdürebilmeleri açısından finansal kaynaklara erişiminin daha kolay ve ekonomik olması gerekmektedir. (Rwelamila, vd., 2004: 12).

4. Vasıflı iş gücünün mevcudiyeti; lojistik İşletmeleri üretken bir insan girdisine ve müşterilerin ihtiyaçlarına hitap eden bir ürüne sahip olmalıdır (Mahadea ve Pillay, 2008: 436), çünkü bu sektör emek yoğun bir sektör değildir. Başarılı olabilmek için nitelikli vasıflı işgücü, ustabaşı, mühendis, muhasebe ve finans personeli ile idari ve yönetim personeline ihtiyaç duyulmaktadır (Xueyong, 2009: 37).

5. İnovasyon ve teknoloji; büyüklüğü ne olursa olsun, tüm lojistik işletmelerinin küresel bir ortamda günümüzün rekabetçi ve değişen iş ihtiyaçlarını karşılamak için inovasyon yapmaları ve yeni fikir ve uygulamaları benimsemeleri gerekmektedir (Mahadea ve Pillay, 2008: 437).

6. Kanunlar ve düzenlemeler; lojistik İşletmelerinin ulusal ve uluslararası faaliyetlerinin gelişiminin artarak devam edebilmesi için yeni gelişmelere yönelik kanun ve düzenleyici reformların uygulamaya konulması gerekmektedir (Mahadea ve Pillay, 2008: 436). Lojistik işletmelerinin küresel pazarlarda rekabet edebilmesi için Ulusal ve uluslararası alanındaki ticari faaliyetlerde işletmelerin gelişmesine destek olacak Yasal düzenlemelerin kamu yönetimi tarafından uygulamaya alınması gerekmektedir. Ulusal piyasalarda ticaretin teşvik edilmesi, dış piyasadaki bürokratik işlemlerin azaltılması, gümrük vergileri, teşvikler, harçlar konusunda kolaylaştırıcı önlemlerin alınması; lojistik işletmelerinin piyasadaki rekabet başarısında önemli bir yere sahiptir (Abor ve Quartey, 2010: 221).

Ekonomik çevre, vergiler, rekabet gücü, kredi, faiz oranı, enflasyon gibi çeşitli ekonomik faktörlerin bir bütünüdür. Dış faktörler, bir kuruluşta değişimin uygulanmasına yönelik karar alma sürecinde çok önemli bir etki yaratabilir. Bu, bir dizi spesifik itici güç veya

engeli kapsayan geniş bir faktördür; siyasi ve finansal çalkantılar, yeni teknolojiler, mevzuat değişiklikleri, dünya çapındaki rekabet ve tüketici tercihleri gibi dış etkiler değişim ihtiyacı üzerinde etkili olabilir (Gudiené vd., 2013: 395). Dış faktörler sürdürülebilirliğin bir kuruluşta uygulanıp uygulanmayacağını ve nasıl uygulanacağını etkileyebilir; örneğin, hükümet desteğinin olmaması bir kuruluşta sürdürülebilirliği uygulama isteğini azaltabilirken, düşük çevresel etkiye sahip ürün veya hizmetlere yönelik açık bir pazar talebi, sürdürülebilir bir iş modeline geçişi artırabilir. Değişen pazar taleplerini görmek ve bunlara yanıt vermek ya da iklim etkileri gibi sorunlara karşı harekete geçmek için işletmelerin olayların doğasını ve nedenini belirleme becerisine sahip olması gerekmektedir. 'Teşhis' veya farkındalık daha sonra başarılı bir kurumsal değişim için kilit faktörlerdir. Örneğin, bir işletmenin iş modelini değiştirebilmesi için maliyetleri düşürme ve ürün-hizmet-sistemi aracılığıyla müşteri teklifini geliştirme fırsatını fark edebilmesi beklenmektedir. Teşhis, farkındalığın eksik olduğu veya değerlendirmede teşhisi sonucunun yanlış olduğu durumlarda, bir değişim engeli olabilir (Scheirer, 2005: 323).

1.2.2. İçsel Kritik Başarı Faktörleri

İç kritik başarı faktörleri; lojistik işletmelerinin iç başarısını veya işleyişini etkileyen faktörler olarak tanımlanabilir. Bunlar şirketin üzerinde kontrol sahibi olduğu faktörlerdir ve kuruluşun başarılı olması için tanımlanmaları ve uygun şekilde ele alınmaları gerekir. Başarısızlığın nedenleri her lojistik işletmesi için aynı değildir. Bu nedenle işletmelerin başarılı olmasını etkileyen faktörleri; başarısız yönetim, nakit akışı eksikliği, kaynak eksikliği, beceri eksikliği, pazarlama yetersizliği, sözleşmelerin eksikliği şeklinde sıralamak mümkündür (Mchunu, 2015: 14);

1. Etkili yönetim; küçük ve orta ölçekli lojistik işletmeleri için iş başarısızlığının önemli bir nedeni, ilk aşamalarında etkili yönetim eksikliğinden kaynaklanmaktadır. İşletme maliyetlerini düşürmek için işletme sahipleri işlerini görev dağılımı ve uzmanlık alanlarına göre değil de kendileri yönetme eğilimindedir. Bu durum, işlerin aksamasına, gecikmesine, masrafların artmasına, müşteri memnuniyetsizliğine, sipariş sayısının azalmasına, kurumsal imajın sarsılmasına ve lojistik hizmetlerde sürekliliğin riske girmesine neden olmaktadır (Friedrich ve Isaacs, 2010: 19).

2. Finansal yönetim ve nakit akışı eksikliği; küçük ve orta ölçekli işletmeciler finansal kapasite ve güç açısından kısıtlıdır. Örneğin yapı (inşaat) alanında ilerlemenin sorunsuz olabilmesi için yetersiz nakit akışı nedeniyle büyük ölçüde engellenebileceği savunulmaktadır. Bunun nedeni, yüklenici giderlerinin çoğunun sözleşmenin başlangıç

aşamasında, nakit ödeme yapılmasıdır. Yüklenicilerin, işletmeci tarafından maliyetleri karşılanmadan önce, maaş, makine, işçilik, malzeme ve dolaylı maliyetler gibi alanlara ödeme yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, SMC'lerin karşılaştığı zorluklar bu tür maliyetlerin mobilize edilmesidir denilebilir. (Jannadi, 1997: 34).

3. Beceri eksikliği; küçük ve orta ölçekli işletmelerin çoğunun hem teknik hem de yönetsel düzeyde vasıflı ve nitelikli çalışandan yoksun olduğu görülebilir. İnşaat sektöründe işletmenin başarısını sağlamak için nitelikli kalifiye çalışanlar, ustabaşlar, mühendisler, muhasebe ve finans personeli ile idari ve yönetsel personel gerekmektedir. İhale süreci ve sözleşme yönetimi son derece profesyonel ve teknik bilgiler içerir. Bununla birlikte yüksek düzeyde uzmanlık gerektirmektedir. KOBİ'ler de teknik ve idari personel eksikliği sorunuyla karşı karşıya kalmaktadırlar. (Xueyong, 2009: 37).

4. Kaynak eksikliği; çoğu küçük ve orta ölçekli işletmeciler inşaat sektöründe ihtiyaç duyulan iş türlerini gerçekleştirmek için gerekli kaynaklara sahip değildir. Bu kaynaklar arasında vasıflı çalışanlar, tesis ve ekipman ile mali kaynaklar yer almaktadır. Bu nedenle, yükleniciler ihaleler de başarı sağlayabilirler ancak, bu tür kaynakların eksikliği nedeniyle işe başlamakta zorluk çekebilirler. Teknik ve yönetsel beceriler de dahil olmak üzere vasıflı çalışanların mevcudiyetinin, herhangi bir sektördeki işletmelerin başarısı için önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Ayrıca teknik açıdan vasıflı çalışanların mevcudiyeti inşaat sektöründe diğer sektörlerle oranla daha önemli olabilir. Bu nedenle, çalışanların eğitimi, bu kaynakların beceri ve yetkinliklerini geliştirmek için çok önem taşımaktadır. (Mchunu, 2015: 18).

5. Sözleşmelerin fiyatlandırılması; inşaat sektörünün, özellikle de KOBİ'lerin karşılaştığı en önemli sorunlardan olup inşaat sektöründe pazarlamanın da en önemli unsurlarından biridir (Tebin, 2009: 11).

6. Pazarlamada yetersizlik; inşaat sektörü dünyadaki en rekabetçi pazarlardan biri olarak kabul edilmektedir. Ekonominin diğer alanlarıyla karşılaştırıldığında yüksek risk ve genellikle düşük kar marjlarına sahiptir (Mochtar ve Arditi, 2001: 140). Bu nedenle, pazarda farklılaşmak ve rekabet avantajı elde etmek isteyen inşaat sektörü işletmecilerinin pazarlama stratejileri geliştirmeleri gerekmektedir. Çünkü "pazarlama ve rekabet üstünlüğü sağlamak için yatırım veya rekabet avantajlarının güçlendirme aracı olarak kabul edilmektedir" (Arditi, vd., 2008: 255).

7. Yerleşik inşaat sektörü işletmecileri veya ortak girişimler tarafından yapılan öncülük; uluslararası eğilimlerle birlikte kaynaklarının etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için ortak

girişimlerin günün sırası olduğunu göstermiştir. Ancak bu kavram ülkede yeterince takdir görmemektedir. Küçük ve orta ölçekli yüklenicilerin çoğu sınırlı kaynaklarla çalışmaktadır. Mali güç, yönetsel ve teknik beceriler açısından zorlanan bu işletmeler, gelişmiş inşaat alanındaki işletmecilerle yaratıcı iş birliği, ortak çalışma ve ortaklık arayışına girmeye teşvik edilmektedir. Başarılı bir ortaklığın faydası, ilgili tüm taraflar için önemlidir. Bu nedenle kazan-kazan temelinde olmalı ve karşılıklı güven, dürüstlük ve sorumluluk üzerine kurulmalıdır (Mchunu, 2015: 23).

Bilgi teknolojisi kullanımı ve üst yönetimin taahhüdünün en etkili faktör olarak konumlandırılması, iç faktörlerin dış faktörlerden daha önemli olduğunu göstermektedir. Bulgular, tedarik zinciri yöneticilerinin iç kaynakları geliştirme çabalarına öncelik vermeleri gerektiğini göstermektedir. Üst düzey yöneticilerin bağlılığı, örgütsel hedeflere doğru ilerlemede hayati önem taşımaktadır. Aynı zamanda üst düzey yöneticiler çalışanları harekete geçirmek için, örgütün iş hedefleriyle uyumlu olmaları konusunda motive edebilmeye hassasiyet göstermelidirler. Yöneticiler, kuruluşun hedefiyle paralel olarak son teknolojik gelişmeleri ve bilgi teknolojilerinin güncel kullanımını takip etmelidir. Ayrıca, yöneticiler astlarını teknolojik gelişmeler ve yeniliklere teşvik etmelidir, böylece daha iyi performans ve çıktı sağlayabilirler. Sonuç olarak, iç kaynaklar verimli bir şekilde kullanıldığında, dış faktörler, ortakları ve paydaşlarıyla iyi bir entegrasyon etkisi yaratabilir (Prasad vd., 2020: 341).

1.3. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları

Sürdürülebilirlik birçok kuruluş için stratejik planlamanın bir konusu haline gelmekte ve stratejik kararlar üzerinde etkili olmaya devam edecek gibi görünmektedir. Aynı zamanda, rekabet önceliklerini korumak için tüm tedarik zinciri tarafları arasında iç ve dış işbirliği düzeyinin artırılması gerekmektedir. Bu, finansal performansın yanı sıra çevresel ve sosyal performansa odaklanmak için sağlam bir yönetim çerçevesi gerektiren zorlu bir karardır. Sürdürülebilirlik, karlılığa, büyümeye ve bir işletmenin hayatta kalmasına olan katkısı nedeniyle yirmi birinci yüzyılda tüm işletmeler için stratejik bir amaç haline gelmiştir. TZ'de sürdürülebilirlik, toplumun çevreyle ilgili endişeleri ve işletmelerin "yeşil" stratejiler benimseyerek sosyal sorumluluklarının farkına varmaları; çevresel etkileri azaltmayı amaçlayan mevzuata yanıt verme ihtiyacı ve zorlu pazar ile ekonomik rekabetin gerçekleri nedeniyle son yıllarda oldukça dikkat çekmiştir (Alzoubi vd., 2020: 707). Şirketler, TZ boyunca Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS) konularını daha etkin bir şekilde yönetmek için sermaye ve zaman sıkıntısı yaşasalar da, TZ boyunca ortaklarını daha sosyal sorumlu olmaya

teşvik etmektedirler. Şirketler tedarikçilere yönelik olarak gerekliliklere uyum ve kapasite geliştirme yaklaşımlarını birleştiren bir yönetim stratejisi kullanmaktadır. İşletmeler sürdürülebilirlik ilkelerini benimseyerek daha fazla kar elde edebilir ve çalışmalarına uzun vadede devam edebilirler. Bu nedenle, sürdürülebilirliği artıran uygulamalar geliştirmek, rekabet avantajına katkıları nedeniyle işletmeler için kritik bir hedef olarak kabul edilmektedir. İşletmelerin ekonomik performanslarının yanı sıra çevresel ve sosyal performanslarını da değerlendirmeleri ve analiz etmeleri gerekmektedir. Tersine Lojistik (TL), ürünlerin müşterilerden tedarikçilere doğru geriye akışı odaklanan bir lojistik işlemdir (Cilibert vd., 2008: 1587).

Yeşil tedarik zinciri kararları, güçlü iç ve dış bağlantıları olan kuruluşların karşılaştığı en yeni sorunlardan biridir. İş dünyasının dinamik doğasını ve doğal çevreyle ilişkisini bir karar çerçevesi içinde modellemeye yönelik bir yaklaşım, çok boyutlu niteliksel ve stratejik özellikleri dikkate alabilen bir tekniktir. TL, yeşil tedarik zinciri yönetiminin önemli bir bileşenidir. Sebebi ise bir dizi elden çıkarma seçeneği kullanarak iade edilen ve kullanılan ürünlerin elleçlenmesi ve elden çıkarılmasıyla ortaya çıkan atığın azaltılmasına yardımcı olabilir. Ürün iadeleri çeşitli nedenlerle ve üretim, dağıtım ve müşteri kaynaklı iadeler dahil olmak üzere tedarik zincirinin farklı yerlerinde gerçekleşebilir. Yeniden kullanım, onarım, yeniden üretim, geri dönüşüm ve bertaraf; TL uygulamaları olarak sıralanabilir (Sarkis, 2003: 397).

Yönetimsel faaliyetlerin etkinliği, finansal performansın artmasında büyük önem taşımaktadır. Ayrıca işletme yönetiminde sadeleştirme ve kolaylaştırmaya gidilmesi finansal performansın artmasında etkili olmaktadır. Diğer taraftan işletmelerin rekabette başarı sağlayabilmesi için çalışanlar arasında fark gözetmemesi; süreç iyileştirme uygulamalarını gerçekleştirmeleri; bilgiye, yeniliğe, teknolojik gelişmelerle uyum sağlamaları ve farklılıklar üretmelidirler (Özan, 2021: 1158-1159).

STZY, uzun vadeli hedeflerle uyumlu ,etkili iş modelleri geliştirmek için ön koşuldur. Ancak bu paradigmanın karmaşık olduğu ve reaktif faaliyetlerden uzaklaşmayı gerektirdiği vurgulanmalıdır. Yöneticilerin sosyal, ekonomik ve ekolojik performansı içeren kapsamlı bir yönetime odaklanmaları gerekmektedir. Ayrıca, TZ'de sürdürülebilir çözümlerin uygulanması süreci zaman alıcıdır ve işletme yöneticilerini ile girişimcileri çevre dostu çözümlerin uygulama çabalarını sürdürmekten vazgeçiren, çok sayıda soruna yol açabilir. Ancak bir işletmenin sorunları diğer işletmelerin fırsatıdır (Zimon, Tyan ve Sroufe, 2020: 231-232). STZY ve dinamik yetenekler teorisinin birleşimi, son zamanlarda akademisyenler ve

uygulayıcılar tarafından büyük ilgi gören oldukça yeni bir konudur (Hong, Zhang ve Ding, 2018: 3508). Bu kapsamda tedarik zincirinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin uygulanması konusunda alınabilecek önlemleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (Zimon, Tyan ve Sroufe, 2020: 232);

1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH) sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi kapsamındaki uygulamalarla güçlü bir bağı vardır ve tedarik zinciri yönetimi süreci entegrasyonuna sinerjik etkileri olabilir.

2. Yöneticiler, tedarik zincirinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin uygulanması konusunda rehberliğe ihtiyaç duymaktadır. Önerilen model, sürdürülebilir kalkınma ile tedarik zinciri yönetimi arasındaki ilişkileri netleştirmeye ve vurgulamaya yönelik bir girişimdir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin entegrasyonu yeni araştırma ve düşünme alanları sağlamaktadır.

3. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin bir tedarik zincirinde uygulanması ile birlikte değer yaratan, stratejik seçimleri bilgilendiren ve tedarik zincirlerini, işletmelerle birlikte toplumu, uyumlu hale getiren görevler, eyleme geçirilebilir.

1.3.1. Çevre Yönetimi Uygulamaları

Tedarik zinciri çevre yönetimi (TZÇY), yıllar içinde giderek artan sayıda şirketin çevre stratejilerinin önemli bir bileşeni olarak ortaya çıkmıştır. Çok yönlü bakıldığında, TZÇY 'in çevresel ve ticari değer yaratmak için zorlukların yanı sıra yeni fırsatlar da sunmaktadır. TZÇY, tek bir araç olmaktan ziyade, tedarikçileri çevresel performans açısından araştırmak, yeşil tasarım girişimleri konusunda da tedarikçilerle iş birliği içinde çalışmaktır. Aynı zamanda TZÇY, tedarikçilerin çevre yönetimi kapasitesini geliştirmek için eğitim veya rehberlik sağlamak gibi geniş bir faaliyet yelpazesini kapsamaktadır. TZÇY faaliyetleri sadece tedarik zincirinde yukarı yönlü tedarikçilerle değil, aynı zamanda aşağı yönlü distribütörler ve müşterilerle de çalışmayı içerebilir. Örneğin TZÇY, ürünlerin geri alınması ve yeniden üretilmesiyle ilgili tersine lojistik sistemlerinin geliştirilmesini kapsar. Çevre ünvanı taşıyan çalışanlara sahip az sayıda ancak giderek, artış gösteren kurumsal satın alma departmanları vardır. Diğer işletmeler, satın alma müdürleri ve kalite güvence çalışanları gibi geleneksel tedarik rollerine, çevre fonksiyonlarını entegre etmişlerdir. Ayrıca, bazı yenilikçi lojistik yöneticileri nakliye ve dağıtımın çevresel etkilerini azaltmaya çalışmaktadırlar. Başarılı TZÇY girişimleri, çevre ve satın alma çalışanları ile sınırlı değildir, aynı zamanda

ürün tasarımcıları ile üretim temsilcileri gibi diğer çapraz işlevli çalışanlarını da kapsamaktadır (Lippman, 2001: 11).

Çevreye duyarlı iş uygulamaları araştırmacılar karar vericiler tarafından giderek daha fazla ilgi görmektedir. Çevresel uygulamaları stratejik planlarına ve operasyonlarına entegre etmeyi düşünen işletmelerin de sayısı giderek artış göstermiştir. (Sarkis, 2003: 397). Çok sayıda girişimciler, işletmelerin daha çevre dostu olmaları için teşvikler sağlamıştır. TZÇY veya tedarik zincirinin yeşillendirilmesi ile ilgili kavramlar, endüstriler tarafından genellikle tedarikçilerin çevresel performansların araştırılması ve düzenleyici standartları karşılayanlarla çalışmalar yapılması olarak anlaşılmaktadır (Rao, 2002: 632). Bu kavramın işletme operasyonlarına dahil edilmesi ve uygulanması için, pek çok itici güçler mevcuttur. Aynı zamanda "reaktif düzenleyici nedenlerden proaktif stratejilere ve rekabet avantajı nedenlerine" kadar uzanan bir yelpazeyi kapsamaktadır (Sarkis, 1999: 1).

Çevreye duyarlı uygulamalar için temiz üretim, çevre yönetim sistemleri ve ekoverimlilik gibi yaklaşımlar hayata geçirilmiştir. Çevresel performans yoluyla rekabet avantajı sağlayan faktörler ise pazar beklentileri, risk yönetimi, mevzuata uyum ve iş verimliliği olarak belirlenmiştir (Zhu, Sarkis ve Geng, 2005: 449). TZÇY, tüm bu faktörlerin ele alınmasını sağlarken kilit bir role sahiptir (Hutchison, 2017: 164). Çevresel etki, bir ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında ortaya çıkar. Bu nedenle tedarik zinciri çevre yönetimi, işletmelerin çevresel risk ve etkilerini azaltarak, ekolojik verimlilikleri de artırarak kar ve pazar payı hedeflerine ulaşmaları için, önemli bir yeni arketip olarak ortaya çıkmıştır (Van-Hoek, 1999: 28).

1.3.2. Sürdürülebilir Üretim Uygulamaları

Sürdürülebilir üretim uygulamaları, genellikle çevresel olmak üzere farklı boyut ve kapsamlarda hayata geçirilmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir uygulamalar ele alınırken üretim sürecindeki çalışan faktörünün öneminin ve süreçlerin yerel topluluklar üzerindeki etkisinin vurgulanmasına ihtiyaç vardır (Håbek ve Villahoz, 2018: 838).

Sürdürülebilir üretim uygulamaları, bir işletmenin çevresel, sosyal veya ekonomik performansını olumlu yönde etkileyen eylemler, girişimler ve teknikler olarak anlaşılmaktadır (Alay, vd., 2017: 693). Karşılaştırılabilir sürdürülebilirlik konularıyla ilgilenen üreticilerin sürdürülebilir üretim uygulamalarının, işletmelerin çalışmalarına nasıl yansıdığından çok sürdürülebilir üretim uygulamalarını nasıl ilettiklerinin değerlendirildiğini belirtmek gerekir. İşletmelerin insan kaynakları alanındaki sürdürülebilir üretim uygulamaları, iş sağlığı ve

güvenliği sistemlerinin uygulanmasına, çalışanların tehlikeli riskler konusunda eğitilmesine ve kariyer geliştirme programları ile iş tatmini değerlendirmesi gibi çalışanların refahına yönelik faaliyetlere yöneliktir (Håbek ve Villahoz, 2018: 839).

STZ uygulamaları için işletmelerin rekabet Üstünlüğü sağlayabilecek faaliyetlerini uygulamaya geçirmesi ve karşılaştıkları riskleri avantaja çevirecek politikaları uygulamaları gerekmektedir (Dennis, vd., 2010: 1232).

SKH'ne ulaşmak, topluma mal ve hizmet sağlamanın çevresel etkilerini ölçmeye ve karşılaştırmaya yardımcı olacak yöntemler ve araçlar gerektirir. Bu ürünler, algılanan gerçek bir ihtiyacı karşılamak amacı ile üretilir ve kullanılırlar. Her ürünün tasarımı/geliştirilmesi ile başlayan, kaynakların ortaya çıkarılması, üretim tüketim ve yaşam sonu faaliyetleri yeniden kullanım, geri dönüşüm, atık ayrıştırma ile devam eden bir süreçten geçer. Bir ürünün oluşmasında tüm faaliyetler veya süreçler, kaynakların tüketimi, doğal ortama madde emisyonları ve diğer değişimler (örn. radyasyon) nedeniyle çevresel etkilere neden olur (Rebitzer vd., 2004: 701).

1.3.3. Tedarik Zinciri Entegrasyonu

Tedarik zinciriyle ilgili olarak, dijital dönüşüm ve akıllı ve işbirlikçi sistemlerin kullanımı, tedarik zincirini her aşamada daha akıllı, daha şeffaf ve daha verimli hale getirecektir. Yakın gelecekte, bireysel müşteri ihtiyaçlarına daha yakın olacak, karar verme kalitesinin önemli ölçüde artmasını teşvik edecek ve giderek daha esnek ve verimli hale gelecek yeni modellere özellikle odaklanılacaktır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi ve tedarik zincirlerine entegrasyonu, dördüncü sanayi devriminin - "Endüstri 4.0" - ortaya çıkmasına yol açmıştır. Teknolojik yenilikler ve değişen müşteri gereksinimleri nedeniyle iş dünyasında artan bir rekabet söz konusudur. İş ekosistemlerindeki bu dönüşümsel değişim, gelişen bir ekosistemdeki zorluklara uyum sağlamak ve entegre olmak için operasyonel modelleri ve yönetim stratejilerini derinden etkileyecektir. Endüstri 4.0'ın başlangıcından bu yana, giderek artan sayıda işletme, performans ve üretkenliği artırmak için yeni sanayi devriminin ilke ve teknolojilerini benimsemiştir.

Tedarik Zinciri Entegrasyonu (TZE), gün geçtikçe daha dinamik hale gelmektedir. Müşteri talebine erişimin etkin bir şekilde paylaşılması ve tedarik zincirinde görünürlük sağlamak için ürün ve hizmet teslimatlarının takip edilmesi gerekmektedir. İş süreci entegrasyonu, ürün verilerinin uçtan uca entegrasyonunu sunması gereken standartlara ve referans mimarilere dayanmaktadır. Tedarik zincirlerinde faaliyet gösteren işletmelerin rolü

çeşitli kuruluşlar ve sistemler için işletmeye özgü verileri eşleştirip entegre ederek birlikte çalışabilirliği sağlamak olan uzmanlaşmış ara işletmeler aracılığıyla süreç ve veri entegrasyonu kurmaktır. TZ, iş birliği, büyük işletmelerin ana tedarikçileriyle birlikte entegrasyon çalışmalarına liderlik eden merkez kuruluşlar olarak görüldüğü, farklı ihtiyaç ve hedefleri içeren çok paydaşlı bir ortamdır. Katma değerli hizmet sağlayıcılar, kuruluşlar arasında sistemlerin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için ortak çıkarlarla iş birliği yaparak farklı roller oynarlar. TZ işletmelere rekabet avantajı sunmalıdır; Aracılar hızlı entegrasyon sağlamalıdır; lojistik ortakları takip ve izleme özelliklerini kullanarak teslimatların görünürlüğüne oluşturmalarıdır; bilgi ve iletişim teknolojisi işletmeleri uygun maliyetli bulut çözümleri geliştirmelidir ve finans sağlayıcıları işlem bankacılığı hizmetleri aracılığıyla, işletme sermayesi sunmalıdır (Korpela vd. 2017: 4182).

Bilinmesi gereken bir diğer anahtar kavram da tedarik zinciri entegrasyonudur. TZE, nihai ürünün müşteriye tesliminde yer alan tüm tarafların ve faaliyetlerin tek bir sistemde birleştirilmesi sürecini ifade eder. Bu süreç aşağıdaki şekilde açıklanabilir: (Forsyth ve Woods, 2022);

1. Nihai bir ürünün üretiminde yer alan birden fazla işletmenin faaliyetlerinin entegrasyonu.
2. Tedarik zinciri faaliyetlerinin ortak bir yönetim bilgi sistemi aracılığıyla koordine edilmesi.
3. Bir tedarik zinciri içindeki işletmelerin yakın uyumu.

Bu süreç, tüm bu işletmelerin ve faaliyetlerin ortak bir hedef doğrultusunda etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için, önemli ölçüde uyum ve koordinasyonu gerektirir. TZE önemlidir, çünkü tüm malzemelerin, bileşenlerin, girdilerin ve ürünlerin ihtiyaç duyulan yere zamanında ve gerektiği gibi ulaşmasını sağlar. Bu entegrasyon tedarik, üretim ve dağıtım süreçlerindeki gecikmeleri azaltarak zamandan tasarruf sağlar. Ayrıca daha fazla depolama alanı ihtiyacını da ortadan kaldırır. Üretim ve dağıtım sürecine dahil olan tüm faaliyetler, varlıklar, kaynaklar, çalışanlar, bilgiler ve ürünler birleşik bir sisteme entegre edildiğinde, daha kolay ürün geliştirme, pazarlama ve teslimatı kolaylaştırır. Entegre bir tedarik zinciri, tüm katılımcılar için iş etkinliğini ve verimliliğini artırır. TZE, nihai ürünü üretmek için gerekli olan tüm temel faaliyetleri bütünleştirmek için çalışan işletmelerin yakın bir uyumunu içerir⁷⁷ (Forsyth ve Woods, 2022).

1.3.4. Kurumsal Sosyal Sorumluluk Uygulamaları

Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS), tüm dünyada bilinen bir dili ve bakış açısını temsil etmektedir ve paydaşların modern işletmelerden para kazanmaktan ve yasalara uymaktan daha fazlasını yapmalarının beklendiğini iletmesiyle giderek daha hayati bir önem kazanmıştır. Günümüzde etik ve hayırseverlik, rekabetçi, dinamik ve küresel bir pazarda sürdürülebilir olmak için çabalayan modern kuruluşların sosyal sorumluluk beklentilerini tamamlamaya yardımcı olmaktadır. İşletmelerin ve tedarikçilerinin sosyal girişimleri, tedarik zincirlerinin yönetimi için temel kılavuzlar haline gelmiştir. Buna ek olarak, KSS kavramı, geçtiğimiz yıllarda işletmelerin topluma karşı sahip olduğu önemli yükümlülükleri yaygınlaştırmıştır. Üçüncü taraflara zarar veren dışsallıklar, paydaşları aynı işletmelerin olumlu etkiler yaratmasını ya da olumsuz etkileri azaltmasını talep etmeye motive etmiştir (Carroll, 2015: 87).

Klasik görüşün doğası gereği tamamen ekonomik olduğu ve ekonomik ve sosyal yönler arasında net bir ayırım ortaya koyduğu, paydaş yönetimi perspektifinin ise sosyal ve ekonomik yönleri bir araya getirdiği söylenebilir. Paydaş teorisine dayanarak, yöneticiler " amaçlarını gerçekleştirmek için paydaşlarıyla ne tür ilişkiler kurmak istediklerini ve buna ihtiyaç duyduklarını" belirlemelidir. Etkili paydaşlar, resmi ya da gayri resmi olarak işletmelere sosyal sorumluluk uygulamalarında bulunmaları için baskı yapabilir ve tedarikçilerinin etik, düzenleyici ve uluslararası çalışma yasalarına uymalarını talep edebilir. Sonuç olarak, giderek artan sayıda işletme, tedarik zincirlerinin sosyal sorumluluğunu güçlendirmek için tedarikçilerini ve müşterilerini denetleme ve onlarla iş birliği yapma ihtiyacının farkına varmıştır. Bu bağlamda, KSS girişimleri tedarik zincirlerine sosyal sorunlarla başa çıkma unsurları sağlarken, aynı zamanda performanstan yararlanmaya odaklanmaktadır (Branco ve Rodriques, 2007: 8).

Günümüzde sosyal sorumluluk sahibi işletmeler, istikrarlı bir yönetim anlayışı adına, KSS uygulamalarını tedarik zincirindeki ortaklarının yönetimini de kapsayacak şekilde genişletmektedir (Quarshie, Salmi ve Leuschner, 2016: 82). KSS, toplumsal ilerlemenin kaynağı olarak işletmelerin hızla değişen dünyada, sorumlu küresel vatandaşlar ve yerel komşular olmalarına yardımcı olur. İş çevresi toplumun belirli kesimlerinden ayrı olarak faaliyet gösteremez. İşletmeler dünyası son yıllarda KSS kavramıyla çok sık karşılaşmaktadır. Çeşitli konularda işletmeler sosyal açıdan sorumlu davranmaya teşvik edilmektedir (Engle, 2007: 17). Sürdürülebilir kalkınma, gelecekteki faaliyetlerden ödün vermeden mevcut faaliyetlerin performansını dikkate almalıdır. Bununla birlikte kurumsal düzeyde sosyal

sorumluluk temelli olarak, işletmenin faaliyet gösterdiği ekonomik, toplumsal ve doğal çevre ile etkileşiminden kaynaklanan "ödünleri en aza indirmeyi ve sinerjileri en üst düzeye çıkarmak" amaçlanmaktadır (Hediger, 2010: 520).

1.3.5. Sürdürülebilir Tedarikçi Yönetimi Uygulamaları

Bu iki kavram giderek birbirine yaklaşmakta ve STZY bu iki kavramın açıkça etkileşime girdiği gelişen bir alanı temsil etmektedir. Öne çıkan araştırma alanlarından biri olan TZY'nde 'sürdürülebilirlik' kavramı STZY'ni temsil etmektedir. Bu özel alanda araştırmalar ve pratik uygulamalar son yıllarda istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Ashby vd., 2012: 497). Tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini iyileştirmek, Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir hedeflerine ulaşmanın önemli bir parçasıdır. Dağıtık defter teknolojisini kullanan blok zinciri platformu, TZ boyunca işlemleri kaydetmek için dijital bir sistem ve veritabanı sağlar Diğerlerinin yanı sıra STZY, işletmelerin kurumsal sorumluluk uygulamalarını hayata geçirmelerine ve sürdürülebilirliğin üç boyutunu, yani ekonomik, sosyal ve çevresel hedefleri takip ederken, lojistik performans ve kaynak kullanımında daha yüksek bir verimlilik elde etmelerine de olanak tanımaktadır. Bu tür kurumsal eylemlerin itici güçlerinden biri de, tedarik zinciri yapılandırmalarında meydana gelen ve sürdürülebilirliğe nasıl ve ne şekilde katkıda bulunabileceği konusunda endişelere yol açan, stratejik eylemlerin gerçekleştirilmesini talep eden sürekli değişikliklerdir. Bu durum, yönetim araştırmalarının bir diğer genç alanı olan Dinamik Yetenekler (DY) yaklaşımına bir bağlantı sunmaktadır (Park ve Li, 2021: 15).

Konuyla ilgili örnek vermek gerekirse, gıda güvenliği hemen hemen her tüketiciyi ilgilendiren bir konudur ve hükümetler gıda sektöründeki işletmelerin uygulamalarını ve ürünlerini yakından gözlemlemektedir. Diğer bir konu ormansızlaşma gibi çevresel sorunlar veya çiftçiler için adil ücret gibi sosyal sorunlar, devlet kurumları veya STK tarafından sıklıkla rapor edilmektedir. Birçok işletme sürdürülebilir TZY uygulamalarını benimseyerek bu sorunlarla mücadele etmeye çalışmaktadırlar ve bu durum STZY ile bir başka bağlantı oluşturmaktadır. Sürdürülebilir gıda endüstrisi gibi sürdürülebilirliğin her üç boyutu konusunda da yüksek farkındalığa sahip müşterileri hedefleyen pazarlar, müşteri algı ve beklentilerinde dinamik değişikliklere maruz kalmaktadır (Menon ve Ravi, 2021: 12).

Geleneksel tedarik zincirine uyarlanan ve bir endüstrinin sürdürülebilir bir tedarik zinciri geçişine yardımcı olan belirli uygulamalar STZY uygulamaları olarak adlandırılmaktadır. Sonuçlar, yönetimin sürdürülebilirliğe bağlılığının ve Üçlü Kar-Zarar Çizgisi (ÜKZÇ) yaklaşımının stratejik karar alma sürecine dahil edilmesinin, sürdürülebilir

tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasında en etkili uygulamalar olduğunu göstermektedir (Mathivathanan, Kannan ve Haq, 2018: 284).

Sürdürülebilirliği tedarik zincirine uygulamak için, ortaklık yapılan üreticilerin paket hazırlama ve sipariş gönderme aşamalarına kadar çabaların ve yapılan seçimlerin bilincinde olmakla bağlantılıdır. STZ uygulama adımları aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Lopienski, 2021);

1. STZ hedefleri oluşturulmalıdır; işletmenin ve çalışanların ulaşmak istediği hedefleri ve bu hedeflerin nasıl takip edileceği listelenerek, sürdürülebilir tedarik zinciri sürecine giriş yapılabilir. TZ'ni optimize etmeye yönelik kararlar alınırken sürdürülebilirliği göz önünde bulundurmaya çok önem arz etmektedir. İşletme hedefleri belirlendikten sonra, girişimlerin etkinliğini ölçme ve değerlendirmeye yardımcı olacak sistemleri uygulamaya koyulmalıdır. Konuyla ilgili çabaları müşterilere, TZ ortaklarına ve diğer paydaşlara ileterek güçlendirilmelidir.

2. İsrafi belirlemek için tedarik zincirinin haritasını çıkarılmalıdır; böylece hedefler belirleyerek, üretimden teslimat yönetimine kadar tedarik zincirinin işleyişi konusunda daha bilinçli olunabilir. TZ'nin atık ve enerji biriktirme yollarını belirlemede iyileştirilmesi gereken kilit alanların vurgulanması gerekmektedir. Çevreyi olumsuz etkileyen alanlar belirlendikten sonra, tedarik zincirinin daha yalın hale getirilmesi, sürdürülebilirliği teşvik edecek programlar, süreçler ve diğer yollar oluşturmak için bir ekip çalışması yapılabilir.

3. Bir envanter yönetim sistemi uygulanmalıdır. Envanteri optimize etmek için, gerçek zamanlı olarak izlenmeli, bununla birlikte hızlı ve yavaş satan ürünleri belirlemeye, daha fazla envanteri yeniden sipariş etme zamanının hangi tarih aralığında yapılacağına, anlaşılmasına yardımcı olabilecek bir envanter yönetim sistemi uygulamak önemli olacaktır.

4. TZ verilerini analiz edilerek; veri toplamak sistemlerine sahip olmak, daha fazla tedarik zinciri görünürlüğü sağlamaktadır. Görünürlük sayesinde, envanter takibinden, siparişlerin müşterilere verimli bir şekilde gönderilmesine kadar, çeşitli operasyonel aşamalar ve süreçler oluşturmayı içeren tedarik zinciri planlaması için ihtiyaç olan verilere sahip olunabilir. Örneğin, ideal bir envanter tahsis planı belirlemek için veriler kullanılmaktadır ve geçmiş sipariş verilerine ulaşılabilir. Aynı zamanda müşterilerin nerede bulunduğunu belirlenebilir ve envanteri müşterilere daha yakın bir yerde depolanabilir. Bu yöntemle siparişler en kısa zamanda daha uygun maliyetli ve az yakıt kullanılarak hızlı bir sevkiyatla gönderilebilir. Bir envanter dağıtım modeli uygulanarak, sadece hızlı ve uygun fiyatlı

sevkiyatla ilgili müşteri beklentilerini karşılamakla kalmaz, aynı zamanda daha sürdürülebilir bir sevkiyat çözümü sağlanmış olacaktır.

5. Sürdürülebilir bir TZ politikası oluşturularak; çalışanlarla birlikte, işletmenin uyacağı kural ve düzenlemeleri içeren sürdürülebilir bir tedarik zinciri politikası oluşturulabilir. İşletme politikası, sürdürülebilirlik hedeflerini yansıtmalı ve doğru tedarikçiler ile lojistik ortaklıklara cazip hale gelebilir. Sürdürülebilirlik politikası aynı zamanda lojistik operasyonlarına şeffaflık sağlamak için de kullanılabilir, böylece sürdürülebilirliğe değer veren müşteriler elde edilebilir.

6. Tedarikçilerle beklentilerinizi paylaşılmalıdır; bir işletme politikası belirledikten sonra, sürdürülebilirlik konusundaki standartları karşılayan üreticileri ve tedarikçileri seçmek son derece önemlidir. Tedarikçilerin sorumluluğu, sürdürülebilirlik standartlarını karşılayan yüksek kaliteli ürünler sunmaktır. Ürünlerin nasıl, nereden temin edildiğini ve üretildiğini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Tedarikçiler seçilirken, aşağıdaki gibi faktörlerle ilgili beklentilerinizi iletmek çok önem arz etmektedir;

- a. Sağlık ve güvenlik,
- b. Çalışma koşulları,
- c. Adil ücretler,
- d. Enerji kullanımı,
- e. Karbon emisyonları,
- f. Su kullanımı ve arıtımı,
- g. Geri dönüşüm.

7. Çevre dostu teslimat seçeneklerini değerlendirilmelidir; en iyi üretim uygulamalarına ek olarak, tedarik zincirini oluşturan diğer ortaklar ve üçüncü taraflar da dikkate alınarak, nakliye ve ulaşım konusu yorumlanmalıdır. Örneğin ShipBob, küresel yerine getirme hizmetleri sunan bir Lojistik Hizmet Sağlayıcı (3PL)'dir, böylece satıcılar envanterlerini müşterilerine en yakın yere dağıtarak genel nakliye rotalarını azaltabilir. ShipBob işletmecileri, ShipBob'un konumlarından gerçekleştirilen teslimatlardan kaynaklanan karbon emisyonlarını kolayca dengelemek için yapay zekanın gücünden yararlanabilir. Böylece ürünlerde daha sürdürülebilir bir iade süreci sunularak karbon ayak izini azaltmak mümkün olabilir.

8. Çalışanların sürdürülebilirlik konusunda eğitim almaları sağlanmalıdır; aynı zamanda çalışanların tüm tedarik zinciri boyunca sürdürülebilirliği nasıl koruyacakları ve geliştirecekleri konusunda da eğitilmiş olmaları çok önemlidir. Sürdürülebilirlik, tüm

birimlerin işleyiş çalışmalarını en doğru şekilde anlaması ile gerçekleştirilebilir. Örneğin çalışanlar, nakliye sırasında güvenlikten ödün vermeden, ambalaj malzemelerini azaltmak için ambalajlamayı nasıl optimize edeceğini bilmelidir. Perakende yerine getirme sürecinin çevreyi nasıl etkileyebileceğinin farkında olmak, sürdürülebilir bir tedarik zincirine sahip olmaya çalışmanın ne kadar önemli olduğunu gösterir ve bu amaca daha fazla adanmışlık ve bağlılık yaratır.

1.3.6. Sürdürülebilir Müşteri Yönetimi Uygulamaları

Lider işletmeler, dünya standartlarında Sürdürülebilir Müşteri Yönetimi (SMY) yeteneklerinin üçüncü temel özelliği olan müşteri etkileşim süreçlerinin iyileştirilmesi ve koordinasyonuna rehberlik etmek için sadakat stratejilerini kullanır. Müşteriyle her temas noktasını (örneğin, pazarlama, satış, sipariş girişi, sipariş karşılama, saha kurulumu ve servisi, faturalama ve tahsilat, şikayet vb) etkileşim sürecinin bir parçası olarak görürler ve belirli bir sadakat stratejisini destekleyecek şekilde yönetirler. Operasyonel arızaların çoğu işlevsel departmanlar arasında meydana geldiğinden, müşteri sadakati ve elde tutma hedeflerine ulaşmak işlevler arası bir zorunluluk olmalıdır. Kilit etkileşim noktalarını belirlemek için lider işletmeler operasyonlarını müşterinin bakış açısından analiz eder. Müşterilerinin kuruluşla nasıl ve nerede etkileşime girdiklerini ve her noktada kendileri için neyin önemli olduğunu açıklamalarına izin verirler. Daha sonra, gerektiğinde etkileşim süreçlerini yeniden tasarlar ve müşterinin zihninde tek bir işletme imajı oluşturmak için işletme genelindeki tüm temas noktalarını koordine ederler. Bu yüksek dokunma yaklaşımında teknoloji, insan etkileşimlerinin yerini almak için değil, onları geliştirmek için kullanılır (Gooch, 2005: 18).

SMY çerçevesinin beş temel adımı aşağıdaki şekilde sıralanır (Hoversten ve Baker, 2007: 3);

Adım 1: Araştırma yoluyla müşterileri anlamak: Müşterinin deneyimsel dünyasını anlamak ve analiz etmek, bir işletmenin müşterilerinin açık ve gizli karmaşık ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların nasıl karşılanacağı konusunda önemli bilgiler sağlar. "Müşteri içgörüsü, bir işletmenin bir ürünü doğru özellikler, çekicilik, iletişim ve müşteri arayüzü ile konumlandırmasını sağlar" (Smith ve Wheeler, 2002: 54).

Adım 2: Bir konumlandırma beyanı geliştirin: Adım 1'deki araştırma ile tüm Müşteri Deneyimi Yönetimi (MDY) projesinin uygulama aşaması arasındaki stratejik bağlantı, işletme tarafından tüketicilere sunulan deneyim değerinin iletilmesiyle ortaya çıkar. Deneyim sırasında sağlanan değer belirlenmesi, MDY çerçevesinin sonraki üç uygulama adımı için rotayı belirler. "Değerin (belirtilmesi ve iletilmesi) bir işletmenin, markasının ve ürünlerinin

neyi temsil ettiğini ve müşterilere ne sunduğunu dahili ve harici olarak etkili bir şekilde aktarmaktadır" (Smith ve Wheeler, 2002: 87).

Adım 3: Marka kimliği oluşturma farklılığı: müşterilerin neye değer verdiğini göstermek için oluşturulan konumlandırma ifadesiyle birlikte, marka kimliği de bu platformdan yola çıkmalıdır. Marka kimliği, "sağlayıcının tüketicilerin markalarıyla ilgili olarak nasıl düşüncelerini, hissetmelerini ve hareket etmelerini istemesidir" (Kotler ve Lee 2007: 114).

Adım 4: Ziyaretçi memnuniyetini artırmak: Konumlandırma ifadesinin ikinci kilit uygulaması müşteri memnuniyetini artırmayı içerir. İyileştirilmiş müşteri memnuniyeti kullanımı artırabilir, operasyonel verimliliği geliştirebilir, performans ölçümlerini iyileştirebilir ve gelecekteki finansmanı destekleyebilir (Kotler ve Lee, 2007: 115).

Adım 5: Üstünlüğü Korumak: Tüm işletmelerin müşteri deneyimini geliştirmek ve rekabete ayak uydurmak için sürekli inovasyon yapması ve böylece belirtilen deneyim değeri vaadini yerine getirmesi gerekmektedir (Smith ve Wheeler, 2002: 88).

STZY ve DY, hızla değişen kurumsal ortamları ve endüstrileri inceleyen kısmen genç araştırma alanlarıdır. Gıda endüstrisi bu tür dinamik ortamlara örnek verilebilir. Müşterilerin gıda güvenliği konusunda yüksek beklentileri ve sürdürülebilir şekilde üretilen gıdalara yönelik artan talepleri vardır. Bu talepleri karşılayan işletmeler sürdürülebilirliğin üç boyutu, yani gıdanın üretildiği ve sunulduğu ekonomik, ekolojik ve sosyal koşullar hakkında yüksek farkındalığa sahip bir müşteri tabanını hedeflemektedir (Beske, Land ve Seuring, 2014: 131).

1.4. Sürdürülebilirlik Performansı

Bir işletmenin sürdürülebilir performansı, müşterilerin ve diğer paydaşların ihtiyaç ve beklentilerini uzun vadede karşılama kabiliyetini ifade eder ve işletme çalışanları tarafından farkındalık, öğrenme ve uygun iyileştirmeleri uygulama ile yenilikçilik yoluyla etkin bir yönetim organizasyonu ortaya çıkarır (Stanciu, Constandache ve Condrea, 2014: 341).

Sürdürülebilirlik performansı ve işletme performansı ilişkisi alanında yapılan araştırmaların çoğunun gelişmiş ülkeler standardında analiz edildiğini ortaya koymaktadır. Ancak sonuçlar çeşitli kültürel ve ekonomik bağlamlarda farklılık göstermekte ve bu ilişkinin evrensel olarak kabul edilen bir yönü bulunmamaktadır. Araştırmalar son yıllarda bir büyüme modeli ortaya koymuştur. Araştırmaların çoğunda finansal performans ve işletme performansının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde

kurumsal sürdürülebilirlik performansı ve işletme performansı ile ilgili daha fazla ampirik araştırmaya ihtiyaç olduğu da savunulmaktadır (Goyal, Rahman ve Kazmi, 2013: 361).

Sürdürülebilirlik, performans yönetim sistemi göstergelerini ve bunun doğrulanmasına yönelik bir yaklaşım içerebilir. Aynı zamanda sürdürülebilirlik performans göstergeleri yönetim aracını genel bir sürdürülebilirlik performans yönetim sistemi içinde kullanarak kavramsal ve pratik bir yaklaşım önermektedir. Yatırımcılara yetkin bir sürdürülebilirlik performansı yönetim çalışanları ve sisteminin mevcut olduğu konusunda güvence verebilecek bir yaklaşım olmakla birlikte, iş uygulaması göstergelerini geliştirmeye ihtiyaç vardır. Sürdürülebilirlik Performansı Yönetim Sistemi (SPYS) yeterliliğini ve etik etkinliğini tanımlayan ulusal, bölgesel ve yerel düzeylerde iş uygulamaları ile ekonomik etkileri doğru ve şeffaf bir şekilde tanımlayan göstergelerin olması tavsiye edilmektedir. Sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi ve iletilmesi için mantıksal çerçeve gibi kapsamlı bir dizi yöntem ve aracın geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bunun yatırımcının ve yatırım yapılan işletmenin ihtiyaçlarına uygun olmasını ve sadece kozmetik sürdürülebilirlik raporlamasını değil, gerçek sürdürülebilirlik performansını ele almaya ihtiyaç vardır. Öncelikle işletme içi KSS ve özellikle de çalışanlar için sürdürülebilirlik performansı yönetimine yönelik genel bir yaklaşım sağlayabilir. SPYS'nin bir bölümü olarak sürdürülebilirlik performansı, yönetsel kapasitenin önemli bir yönüdür. İş dünyası kurumsal bir vatandaş olarak topluma katılabilir ve katkıda bulunabilir. SPYS sürecin yönetilmesinde ve raporlanmasında işletmelere fayda sağlayabilir. Kamu politikalarının, özellikle de düzenlemelerin önemli olduğu, ancak işletmelerin proaktif bir şekilde hareket etmeleri ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik ilerlemenin başlıca taşıyıcıları olmaları için, küresel bir potansiyelle projeler için itici güç olmaktadır (Warhurst, 2002: 3-4).

Araştırma sonuçları, firma büyüklüğünün yüksek Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı (KSP) ile güçlü ve tutarlı bir şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. KSP liderlerinin her sektördeki en büyük firmalar olması muhtemeldir. Büyük firmalar ayrıca sürdürülebilirlik programlarının uygulanmasında ölçek ekonomilerini gerçekleştirme konusunda daha iyi konumdadır. Yüksek büyüme gösteren firmalar, sürdürülebilirlik ilkelerini genişleyen operasyonlarına uygulamak için daha fazla fırsata sahiptir. Performans yönetimi, bir işletmenin maksimum verimliliğe ulaşmasını sağlamak için tasarlanmış etkin bir yönetim sistemidir. Performans yönetimi, belirli görevleri yönetmek için işletmenin departmanlarının, çalışan veya mevcut süreçlerin performansına odaklanarak, ekonomik bir teşvik paketi sunmaktır. Ayrıca tüm ulaşım modlarını birbirine bağlayarak daha fazla ticaret

kolaylığı ile birlikte lojistik bağlantıyı geliştirmeye odaklanmaktadır (Artiach vd., 2010: 49). Performans yönetiminde sürdürülebilirlik, müşterilerin lojistikte sürdürülebilirlik ve iş performansında ölçülebilir gelişmeler yaratan yönetim stratejilerini tanımlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olan pazar lideri bir uygulamadır. Bu nedenle, birçok işletme sürdürülebilir performans yönetimini geliştirmek için daha stratejik bir yaklaşım sergilemeye başlamıştır.

Ticari tedarik zincirleri yeni endüstriyel paradigmalardan, karmaşık ürünlerden, farklı taleplerden ve yoğun rekabet ortamından oldukça etkilenmektedir. İşletmelerin lojistik stratejileri, dinamik pazar gereksinimleri hakkında gerçek zamanlı görünürlük ve ilgili bilgiler sunan iş modelleri ve süreçleri üzerinde ısrar etmektedir. Sonuç olarak, tedarik zincirleri, yenilikler, yeni kavramların ve teknolojilerin tüm ana işlevlerine entegrasyonu yoluyla daha duyarlı ve etkileşimli hale gelme eğilimindedir. Aynı zamanda, sanayi sektörleri iş stratejilerini yenilemek için sürdürülebilirliğe yönelmekte ve depo operasyonlarına özel önem vererek sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmektedir. İster manuel ister makine tabanlı ya da otomatik olsun, depo operasyonları enerji yoğun ve kaynak bağımlıdır, dolayısıyla enerji tüketiminde, su kullanımında, malzeme kullanımında ya da elleçlemede, geri dönüşümde, sürdürülebilir ambalajlamada azalma kaynak sürdürülebilirliğine nüfuz eder (Ali vd., 2022: 1).

1.4.1. Üçlü Kâr Hanesi

Girişimcilik uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Geleneksel olarak, zenginlik yaratma ve ekonomik büyüme ile ilişkilendirilmiştir. Girişimciliğin birçok alanı ortaya çıkmıştır; örneğin bunlardan biri de Sürdürülebilir Girişimciliktir (SG). SG, girişimcilik çalışmalarında yeni ve gelişmekte olan bir alan olarak kabul edilebilir. Özellikle, sürdürülebilir kalkınma hedefini girişimciler arasında servet birikimiyle ilişkilendirmekte ve girişimcilerin çevresel kaynaklar konusundaki algılarını değiştirmektedir. SG üzerine yapılan pek çok çalışma, SG'nin ne olduğunu tanımlamak için 1994 yılında Elkington tarafından ortaya atılan Üçlü Sonuç Çizgisi (TBL) kavramını kullanmıştır (Hall vd., 2010: 440).

Yaratıcılık, yenilikçilik ve dönüşümler yoluyla faydalı yeni ürünler, süreçler ve değerler üretmek için fırsatları belirleme, değerlendirme ve takip etme sürecidir. Yakın zamanda Stokes ve diğerleri (2010) mevcut tanımları üç ana boyutta kategorize ederek girişimciliği kapsamlı bir perspektiften tanımlama çabasına girmiştir. Onlara göre, girişimciliğin farklı tanımları (i) Süreçler; (ii) Davranışlar ve (iii) Sonuçlar üzerine odaklanmaktadır. İlk tanım kategorisi "girişimcilerin ne yaptığına" odaklanmaktadır (Majid ve Koe, 2012: 295).

Bilimsel bir alan olarak girişimcilik, "geleceğin" mal ve hizmetlerini ortaya çıkaracak fırsatların nasıl keşfedildiğini, yaratıldığını ve kimler tarafından ve hangi sonuçlarla kullanıldığını anlamaya çalışır. Tanımlar, "yeni bir şey yaratmak", "fırsatların peşinden gitmek", "gelecekteki ürün ve hizmetler için fırsat keşfetmek, yaratmak ve kullanmak" gibi girişimcilik faaliyetlerine veya süreçlerine odaklanmıştır. İkinci kategori ise "kimlerin girişimci olduğuna" odaklanmaktadır. Tanımlar, "rekabetçi ve piyasa sürecini yönlendiren" ve "yaratıcı ve yenilikçi" gibi bireylerin belirli davranışlarını vurgulamaktadır (Venkataraman, 2019: 119).

ÜAÇ, Elkington tarafından ortaya atılan sürdürülebilirlikle ilgili bir yapıdır. Sürdürülebilirlik tarafından yönlendirilen ÜAÇ, ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç çizgi kullanarak işletmenin performansı ve başarısını ölçmek için bir çerçeve sağlar. Özünde ÜAÇ, çevresel gündemin ekonomik ve sosyal hatları bütünleştirecek şekilde genişletilmesini ifade etmektedir. Elkington, ÜAÇ'yi tanımlarken üç çizgi olarak kâr, insan ve gezegen terimlerini kullanmıştır (Elkington, 2013: 1).

Üç çizgiye aynı anda atıfta bulunma açısından tutarlılık, ÜKZÇ'nin ÜAÇ yapısında yer almaktadır, çünkü bu yapı açıkça sosyal, çevresel ve ekonomik çizgilerin entegrasyonuna dayanmaktadır. Denge ile ilgili olarak, ÜAÇ üç çizginin her birine eşit düzeyde önem verir; bu da yapıya daha fazla denge ve tutarlılık getirir. ÜKZÇ paradigmasının ardındaki fikir, bir şirketin nihai başarısının veya sağlığının sadece geleneksel finansal sonuçlarla değil, aynı zamanda sosyal/etik ve çevresel performansıyla da ölçülebileceği ve ölçülmesi gerektiğidir. ÜKZÇ " paradigmasının ardındaki fikir, bir şirketin nihai başarısının veya sağlığının sadece geleneksel finansal sonuçlarla değil, aynı zamanda sosyal/etik ve çevresel performansıyla da ölçülebileceği ve ölçülmesi gerektiğidir (Norman ve MacDonald, 2004: 1).

Sürdürülebilir kalkınma analizi için, bir ekonominin sistem ortamı dört alt sistemden (nüfus, toplum, doğal çevre ve diğer ekonomiler, daha önce tartışılan dört boyut veya sermaye stokuna karşılık gelir) oluşacak şekilde ayarlanmıştır. Sürdürülebilirliğin alt sistemlerinden biri olan ekonomik çizgi, gelecek nesilleri desteklemek için hayatta kalma ve geleceğe hazırlanma süreçleriyle ilgilidir. Ekonomik çizgi, işletmenin büyümesini, gelişmesini ve ekonomiyi desteklemeye ne kadar iyi katkıda bulunduğunu gösterir. Başka bir deyişle, işletmenin kendisini çevreleyen sisteme sağladığı ekonomik değere odaklanır ve gelecek nesilleri destekleme kabiliyetini teşvik eder (Spangenberg, 2005: 57).

ÜAÇ ve sürdürülebilirlik, literatürde birbirinin yerine kullanılan iki ilişkili kavramdır. Öte yandan, üç çizgiye aynı anda atıfta bulunma açısından tutarlılık, ÜAÇ' nin yapısında yer

almaktadır (Alhaddi, 2015: 6). TBL 1994 yılında John Elkington tarafından iş uygulamalarında sürdürülebilir değerlerin yaygınlaştırılmasını ifade etmek için yeni bir dil arayışı amacıyla ortaya atılmış bir kavramdır. Elkington daha sonra bu kavramı "Çatallı Yamyamlar" başlıklı kitabında ayrıntılı olarak açıklamıştır: "The Triple Bottom Line of 21st Century Business" (Çatallı Yamyamlar: 21. Yüzyıl İş Dünyasının Üçlü Alt Çizgisi) başlıklı kitabında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Yazar, sürdürülebilir davranışta değer yaratan üç ana unsur olduğu sonucuna varmıştır: (i) Ekonomik refah; (ii) Çevresel kalite ve (iii) Sosyal adalettir. Bu kavram daha da geliştirilerek "insan, gezegen ve kâr" dan oluşan "3P formülasyonu" haline getirilmiştir (Elkington, 2004: 3).

Sosyal ölçütler bir topluluğun veya bölgenin sosyal boyutlarını ifade eder ve eğitim, eşitlik ve sosyal kaynaklara erişim, sağlık ve refah, yaşam kalitesi ve sosyal sermaye ölçümlerini içermektedir. Aşağıda listelenen örnekler, potansiyel değişkenlerin küçük bir parçasını oluşturmaktadır: İşsizlik oranı, kadınların işgücüne katılım oranı, medyan hane geliri, göreceli yoksulluk, lise sonrası derece veya sertifikaya sahip nüfus yüzdesi, ortalama işe gidip gelme süresi, kişi başına düşen şiddet suçları, sağlık açısından düzeltilmiş yaşam beklentisidir. Bu ölçütlerin birçoğu için veriler eyalet ve ulusal düzeyde toplanmaktadır, ancak yerel veya topluluk düzeyinde de mevcuttur. Birçoğu bir topluluğun üçlü kar-zarar çizgisi oluştururken kullanması için uygundur. Ancak, coğrafi kapsam ve projenin niteliği daraldıkça, uygun önlemler değişkenlik gösterebilir. Yerel veya topluluk temelli projeler için, üçlü kar-zarar çizgisi başarı ölçütleri en iyi bölgesel olarak belirlenir (Slaper ve Hall, 2011: 3).

Üçlü Sonuç Çizgisi (ÜŞÇ) Nedir? Ekonomide üçlü kar-zarar çizgisi, işletmelerin kar kadar sosyal ve çevresel kaygılara da odaklanmaları gerektiğini savunur. ÜAÇ teorisi, tek bir kâr-zarar çizgisi yerine üç tane olması gerektiğini öne sürer: Kâr, insanlar ve gezegen (Kenton, Boyle ve Kvilhaug, 2022);

1. Kâr; üçlü alt çizgi bağlamında kâr, bir işletmenin ne kadar para kazandığından daha fazlasını ifade edebilir. Bir işletme gelirini etik ve adil bir şekilde elde ettiğinden emin olmalıdır. Bu, hayırsever olarak uyum sağladığı iş ortaklarını ve satıcıları talep etmeyi de içerir. Ayrıca, bir işletmenin stratejisini veya finansal faaliyet planını nasıl geliştirdiğini de tanımlar. Örneğin kâr, bir işletmenin borç verenlerine, alacaklılarına ve çalışanlarına vadesi gelen ödemeleri yapma ve bu yükümlülükler için mali sorumluluk duygusuna sahip olma ile bağlantılıdır. Üçlü kar-zarar çizgisinin bazı kullanıcıları, kârın sadece bir işletmenin kârını değil, işletmenin çevresinin kârını da ifade ettiğini söyleyebilir. Bu durum özellikle işletmenin

içinde faaliyet gösterdiği topluma atıfta bulunur. Üç temel adımda açıklanabilir (Miller, 2020: 1):

1. İşletmelerin yerel, eyalet veya federal gelir vergilerinin adil payını zamanında ödediğinden emin olmak.

2. İşletmenin yerel alışveriş yaparak veya küçük işletmelerden yararlanarak kendi topluluğu içinde ekonomik zenginliği teşvik ettiğinden emin olmak.

3. Ortaklıklar, gelişmeler veya kurumsal sponsorluklar yoluyla topluma finansal olarak yatırım yapmayı taahhüt etmek.

2. İnsanlar; üçlü kar-zarar çizgisi bağlamında insanlar, bir işletme ile temas halinde olan her bireyi ifade eder. Bu ifade aşağıda belirtilmiştir ancak bunlarla sınırlı değildir (Miller, 2020);

1. Çalışanlar: Çalışanların profesyonel gelişimi teşvik eden güvenli bir ortamda adil bir ücret almalarını sağlamak anlamına gelir.

2. Satıcılar: Çeşitli tedarikçilerin kullanılmasını sağlamak ve uygun olduğunda küçük işletmelere veya azınlık sahiplerine öncelik vermek anlamına gelir.

3. Müşteriler: Müşterilerin ürünlere adil bir şekilde erişiminin sağlanması, eşitlik veya güvenlikle ilgili geri bildirimlerin de dikkate alınması anlamına gelir.

3. Gezegen; salt finansal raporlamadan en büyük sapma, çevresel etkilerin raporlanmasıyla ilgilidir. Çoğu zaman, bir işletme daha düşük maliyetli bir seçenek ya da daha çevre dostu bir alternatif arasında seçim yapmak zorunda kalır. Bir işletme daha az elverişli bir alternatif arasında da seçim yapabilir; örneğin, çevre dostu ulaşım muhtemelen uçaktan daha yavaş olabilir. Bir işletmenin gezegen üzerindeki olumlu değişikliklerini raporlamak yerine, işletme tarafından seçilen alternatiflerin etkilerini değerlendirmek genellikle çok daha kolaylık sağlayabilir. Enerji kullanımını azaltmak için dağıtım kanallarını yeniden tasarlayan bir işletmede böyle bir faaliyet alanı belirli bir miktarda sera gazı emisyonu tasarrufu olarak raporlanacaktır (Kenton, Boyle ve Kvilhaug, 2022).

1.4.2. Ekonomik Performans

İşletme büyüklüğü ile ilgili literatürlerin bir çoğu, büyük işletmelerin ekonomik performansı ve verimliliği için daha elverişli olduğunu göstermektedir. Oysa aslında bir işletme büyüdükçe kurumsal ve sosyal sorumluluklarını bilinçli bir şekilde yerine getirir. Bu tür işletmeler kurumsal çevre ve sosyal sorumluluk konusunda daha zengin bir anlayışa

sahiptir ve dolayısıyla kurumsal sosyal sorumluluklarını yerine getirmek için daha iyi kaynaklar kullanırlar. Buna ek olarak, mevcut çalışmalar işletme büyüklüğü, aktif-pasif oranı, yaş ve işletme sahibinin özsermayesi gibi faktörlerin işletme geliri ve karar alma üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir (Yang vd.,2019: 11).

Tüm TZ boyunca Yeşil Kimya (YK)'nın küresel olarak benimsenmesini ilerletmek, daha akıllı ve küresel olarak koordine edilmiş düzenlemeler, mevcut pazarların yeniden yapılandırılması, yeşil ürünler için daha fazla tüketici bilincinin ve talebinin desteklenmesi, YK eğitime ve uygulamasına yatırım yapılması ve YK uygulamasının zaman içinde çevresel performans üzerindeki küresel etkisini değerlendirmek için bir araç dahil olmak üzere daha radikal eylemler gerektirir. Önümüzdeki yıllar boyunca, imalat işletmelerinin tedarik zincirlerindeki belirsizlik, yeni küreselleşmiş ekonomide rekabet etmek zorunda olan işletmeler için daha önemli hale gelecektir. Sürdürülebilir kalkınmaya daha fazla vurgu yapılması ve işletmelerin sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesiyle birlikte, bu işletmelerin uzun vadeli tercihi, çevresel sorumlulukta aktif bir rol almak ve hükümet düzenlemelerinin baskısı altındayken rekabet gücünü korumak için yeşil harekete yatırım yapmak için aktif önlemler almaktır. Uluslararası yeşil engeller ve yeşil çevre korumasına ilişkin tüketici bilinci giderek artmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının bir işletmenin tedarik zincirinde uygulanması 1980'lerin sonundan itibaren ortaya çıkmıştır (Veleva ve Cue, 2019: 30).

Büyük işletmeler çalışan haklarının ve çıkarlarının korunmasını güçlendirmek amacıyla STZY'ni geliştirmek için işletme kaynaklarını tam olarak kullanmalı ve toplam kalite yönetimini uygulayarak işletme yönetiminin verimliliğini artırabilir. Buna ek olarak, tedarik zinciri aktörleri arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi tedarik zinciri performansını artırabilir ve firmanın sürdürülebilir performansını yükseltebilir. Çevresel ve ekonomik performans altında, STZY sürdürülebilir performans sağlamak için çalışanlara ve topluluklara odaklanır. Mefford, STZY'nin ekonomik değerini detaylandırmış ve sürdürülebilir tedarik zincirinin dar bakış açısını ortadan kaldırmıştır. Doğru uygulandığında STZY satışları artıracak, maliyetleri düşürecek, finansal riski azaltacak, kârı artıracak ve nihayetinde hissedar getirilerini artıracaktır. Yeni teknoloji işletmeye dahil edilerek enerji tüketimi, arazi kullanım oranı ve işçilik maliyetleri azaltılabilir (Wang vd., 2018: 11).

Son yıllarda sürdürülebilir inovasyon ve ekonomik performansa olan ilgi giderek artmaktadır (Aghion, vd., 2009: 2). Bu ilginin oluşmasına katkı sağlayan tarihsel öneme sahip itici güçler olduğu düşünülebilir. Bu güçler, dünya iklim değişikliği, nüfusun yaşlanması,

çölleşme, su kıtlığı, kirlilik ve kritik hammadde kıtlığı gibi önemli sayıda uzun vadeli sorunla karşı karşıyadır (Montalvo, vd., 2006: 4). Diğer bir itici güç olarak uluslararası ekonomik bağlam, rekabet oyununun kurallarının yeniden belirlendiği yeni, çok kutuplu bir döneme geçmiştir. Geleneksel olarak uluslararası rekabetçiliği yöneten politikalar hızla değişmektedir (John, 2018: 1). Tıpkı sistem inovasyonları ve inovasyon sistemleri üzerine yapılan çalışmaların firmaların inovasyon süreçlerinin daha geniş sosyo-ekonomik bağlamlarına gömülü olduğunu vurgulaması gibi, radikal ve artımsal inovasyon tipolojisi önemini korumaktadır, Bu durum, özellikle sürdürülebilir inovasyon ve ekonomik performans arasındaki bağlantı ele alındığında önem kazanmaktadır. Önde gelen ekonomiler ve küresel piyasalara yeni girenler, sadece maliyet odaklı rekabet için gerekli bilgi birikimine sahip olmakla kalmamış, aynı zamanda geleneksel ve seçilmiş yüksek teknoloji sektörlerinde de yenilikçi hale gelmişlerdir. İşletmeler ve bölgeler, inovasyon ve akıllı uzmanlaşma yoluyla uluslararası ticarete lider olmak için kendilerini farklılaştırmaya çalışmaktadır (Boons vd., 2013: 6).

Ekonomik Ölçütler; ekonomik değişkenler, sonuç çizgisi ve para akışı ile ilgilenen değişkenler olmalıdır. Gelir veya harcamalara, vergilere, iş ortamı faktörlerine, istihdama ve iş çeşitliliği faktörlerine bakılabilir. Spesifik örnekler ise şunları içerir: 1. Kişisel gelir. 2. Eksik istihdamın maliyeti. 3. Kuruluşlardaki değişim. 4. Kuruluş büyüklükleri. 5. İş büyümesi. 6. Sektörlere göre istihdam dağılımı. 7. Her sektördeki firmaların yüzdesi. 8. Gayri safi devlet hasılasına katkıda bulunan sektörler göre gelir (Slaper ve Hall, 2011: 3).

1.4.3. Çevresel Performans

Önemli kanıtlar, çevresel performansın tüm çalışanlar, ekipler ve iş birimleri için performans değerlendirme sistemine entegre edilmesi halinde iyileştirilebileceğini söylemektedir. Yöneticilerin ve üretim çalışanlarının güçlendirilmesi ve ödüllendirilmesi ile çevresel planlama ve uyum faaliyetleri geliştirilebilir. Günümüzde hızla küreselleşen toplum, Çevresel Performans (ÇP) konusunda daha fazla endişe duymakta ve bu durum işletmeleri kendi organizasyonlarında çevresel yönetim uygulamalarını benimsemeye yöneltmektedir. Çevresel bozulma, iklim değişikliği, etik, sosyal sorumluluk, ötekileştirme ve grupların güçlü seslerinin oluşması konularında çok sayıda tartışma olması nedeniyle toplumda ÇP farkındalığı artmıştır. Bu nedenle, Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi (YİKY) sürdürülebilir ÇP'a ulaşma yolunda son zamanlarda yapılan araştırmalar önemli bir konum kazanmıştır. Organizasyonlar, sürdürülebilir ÇP arayışı için YİKY'nin geliştirilmesinde İnsan Kaynakları Yönetiminin (İKY) rolünün genişletilmesini çok önemli görmektedir (Kiker vd.,2005: 95).

Epstein, ÇP'ın kirleticilerin en aza indirilmesi, kaynakların korunması, atıkların azaltılması, enerji tasarrufu, güvenli ürünlerin pazarlanması ve potansiyel risklerin raporlanması gibi çeşitli bileşenleri listelemiştir. Genel olarak ÇP, doğal çevre ile ilgili iş faaliyetleri ve organizasyon işleyişi, organizasyonun kirliliği, atıkları ve emisyonu en aza indirmek için Epstein sürdürülebilirliğini koruma ve teşvik etme şekli olarak ifade edilebilir (Epstein, 1996: 58).

Çevresel Performans Endeksi (ÇPE), 180 ülkeyi insan sağlığının korunması ve ekosistemin canlılığının sürdürülmesi olmak üzere iki hedef doğrultusunda dokuz öncelikli çevresel konuda sıralamaktadır. ÇPE'nin altında yatan amaç, çevre tartışmalarını duygusal ve retorik tartışmalardan uzaklaştırarak, performans takibini ve karar vericilerin hesap verebilirliğini kolaylaştıran daha fazla veri ve kanıta dayalı eyleme taşımaktır. Şu anda altıncı yinelemesinde olan ÇPE, türünün ilk araçları arasındadır ve SKH'de dahil olmak üzere uluslararası politikalarda ülke performansını karşılaştırmak ve izlemek için standart bir taşıyıcıdır (Hsu ve Zomer, 2014: 1).

Genel olarak, "sosyal" ve "çevre" terimleri, kavramın ölçümünde çevre boyutunu da içeren Bulut Hizmeti Sağlayıcıları (BHS) kavramında ele alınmaktadır. Ancak, gezegenimizi kurtarmaya yönelik çabaların önemi nedeniyle, çevre performansını sosyal performanstan ayırmaya ve 3P'ye odaklanan performans ölçümleri kavramını genişletmeye ihtiyaç vardır. Bunlar; kâr, insanlar ve gezegendir. (Carroll, 1979: 497). Çevresel Ölçütler (çevresel değişkenler) doğal kaynakların ölçümlerini temsil etmeli ve yaşayabilirliğine yönelik potansiyel etkileri yansıtmalıdır. Hava ve su kalitesi, enerji tüketimi, doğal kaynaklar, katı ve zehirli atıklar ve arazi kullanımı/arazi örtüsünü içerebilir. İdeal olarak, çevresel değişkenlerin her biri için uzun vadeli eğilimlerin mevcut olması, işletmelerin bir proje veya politikanın bölge üzerindeki etkilerini belirlemelerine yardımcı olacaktır. Konuyla ilgili spesifik örnekler vermek gerekirse; sülfür dioksit konsantrasyonu, azot oksit konsantrasyonu, seçilmiş öncelikli kirleticiler, aşırı besin maddeleri, elektrik tüketimi, fosil yakıt tüketimi, katı atık yönetimi, tehlikeli atık yönetimi, arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimdir (Slaper ve Hall, 2011: 3).

1.4.4. Sosyal Performans

KSS amaçlarına yönelik algı veya değerlendirme müşteri inancıyla ilişkili olduğundan, bir şirket KSS faaliyetlerinin diğer merkezli amaçlarını, ahlaki amaçlarını ve kurumsal amaçlarını oluşturmak için KSS iletişim stratejileri tasarlamalıdır. KSS ayrıca müşterilerle ilişki kalitesi ile sosyal performans olarak toplumun yaşam kalitesi arasındaki ilişkiye aracılık etmektedir. Bu nedenle, bir şirket sosyal faaliyetlerde bulunurken paydaşlarının beklentilerini

göz önünde bulundurulmalıdır. Giderek artan üst düzey yöneticiler, KSS konusunda bir strateji oluşturmanın önemini farkına varmaktadır. Yöneticiler, sosyal performansın itici güçlerini dikkatli bir şekilde belirleyerek iyi ve kötü performansların işletmenin çeşitli paydaşları üzerindeki geniş etkilerini ölçerek, işletmeler ile topluma önemli bir katkıda bulunabilirler. Sosyal performansın itici güçleri ile performansların çeşitli kurumsal paydaşlar üzerindeki etkilerinin daha dikkatli bir şekilde anlaşılması, bu bilgilerin günlük operasyonel kararlara daha iyi entegre edilmesine ve sosyal kaygıların kurum genelinde kurumsallaştırılmasına olanak tanır. Sosyal ve finansal performansı iyileştirmek üzere, kurumsal kültürle birlikte süreçleri değiştirmek için gerekli olan sistemlerin, yapıların ve önlemlerin ayrıntılarını içerir. Sürdürülebilirlik performansını iyileştirmek için tasarlanabilecek birçok plan ve program türü vardır. Yeni teknolojilere sermaye yatırımlarını, ürün ve süreçlerin yeniden tasarlanmasını, araştırma ve geliştirme (Ar-ge) harcamalarını kapsamaktadır. Ayrıca etik kaynak kullanımını, iş gücü çeşitliliğini veya işgücü uygulamaları açısından daha kontrollü davranış kurallarını, teşvik etmeye yönelik programlar da içerebilir. Proaktif veya reaktif girişimler, bir işletmenin faaliyetlerini sosyal ve çevresel performansını iyileştirmeye yönelik amaçlardır. Genellikle, ürün işlevselliği ve müşteri ihtiyaçlarının incelenmesi, müşteri memnuniyeti seviyelerinin artmasını sağlayan, radikal yeni ürün ve hizmet stratejilerine yol açmıştır(Balqiah vd., 2017: 134).

İşletmelerde sosyal sürdürülebilirlik performans konuları arasında insan hakları, adil çalışma uygulamaları, yaşam koşulları, sağlık, güvenlik, zindelik, çeşitlilik, eşitlik, iş-yaşam dengesi, güçlendirme, toplum katılımı, hayırseverlik, gönüllülük yer almaktadır. Sosyal etki veya sosyal sürdürülebilirlik, ölçülebilir olmamakla birlikte tanımlanmaları daha kolaydır (ADEC Innovations, 2022). Çevre boyutunun da dahil edildiği kavramı, KSS ve sosyal olarak sorumlu davranış ile benzer anlam taşımaktadır. KSP kavramı, KSS alt sistemlerinde yer aldığından, ampirik araştırmalarda birbirlerinin yerine kullanılmaktadır (Barnett, 2007: 796).

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 VE LOJİSTİK SÜREÇLERE ETKİLERİ

2. Endüstri 4.0'ın Lojistik Süreçlere Etkileri

Endüstri 4.0'ın kapsamı, tedarik zincirini veya daha geniş anlamda tedarik ağını kapsayarak şirketin sınırlarında büyüyebilir. Ağ bağlantılı yeni teknolojilere (örneğin sensörler, RFİT) dayanır ve şirketten yeni yetenekler (örneğin sürekli inovasyon, yaşam boyu öğrenme, güven, veri paylaşımı) gerektiren yeni prosedürler (örneğin veri analiz yazılımı, bulut, programlama) gerektirir ve hatta bu yeni iş modellerinin geliştirilmesini gerektirebilir. Genel olarak, Endüstri 4.0'ın işletmelerin tüm değer zincirine nüfuz ettiği sonucuna ulaşılabilir; değer zincirlerinin çoğu üretim temelli olarak yorumlanmaktadır ve bunların muhtemelen lojistik operasyonlarla desteklendiği söylenebilir. Endüstri 4.0'ın kapsamı, tedarik zincirini ya da daha geniş anlamda tedarik ağını kapsayarak işletmelerin sınırlarında büyüyebilir. Ağ bağlantılı yeni teknolojilere (örneğin sensörler ve RFİT) dayanır ve işletmeden yeni yetenekler (sürekli inovasyon, yaşam boyu öğrenme, güven, veri paylaşımı) gerektiren yeni prosedürlere (veri analiz yazılımı, bulut, programlama) ihtiyaç duyulabilir ve hatta bu yeni iş modellerinin geliştirilmesi düşünülebilir. Dolayısıyla Endüstri 4.0, teknoloji varlıkları ve faaliyetleri aracılığıyla, dijitalleşmenin olanaklarından faydalanarak süreçlerin şeffaflığını en üst düzeye çıkararak ve kurumsal değer zinciri ile tedarik zincirini yeni bir müşteri değeri yaratma düzeyine entegre eden bir olgudur. Bütün sektörlerde dijitalleşmenin kullanılmadığı bir alan yoktur. Lojistik hizmetler de bir istisna değildir ve dördüncü sanayi devrimi bu alanda da muazzam bir verimlilik artışı getirmiştir. Üretim hattından son kullanıma kadar lojistik her yerdedir ve artık dijitalleşme gittikçe daha yaygın hale gelmektedir (Nagy vd., 2018: 1).

Sanayi devrimleri ya da diğer bir deyişle teknolojik yeniliklerle beslenen yeni üretim süreçlerine geçişler 18. yüzyılın sonlarına kadar uzanmaktadır. Her sanayi devrimi tarihte önemli bir dönüm noktasına işaret eder, çünkü giderek insanların günlük yaşamlarının neredeyse her yönünü etkiler. Birinci Sanayi Devrimi Avrupa ve Amerika'da yaklaşık olarak 1780 tarihinde başlamıştır. Yeni üretim süreçlerine geçiş, el üretiminden ilk makineleşme çabalarını su ve buhar gücünün kullanımıyla makine aletlerinin ilk gelişimini içeriyordu. İkinci Sanayi Devrimi ise hemen hemen 1870 tarihinde gerçekleşmiş, yaklaşık kırk yıl sürmüş ve elektriğin sistematik kullanımı, telefon ve içten yanmalı motorun icadı gibi önemli

teknoloji sistemlerinin devreye girmesiyle güçlü bir şekilde karakterize edilmiştir. Bu devrim sırasında seri üretim ve montaj hattı ortaya çıkmış ve yaygınlaşmıştır. "Dijital Devrim" olarak da bilinen Üçüncü Sanayi Devrimi 1980'lerde başlamıştır ve başlıca gelişmeleri arasında mikroçipin icadı ve kişisel bilgisayarların yükselişi, bilgi ve iletişim teknolojisinin günlük iş uygulamalarına girmesi, iş süreçlerinin otomasyonu ve internetin ortaya çıkışı yer almaktadır. Bu durum bir önceki süreçteki gelişmeler üzerine inşa edilen ve SFS kavramını ortaya atarak sanal ve fiziksel dünyalar ile teknik ve fiziksel süreçleri birleştiren Dördüncü Sanayi Devrimine getirmektedir (Efthymiou ve Ponis, 2021: 1).

Nİ ortaya çıkışı, lojistik alanında teknolojik değişiklikler gerektirebilecek yeni zorlukları teşvik etmiştir: tedarik zincirlerinde yüksek şeffaflık ihtiyacı (tedarik zinciri görünürlüğü); bütünlük kontrolüdür (doğru ürünler, doğru zamanda, doğru yerde, doğru miktarda ve doğru maliyetle). Bu gelişmeler Lojistik 4.0 kavramını ortaya çıkarmaktadır (Barreto, Amaral ve Pereira, 2017: 1245).

Teknoloji, analiz yapılmasına ve önemli olanın daha az önemli olandan ayrılmasına olanak tanıyarak sonuçların çıkarılmasına yardımcı olur ve iş hedeflerinin gerçekleştirilmesi için bilginin etkin bir şekilde aktarılmasını destekler. Forrester'ın tanımına göre Büyük Veri dört boyuttan (yani 4V) oluşmaktadır (Witkowski, 2017: 767-768);

1. Hacim (veri miktarı) - McKinsey Global Institute tarafından, "Büyük Veri kavramı, büyüklüğü toplama, depolama, yönetim ve analiz için sıradan araçların kapasitesini aşan veri kümelerini ifade eder" - bu verileri yönetmek için teknolojik yeteneklerle bağlantılıdır.

2. Çeşitlilik (veri çeşitliliği) - Büyük Veri, işlem sistemleri, sosyal ağ siteleri veya internet gibi çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Bu veriler dinamik olarak değişir ve çok yapılandırılmamıştır, bu da geleneksel analiz biçimlerine uygun olmadıkları anlamına gelir (örneğin, görüntüler, videolar ve sosyal ağ sitelerindeki içerikleri içerir)

3. Hız (yeni veri ve analiz oluşturma hızı) - sürekli akan ve değişen verilerden doğru sonuçların sürekli olarak uygulanması gerektiğinden, veri analizi Büyük Veri üzerinde neredeyse gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilir.

4. Değer (değerli veri) - genel amaç, tüm bilgi yığını bizim için en önemli olana ayırmaktır - bu nedenle sonuçların gerçek koşulları yansıtması ve en uygun iş faaliyetlerine yol açması çok önemlidir (Witkowski, 2017: 768).

Endüstri 4.0'ın temel özelliklerinden birisi, yeni nesil küresel değer zinciri ağları aracılığıyla yatay entegrasyon kurabilmesidir. Bu yeni değer yaratma ağları, sorunlara ve arızalara daha hızlı yanıt vermek ve böylece küresel optimizasyonu kolaylaştırmak için entegre şeffaflık ve yüksek düzeyde esneklik sağlayan gerçek zamanlı optimize edilmiş ağlardır. Ağa bağlı üretim sistemleri gibi Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri (SFÜS) de tedarik lojistiğinden depolamaya, üretim, pazarlama ve dağıtım lojistiğinden takip sonrası hizmetlere kadar tüm ağlara ulaşmayı sağlar. Herhangi bir parça veya ürünle ilgili tüm veriler kaydedilir ve her zaman kullanılabilir, böylece sürekli izlenebilirlik sağlanır. Bu durum, örneğin tedarikten üretime ve satışa ya da tedarikçiden işletmeye ve alıcıya kadar tüm süreç zinciri boyunca şeffaflık ve esneklik yaratır. Alıcıya özgü yaklaşımın uyarlanması sadece üretimde değil, aynı zamanda geliştirme, sipariş, üretim planlama, ürün bileşimi ve dağıtımda da mümkündür. Kalite, zaman, risk, fiyat ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörlerin gerçek zamanlı olarak ve değer zincirinin tüm aşamalarında dinamik olarak yönetilmesine olanak tanır.

Endüstri 4.0'ın üçüncü temel özelliği sadece tüm değer zincirindeki mühendislik faaliyeti değil, aynı zamanda ürün ve müşteri yaşam döngülerinin mühendislik desteği ve yönetimidir. Bu mühendislik yaklaşımı, yeni ürün ve hizmetlerin tasarımı ve geliştirilmesinin yanı sıra üretimde de mevcuttur. Mühendisliğin bu özelliği, veri ve bilgilerin ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında mevcut olması ve prototiplerin ve ürün durumlarının modellenerek daha esnek verilerin formüle edilmesini sağlamasıyla karakterize edilir (Nagy, Illés ve Bányai, 2018: 2-3).

Endüstri 4.0'ın dördüncü önemli özelliği, üretim süreçlerinde kişiselleştirilmiş çözümler, esneklik ve maliyet azaltımı sağlayan hızlandırıcı veya katalizör gibi üstel teknolojilerin etkisidir. Endüstri 4.0 halihazırda otomasyon çözümlerinin son derece bilişsel ve otonom olmasını gerektirmektedir. Yapay zeka, gelişmiş robotik ve sensör teknolojisindeki potansiyel, kendine güveni artırmak ve bireyselleştirme ile esnekliği hızlandırmaktır. Yapay zeka sadece fabrikalarda ve depolarda daha fazla sürücü güdümlü araç yolu tasarlamaya değil, aynı zamanda TZY zaman ve maliyetten tasarruf etmeye, üretimde güvenilirliği artırmaya veya yeni tasarım ve tasarım çözümleri bulmaktır. Bununla birlikte insan ve makine arasındaki işbirliğini geliştirmek için büyük veri hacimlerini analiz etmeye yardımcı olur (Bechtold, Kern, Lauenstein ve Bernhofer, 2014: 33).

"Endüstri 4.0" terimi geniş anlamda akıllı dijitalleşme, ürünler ve değer zinciri süreçleri otomasyonu, ürünlerin, fabrikaların, insanların ve nesnelerin akıllı, dağıtık sistemlerde gömülü yazılımlarla birleştiği gerçek ve sanal üretim dünyalarının entegrasyonu ile ilgilidir. Dördüncü sanayi devrimi günümüzde sağlıktan sanayiye kadar çeşitli alanlarda birçok uygulama örneğini kapsamaktadır. Ancak, son zamanlardaki bu ilgiye rağmen, dijitalleşmenin lojistik sektöründe ortaya çıkışı, özellikle de dijitalleşmenin, yerleşik süreçlerini, iş modellerini ve sektör sınırlarını etkilerken aynı zamanda ekolojik bir etkiye sahip olması nedeniyle değişen ve son derece rekabetçi bir ortamda işletmeler için artan stratejik öneme sahip olmasına karşın çok az ilgi görmüştür. Birleşmiş Milletler'in kalkınma planında ortaya koyduğu yeni ticaret stratejileri, özellikle sanayi sektöründe sürdürülebilirliği dikkate almaktadır. Dördüncü sanayi devrimiyle ilgili teknolojik gelişmeler, özellikle de bu teknolojiler üretim şirketlerinde Lojistik 4.0 paradigmasına uygulandığında, sürdürülebilirliği sağlamak için en iyi yaklaşımı temsil etmektedir (El Hamdi ve Abouabdellah, 2022: 4209).

02.02.23.S

Dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0'ın endüstriyel üretimde yıkıcı değişikliklere neden olması beklenmektedir. Hızlı teknolojik ilerlemeler ve imalat işletmelerinin kendilerini yüksek işçilik maliyetlerinden bağımsız hale getirme ihtiyacı oluşmuştur. Endüstri 4.0, üretim lojistiği, iş modelleri ve ürün ve hizmetler de dahil olmak üzere endüstriyel üretimin çeşitli yönleriyle ilgilidir. Endüstri 4.0'ın uygulamaları büyük ölçüde ana hatlarıyla belirlenmiştir. Ancak Endüstri 4.0 uygulamalarının farklı üretim ortamlarına adaptasyonu net değildir. Dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0'ın endüstriyel üretimde yıkıcı değişikliklere neden olması beklenmektedir. Nİ Ni gibi hızla gelişen teknolojiler ve kavramlar etrafında inşa edilmiştir ve endüstriyel üretimde bir paradigma değişimine yol açması beklenmektedir. Norveçli üreticilerin ve yüksek işgücü maliyetlerine sahip ülkelerdeki üreticilerin rekabetçi kalabilmek için Endüstri 4.0 kavramını keşfetmeleri ve endüstriyel üretimde imalat ve lojistik için yeni çözümler açısından sunabileceği özel avantajlardan yararlanmalarını sağlamaları gerekmektedir. Endüstri 4.0 birçok farklı çalışma alanında kullanılan geniş bir terimdir ve kapsamı endüstriyel üretimin tamamını kapsamaktadır. Bu durum hem akademisyenler hem de uygulayıcılar için kavramayı zorlaştırabilir, bu nedenle onu parçalara ayırmak ve üretim lojistiği bağlamında incelemek daha anlaşılır hale getirecektir (Strandhagen, Alfnes, Strandhagen ve Vallandingham, 2017: 344).

Endüstri 4.0, sanal sistem ve nesnelere arasındaki bir kombinasyon yoluyla fizik, biyoloji, dijital teknik arasındaki tüm sınırları ortadan kaldırmıştır. Üretim, yönetim,

işletmelerin kurumsal yönetişim sisteminden, işgücü piyasasına kadar, ülkenin tüm ekonomisini etkimektedir ve bu etkiler aşağıda listelenmiştir (Khiema, 2018: 229-230);

1. Üretim sürecinin her adımı otomatik olarak sistem işleyişine bağlanır. Bu sistem otomatik makineleri ve akıllı üretim sistemini teşvik etmek için algılama teknolojisi, büyük veri analizi, bulut bilişim ve nesneleri birbirine bağlayan internetin birleştirilmesi yoluyla sunulmaktadır. 3D baskı teknolojisi, tamamlanmış ürünün imalatını destekler, üretim maliyetini düşürmeye yardımcı olur.

2. Yeni teknolojiler her ekonomiyi etkileyerek çalışanların iş hayatındaki rolünü olumsuz etkileyebilir. Yeni teknoloji, internet güvenliğinin tehlikeye girmesine neden olabilir ve tüm dünyayı doğrudan etkileyebilir. Ülkeler teknolojiyi kapsamlı bir şekilde yönetmeye odaklanmak zorunda kalabilir. Endüstri 4.0, yüksek uyum yeteneğine sahip insanlar için bir şans yaratacaktır.

3. Endüstri 4.0 düşük seviyeli işgücü için dezavantajlar yaratarak zenginlik ve fakirlik arasındaki uçurumu genişletecektir. Ancak, toplumsal liderler, sosyal ve ticari kuruluşlar eski düşünce ve yöntemlerini uygulamaktan vazgeçtikleri takdirde sosyo-ekonomik bir denge sağlanacaktır. Bu durum aynı zamanda siyasi karar, strateji, iş modelinden insan kaynağı yetiştirmeye veya araştırma ve geliştirme ile yatırım kararına kadar geleneksel yöntemlerle çözümlenmesiyle benzer özellikler taşır. Endüstri 4.0'da yetenek ve bilgi, üretim sürecinin en önemli faktörleri olacaktır. Bu da piyasadaki işgücünün seviyelere ayrılmasını sağlamaktadır.

4. Endüstri 4.0, insanların siyasi görüşlerini sunarak ulusun yönetimine katılma hakkını artıracaktır. Böylece hükümet, halkı kontrol etmede yeni teknoloji tarafından desteklenmiş olsa da, politikayı planlamak ve uygulamak için hala değişim baskısıyla başa çıkmak zorundadır. Bu nedenle toplum giderek daha açık, şeffaf ve demokratik hale gelmektedir.

Birçok lojistik kavramı vardır, her kuruluşun lojistik hakkında bir görüşü vardır. Ancak en popüler olanı Uluslararası Lojistik İdaresi Komitesi tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır: "Lojistik, müşterinin gereksinimlerini karşılamak için hammadde koruma aşamasından, bitmiş ürün tamamlama aşamasına kadar, yükün dolaşımı ve rezerve edilmesi sürecini kontrol etmek için sermaye akışını etkin bir şekilde planlama, uygulama ve yönetme sürecidir". Dolayısıyla lojistik, üretimden tüketime kadar yakın bir bağ içinde birbiriyle ilişkili ve etkileşimli sürekli faaliyetler zinciri olarak düşünülebilir. Günümüz teknolojisi, akıllı depo yönetim sistemi, konteyner kullanımında teknolojinin uygulanması, insansız taşıma sistemi ile lojistikteki adımların ilişkilendirilmesi sürekli faaliyetler zinciri içerisinde

yer alır. Ancak bu unsurlar kesintisiz olarak değil, ayrı ayrı gelişmektedir. Bu nedenle, endüstri 4.0 geliştiğinde, lojistiğin tüm aşamalarını birbirine bağlar ve tüm tedarik zincirini otomatikleştirir. Dolayısıyla endüstri 4.0, lojistiğin üretimden tüketime kadar devam eden faaliyetler zincirini kesinlikle etkilemektedir. Endüstri 4.0, aynı zamanda lojistiği etkileyen yeni bir dalga olarak kabul edilmektedir ve gelecekte birçok önemli nokta yaratacaktır (Khiema, 2018: 231);

1. Akıllı lojistik Otomatik bilgisayar sistemi tüm çalışma sürecini kontrol eder. Bilgisayar sistemi aynı zamanda bağımsız olarak çalışır, tüm süreçleri bağımsız olarak yönetebilir. Modern web teknolojisi ile, ilgili kişiler arasında doğrudan etkileşime izin verdiği için, kargo depolama, dağıtım ve nakliye hizmetlerinde farklılıklar olacaktır. BT kullanarak hizmet yönetimi ve internet üzerinden hizmet sunumu yeni iş modelleri, yeni dağıtım kanalları yaratacak ve mevcut lojistik tasarımında değişim sağlayacaktır.

2. Akıllı fabrika,yeni teknoloji, bağımsız modül bileşenleri ve bunların bilgi sistemi desteği altında birbirleriyle iletişim kurabilmeleri gibi olağanüstü özelliklere sahip akıllı fabrikalar yaratmaktadır. Daha sonra çalışanlar üretim sürecini destekleme ve yürütme de aktif görev alırlar. Akıllı fabrikanın işleyişi tedarikçiler, üretim süreci ve müşteriler olmak üzere 3 aşamada gösterilmektedir. Tedarikçiler akıllı tedarik ağının şeffaflığını gerektirirken, fabrika müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için üretim yapmalıdır. Üretim süreci ise bulutta veri depolama ve işleme ile akıllı kararları uygulayan ve iyi bir ağ güvenliği sağlayan otomatik bir üretim sistemi gibi birçok faktör gerektirmektedir.

2.1.1. Lojistik Süreçlerde Nesnelerin İnterneti

Lojistikteki devrimle birlikte, maliyet ve faydaların hesaplanmasına yönelik yeni bir yöntem yaygın bir şekilde benimsendi - başlangıçta büyük şirketler tarafından ve nihayetinde neredeyse geri kalan herkes tarafından. Bu tür bir hesaplama, nasıl ve nerede iş yapılacağına dair yeni bir mantık sunmuştur.Lojistik, ülkelerin ve işletmelerin, rekabet gücünü harekete geçirir ve ekonomik büyümede hayati bir rol oynamaktadır. Ancak mevcut lojistik sektörünün hala yüksek maliyetler ve düşük verimlilikle karşı karşıyadır. Akıllı lojistiğin gelişimi bu sorunları çözmek için fırsatlar sunmaktadır. Modern bilgi ve iletişim teknolojisinin (MBİT) önemli unsurlarından biri olan Ni, veri yaratabilir ve çeşitli matematiksel analiz teknolojilerinin yardımıyla bu verilerin temsil ettiği işlemler arasındaki karmaşık ilişkileri keşfedebilir. Bu özellikler akıllı lojistiğin gelişimini desteklemeye yardımcı olur. Özellikle kablosuz iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte Nİ, modern kablosuz

telekomünikasyon senaryolarında hızla yer edinmektedir. Nİ'nin tanımı, makineden makineye (M2M) bağlantı ve uygulamalara odaklanan orijinal odağından, verilerin "her yerde toplanmasına" doğru sürekli olarak gelişmektedir (Cowen, 2014: 23). Nİ ve Büyük Veri'nin gelişmesinin sonucu Endüstri 4.0 kavramıdır. İş süreçlerinin bilgisayarlaştırılmasına ve üretimi destekleyen bilgi teknolojilerine dayanan üçüncü sanayi devrimi, akıllı ürünler, 3D yazıcılar veya otonom araçların hakim olmaya başladığı dördüncü bir dalgaya geçmiştir. Şüphesiz ki Nİ, lojistik operasyon modunu ve lojistik sisteminin mimarisini büyük ölçüde değiştirecek olan akıllı lojistiğin uygulanmasında kilit bir rol oynayacaktır. Bununla birlikte, Nİ tabanlı akıllı lojistiği gerçeğe dönüştürme sürecinde uygulanabilir senaryolar, mevcut zorluklar ve gelecekteki yönelimleri gibi dikkate alınması gereken birçok konu vardır (Witkowski, 2017: 768).

Ni, gömülü cihazlar, sensör ağları, iletişim protokolleri vb. temel teknolojilerin geleneksel bir sistemden akıllı bir sisteme dönüşmesini ve birbirleriyle bilgi paylaşarak birbirlerini görme, duyma, düşünme ve konuşma imkânı sağlamaktadır (Aktaş vd., 2016: 37). Ni, fiziksel unsurların İnternet özellikli cihazlara ve sistemlere bağlanmasını sağlar. Ni ile lojistik süreçler ve uygulamalar tamamen akıllı bir ortama taşınmıştır. Bunun sonucunda bilgi ve iletişim alışverişleri, akıllı aramalar, kimlik, konum, izleme, takip ve yönetim uygulamaları her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Ni, ürünler, depo ve mağaza gibi yerler ile işletmeler arasında daha fazla bağlantı kurmuştur. Böylece depolama ve yük taşımacılığı gibi tedarik zinciri noktalarında internet ve ağ bağlantısı ile önemli bir potansiyel sağlanabilmektedir (Bayuk ve Öz, 2017: 41).

Ni teknolojisi, çeşitli endüstrilerin gelişimini desteklemede önemli bir rol oynamıştır. akıllı lojistik, temsili uygulamalardan biridir (Yu ve Bai, 2013: 3201). Ni lojistik uygulamalarının yaygınlaşması, akıllı nesnelere birbirlerine ve kurumsal dünyaya Bilgi Teknoloji sistemlerine bağlayacak yeni nesil 'aracıların' bulunmasını gerektirmektedir. Bu tür araçların, çevrelerindeki Ni nesnelere zeka ve iletişim yetenekleri açısından çeşitliliğiyle başa çıkabilmeleri gerekir. Daha spesifik olarak, araçlar güven hesaplama mekanizmalarını ve yayınla-abone ol mimarilerini kullanmalıdır (Karakostas ve Bessis, 2016: 1). Ni, tarımsal ürünlerin soğuk zincir lojistiğine dahil edilmiş ve Nesnelere İnternetine dayalı bir lojistik dağıtım sistemi ortaya konmuştur. Sistem RFİT, Küresel Konumlama Sistemi (KKS), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve diğer teknolojileri uygulamakta ve nihayetinde tüm dağıtım sürecinde tarım ürünlerinin gerçek zamanlı denetimini gerçekleştirmektedir (Wei ve Lv, 2019: 5).

Gelişmekte olan Nesnelerin Lojistik İnterneti (NLI) bağlamı son on yılda uygulayıcıların ve akademisyenlerin büyük ilgisini çekmiştir. Bu artan ilginin kanıtı, dünya çapında bilimsel dergilerde ve konferanslarda yayınlanan çalışmaların sayısının artmasıdır. İnternetin kapsama alanı arttıkça, internete bağlı fiziksel nesnelerin sayısı da artmaktadır. Bu nedenle Nİ yaşam tarzından Makineler Arası (M2M) iletişim, bağlama duyarlı bilgi işlem ve RFİT gibi gelişmekte olan teknolojilere kadar önemli değişikliklere yol açtığı için özellikle son yıllarda büyük ilgi görmüştür. Bu teknolojiler, giyilebilir cihazlar, akıllı ev aletleri, akıllı araçlar ve dronlar gibi nesnelerin ve endüstriyel otomasyon ve lojistik için akıllı uygulamaların açık, büyük, kendi kendini yapılandıran ve dinamik bir internet tabanlı ağ üzerinde tanımlanmasını, uyarlanmasını, yerleştirilmesini ve izlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum fiziksel dünyayı insan müdahalesi olmadan doğrudan bilgisayar tabanlı sistemlere ve ağlara entegre ederek üretkenliği, doğruluğu ve ekonomik karlılığı artırır. Bu nedenle Ni uygulamaları akıllı şebeke, akıllı ev ve bina, akıllı şehir, enerji ve çevre, trafik ve ulaşım, sağlık, iş ve endüstri, kütüphaneler, tarım, Tedarik Zinciri (TZ), genel yönetim ve akışkan ulaşım sistemleri gibi alanlarda büyük ilgi görmüştür (Golpîra, Khan ve Safaeipour, 2021: 100).

Ni, nesnelerin işaretlenmesini, tanımlanmasını, iletişimini ve akıllı yönetimini sağlayan en çağdaş bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanmaktadır. Bu kapsamda nesnelere, tanımlama, iletişim ve etkileşim imkanına sahip akıllı nesnelere haline gelmektedir (Radivojević, Bjelić ve Popović, 2017: s. 185).

Ni, günlük hayatımızı önemli ölçüde etkileyecek iş yapma ve yönetim açısından büyük etkiler sağlayabilir benzersiz bir teknolojidir. Bu etkinin daha belirgin hale geldiği sektörlerden biri de lojistikdir. Ni, lojistik karar alma süreçlerinin yanı sıra malların depolanma, izlenme, taşınma ve müşteriye teslim edilme biçimlerini de dönüştürme potansiyeline sahiptir. Ayrıca Nİ, keşfedilmesi gereken sayısız yeni fırsat ve iş modeli yaratmaktadır (Fernandez, 2017).

Lojistikte Nİ, filo yönetimi hizmetleri sağlamanın yanı sıra malların depolanmasını ve stok seviyelerinin yönetimini de kolaylaştırır. Bir lojistik ekosisteminde, bir işletmenin çeşitli operasyonlarında net bir şeffaflığa sahip olmasını sağlar ve kesintisiz envanter organizasyonunu da destekler (Biz4intellia, 2022).

Nİ, nesnelerin işaretlenmesini, tanımlanmasını, iletişimini ve akıllı yönetimini sağlayan en modern BİT'e dayanmaktadır. Bu kapsamda nesnelere, tanımlama, iletişim ve etkileşim yeteneğine sahip akıllı nesnelere haline gelmektedir. Nİ'nin hayata geçirilmesi, iş modellerinin

nesnelerin mevcut durumu hakkındaki bilgilere dayanarak süreçleri ve faaliyetleri gerçek zamanlı olarak yönetebileceği sanal bir gerçeklik modelinin oluşturulmasını sağlar. Lojistikte farklı nesnelere uygulanan tanımlama teknolojileri akıllı konteynerlerin, paletlerin, ambalajların, paketlemelerin, araçların, rafların, forkliftlerin, altyapının, limanların, terminallerin vb. var olmasına yol açmıştır. Lojistik sistemlerde, tüm katılımcıların ve nesnelerin küresel bağlantısına yol açan ilk Nİ çözümlerini temsil eden İnternet üzerinden çeşitli bağlantı modelleri mevcuttur (Radivojević, Bjelić ve Popović, 2017: s. 186). **1.02.23.S**

Ni, kablosuz iletişim, mikro-elektronik sistemler ve internet de dahil olmak üzere çeşitli teknolojilerin entegrasyonu sayesinde gerçeğe dönüşmüştür. Dünyayı yeni bir düzeye doğru taşıdığı düşünülebilir. Bununla birlikte araba kullanma sürecinden, alışveriş yapma şekline, elektrik faturası ve ev ekonomisine kadar insan hayatının tüm alanlarını etkilemektedir. Fiziksel nesnelere yerleştirilen akıllı sensörler ve çipler, binlerce gigabaytlık verinin kendi aralarında sürekli olarak değişim sağlamasına yol açmaktadır. (Egorova, Egorova, Bakhtizin ve Torzhevskiy, 2011: 55).

Ni'nin lojistikte uygulanması hızlı ve etkili bir sonuç vermektedir. Bu teknolojiyi kullanarak tüm değer zinciri boyunca varlıkların ve insanların durumunu gerçek zamanlı olarak takip etmek mümkündür. El işçiliğini ortadan kaldırmak, kaliteyi ve öngörülebilirliği artırmak ve işletme maliyetlerini düşürmek için iş süreçlerini otomatik hale getirme fırsatı vardır. Ayrıca Ni bir bilgisayar ağına bağlı insanların ve cihazların ortak çalışmasını optimize etmenin yanı sıra izleme sağlar ve süreci doğru yönde hareket ettirir (Demidenko, Malevskaia-Malevich ve Dubolazova, 2018: 6308).

Nİ'nin potansiyeli çok fazladır ve özellikle lojistik alanında çok etkilidir, ancak bunun sadece ciddi yatırımlar değil, aynı zamanda düşünce tarzında da değişiklikler gerektiren bir teknoloji olduğu önemlidir. Dolayısıyla, Ni, cihaz bileşenlerinin (sensörler, aktüatörler ve yarı iletken cihazlar) fiyatını en aza indirerek, kablosuz ağların hızını artırarak ve veri alma yeteneğini genişleterek yeni iş avantajları yarattığı için önümüzdeki yıllarda lojistikte büyük bir devrimi garanti etmektedir. (Ivankova, Mochalina ve Goncharova, 2020: 6).

2.1.2. Lojistik Süreçlerde 3D Yazıcılar

3D baskı, üretim israfını azaltma, daha düşük ağırlıkla yüksek kalite, özelleştirme, hava kirliliğini etkileme veya bireysel siparişlere göre ayarlama gibi birçok fayda sunmaktadır. Bununla birlikte, 3D baskı yalnızca yeni bir mal üretme biçimi değil, aynı zamanda üretim süreçlerinin ele alınmasında da önemli bir değişikliktir. Bu anlamda 3D baskı, gerekli

kaynakları yalnızca yazıcı, hammadde ve dijital ürünle sınırlandırdığı için lojistik ve tedarik zinciri operasyonları üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir 3D Yazıcı (3DY), rekabet avantajı ve daha iyi lojistik hizmeti elde etme yolunda potansiyel gelişimin önemli bir gücüdür. 3DY'nin iş dünyasında uygulanması, tedarik zincirlerinin ve operasyonların işlevselliğini yeni bir etkinlik seviyesine yükseltme şansına sahiptir. 3D baskı, üretime başlamadan önce bile ürün planlama operasyonlarını geliştirebilir. 3DY'ler tarafından basılan prototipler, düzeltilebilecek hataları gösterebilir, maliyetler açısından etkinliği artırabilir (Wieczorek, A. (2017: 444). Bu tür faydalar müşteri hizmetlerinin kalite seviyesini yükseltebilir. Bir başka gerçek de üretimin kendi kendine yeterliliği ile ilgilidir. Çok sayıda makine ve cihaza sahip olan işletmelerde her kaza büyük maliyetlere yol açmakta, üretim süresini ve malların müşteriye ulaştırılması sürecini uzatmaktadır. 3DY, makineler ve diğer cihazlar için yedek parça kaynağı olarak da kullanılabilir. Makine parkının servisiyle bağlantılı süreçler lojistik hizmetlerinin gerçekten önemli bir unsurdur. 3DY'ler kullanılarak, üretim tesislerine "yerinde" doğru kaynakları tedarik etmek ve teslim süresini uzatmadan teslimat maliyetlerini düşürmek mümkündür. Bir sonraki husus, bileşenlerin veya nihai ürünlerin doğrudan üretimiyle bağlantılıdır. 3DY'ler sadece ana operasyonları değil aynı zamanda lojistik operasyonları da değiştirmektedir. Modern teknolojiler ve yeni üretim biçimleri sadece müşteri için değil işletme için de ek değeri artırabilir. 3DY'lerden oluşan değer zincirleri, girişimcilere üretim biçimleri, ürün yelpazesi ve nerede üretileceği konusunda hem işletme hem de müşteriler için faydaları en üst düzeye çıkaracak şekilde birçok fırsat sunmaktadır (Kubáč ve Kodym, 2017: 1). ct0502

3D Baskı, ilaç endüstrisi ve tıbbi cihaz üretiminden yedek parça ve uçak parçaları üretimine kadar çeşitli alanlarda uygulanmaya başlanan üç boyutlu nesnelere yaratmaya yönelik çağdaş bir teknolojidir. 3D baskı, lojistik süreçleri ve hizmetleri önemli ölçüde etkileyecektir: bölgesel lojistik ağları daha karmaşık hale gelecek, yeni tedarik zinciri stratejileri geliştirilecek; şirketler yedek parça tedariki alanında yeni lojistik hizmetler sunabilecek; lojistik sağlayıcılar dijital model tabanına sahip küresel bir 3D platform tanımlayabilecek; kullanıcıların gereksinimlerine uygun olarak ürün ve hizmetlerin kişiselleştirilmesi, en yakın dağıtım merkezinde 3D baskı ile gerçekleştirilecektir. 3D baskı, kullanıcının talebi üzerine malların teslim edilmesine, teslimatta artışa ve stok maliyetlerinde düşüşe olanak sağlamaktadır (Kückelhaus ve Chung, 2018). 1.02.23.S

3D baskı, tek parça halinde bağımsız sofistike yapılar üretebilen veya yenisinden üretebilen baskı teknolojilerinin bir evrimidir. 3D Baskı, Katmanlı katman üretim

süreçlerinden biridir (Prabhu, 2016: 29). 3D baskı bir üretim sürecidir. 3D baskı, eklemeli imalat olarak bilinen teknikler arasında yer alır ve piyasada eklemeli imalat ile eş anlamlı olarak kullanılır, hatta yaygın olarak 3D baskı yerine kullanılır. Dijital model, besleme malzemesi ve 3DY olmak üzere üç unsur bir araya geldiğinde, ihtiyaç duyulan ürün 3D baskı ile istenilen zamanda ve istenilen yerde üretilebilmektedir. Bu teknik, geleneksel üretimin parçaları ayrı ayrı üretme ve daha sonra birleştirme prensiplerini değiştirmiştir. Başka bir deyişle, geleneksel iş yapma biçimi yeni bir tarza dönüşmüş olacaktır. 3D baskı, iş dünyasında yıkıcı ve büyüyen bir trenddir (Bayraktar, 2022: 63).

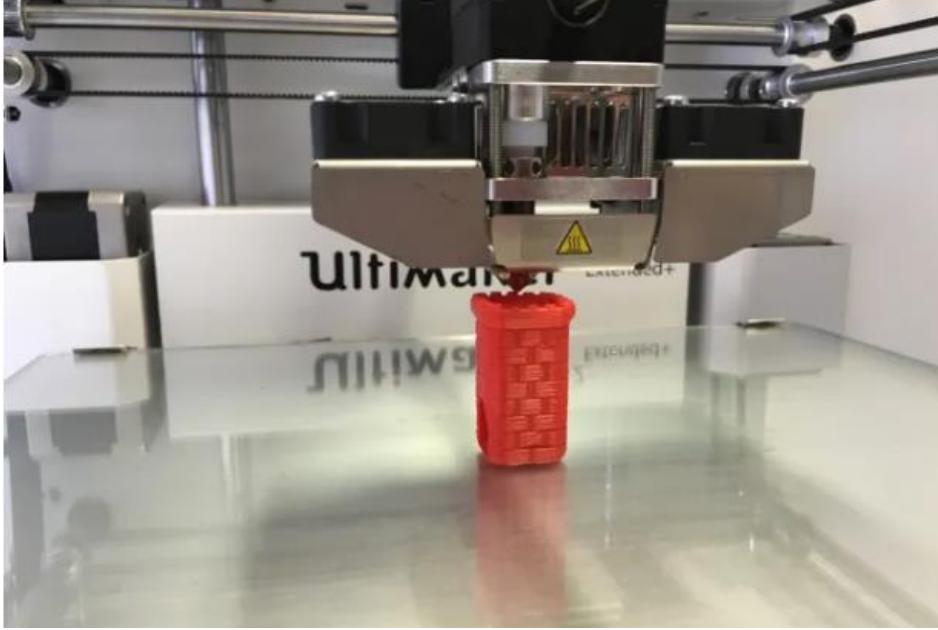
3D baskı teknolojisi, lojistik sektörünü ve küresel tedarik zincirini etkileyen en önemli yeniliklerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Bazıları teknolojinin sadece üretim sürecinin bazı yönlerini geliştirdiğini iddia ederken, diğerleri teknolojinin devrim yaratacağını ve mevcut üretim teknolojilerinin yerini alacağını savunuyor. İster devrimsel ister evrimsel olsun, 3D baskı teknolojisi tedarik zincirlerini önemli ölçüde etkileyecek önemli bir trend olarak kabul edilmektedir (Kubáč ve Kodym, 2017: 1).

"3D baskı" terimi 1980'lere kadar uzanan çok derin bir geçmişe sahiptir. 3D baskı, "üç boyutlu) katı nesnelerin oluşturulduğu üretim süreci" olarak tanımlanabilir. Bir 3D nesne oluşturmak için katmanların sırayla düzenlendiği bir dizi eklemeli veya tabakalı destek yapısı kullanarak nesnelerin fiziksel 3D modellerinin oluşturulmasına olanak tanır (Kloski & Kloski, 2017: s. 216) ".

Dijital lojistik ekosistemi dört temel etkinleştiriciye dayanmaktadır: teknoloji, süreç, organizasyon ve bilgidir (Stuermer, Abu-Tayeh ve Myrach, 2017: s. 247). Teknoloji ve uygulamaların işletmeler ve iş süreçleri arasında iyi bir bilgi yönetimiyle bütünleştirilmesi, dijital lojistik stratejilerinin başarısı için kritik öneme sahiptir. Lojistikte dijitalleşme altı özelliğe dayanmaktadır: iş birliği, bağlanabilirlik, uyarlanabilirlik, entegrasyon, otonom kontrol ve bilişsel gelişim. Mobil, bulut, sensörler, artırılmış gerçeklik, 3D baskı, veri analitiği, Nİ ve diğerleri gibi çok çeşitli dijital teknolojilerin lojistik süreçlerinde tam olarak uygulanmasıyla birlikte; entegre planlama ve yürütme sistemleri, lojistik görünürlük, otonom lojistik, akıllı tedarik ve depolama, yedek parça yönetimi ve gelişmiş analitik sağlanmış olur. (Wang, Wan, Li ve Zhang, 2016: s. 1).

Tüm tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı, tam şeffaflık, nakliye zincirleri ve lojistik merkezi için görünürlük ve verimlilik, büyük veri analitiği yoluyla yüksek optimizasyon potansiyeli, bulut bilişim yoluyla cihaz ve konumdan bağımsız bilgi toplama, merkezi olmayan, otonom karar verme yoluyla düşük yönetim karmaşıklığı, yatay ve dikey işbirliğini

sağlamak için açık akıllı kullanıcı arayüzü, yazılım tasarımı, insan-makine etkileşimi yoluyla daha iyi otomasyon, karmaşık süreçlerdeki arızaları azaltma ve artırılmış gerçeklik çözümleri (ör. giyilebilir bilgisayarlar). Ayrıca bu dijital teknolojiler, şirketlerin tedarik zincirindeki aksaklıklara zamanında tepki vermesine ve lojistik süreçlerindeki değişiklikleri uyarlamasına ve hatta sistemi “Varsayım Senaryo Analizi” ile modelleyerek olası riskleri öngörmesine olanak sağlamaktadır (Kayıkci, 2018: 784).



Şekil 1. 3D Yazıcıların Lojistik Sektörüne Etkileri

Kaynak: (Özdemir, 2020).

Şekil 1’de görülen 3D yazıcılarla seri üretime geçilmeleri neticesinde, işletmelerdeki çalışan sayısındaki bir azalmaya gidilmekte ve ucuz iş gücü arayışı bırakılara seri üretime geçilmektedir. Son yıllarda lojistik alanındaki işletmeler 3D baskı süreçlerine çok önem vermekte ve 3D yazıcıların faaliyetlerde yoğun olarak kullanılmasıyla birlikte işletmeler piyasa rekabetinde daha başarılı olmaktadır. (paragraf yeniden oluşturuldu)

İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarı’nda ana hatları çizilen Endüstri 4.0 ile birlikte iş-yaşam dengesi büyük bir dönüşüm geçirdi. 4. Sanayi Devrimi ile birlikte yapay zeka, bulut bilişim, 3D yazıcılar ve Nİ gibi yeni teknolojiler iş dünyasında daha fazla ön plana çıkmaya başladı. Lojistik endüstri 4.0 ile başlayan süreçten etkilenen sektörlerden biri. Bu nedenle Lojistik 4.0 olarak adlandırılan bir kavram ortaya çıkmıştır. Lojistik 4.0 kavramı, otomasyonun verimliliğin artmasına ve maliyetlerin düşmesine yol açtığı bir süreci ifade etmektedir. Endüstri 4.0 ile başlayan yeni sürecin lojistiğe getireceği yenilikler hakkında

öngörülerde bulunmaktadır. Bu tahminlerde Lojistik 4.0'ın getirdiği teknolojik uygulamalara ilişkin bilgiler yer almaktadır. (Öztuna, 2022: 9).

Lojistik faaliyetleri giderek artan bir şekilde uzmanlaşmış 3PL'lere devredilmektedir. Ancak son yıllarda, 3PL'ler yeni yıkıcı iş modelleri ve dijital teknolojiler tarafından giderek daha fazla zorlanmaktadır. Örneğin, platformlar lojistik hizmetleri alanını kesen uygun maliyetli, gerçek zamanlı, talep üzerine taşımacılık düzenlemelerini mümkün kılmaktadır. Eskiden 3PL'lerin ortağı olan Amazon gibi e-ticaret sağlayıcıları, kendi çevrimiçi tabanlı lojistik çözümlerini oluşturmaya başladı. Benzer şekilde, araç üreticileri de geleneksel iş kollarının dışına çıkmaya ve eskiden 3PL'lerin alanı olan dijital filo yönetimi ve mobilite hizmetlerini kendi bünyelerinde sunmaya başladılar. Seyahat ve perakende gibi diğer sektörlerden edinilen deneyimler, dijital yıkımların çok kısa bir süre içinde tüm pazarları değiştirebileceğini göstermektedir. Bu değişimler sırasında, onlarca yıldır hüküm süren iş modellerinin yerini yenileri almaktadır (Bolumole, 2001: 87).

Bu durum lojistik hizmetlerinin doğrudan ve dolaylı olarak ikame edilmesine yol açabilir. Dolaylı ikame, lojistiği gereksiz kılma potansiyeline sahip lojistikle ilgili olmayan yeni teknolojilerden kaynaklanmaktadır. Örneğin, 3D baskı alternatif olarak eklemeli üretim lojistikle neredeyse hiçbir ortak noktaya sahip değildir, ancak gerekli ürünleri talep üzerine ve doğrudan yerinde imal edilmesi sevkiyatları ikame eder. 3D baskının teknik açıdan daha da geliştirilmesi, giderek artan sayıda ürünü yazdırılabilir hale getirme ve böylece geleneksel lojistiğe olan ihtiyacı azaltma potansiyeline sahiptir (Rogers, Baricz ve Pawar, 2016: 886).

3D baskı, inşaat planları veya üç boyutlu taramalar gibi veri dosyalarından üç boyutlu nesnelerin üretilmesini sağlayan bir teknolojidir. 3D baskının artan kullanımına diğer bir örnek, 3D baskı kullanarak uçak türbinleri için yeni yakıt nozulları üretmeye başlayan General Electric şirkettir. Ayrıca 3D baskı yalnızca plan biçiminde veri gerektirdiğinden, nozulların üretildiği Hindistan'a hiçbir tedarik parçasının gönderilmesi gerekmemektedir (Hofmann ve Osterwalder, 2017: 16).

3D baskı gibi teknolojiler lojistik hizmetlerini tamamen gereksiz hale getirme potansiyeline sahiptir. Sonuç olarak, 3D'nin tüm değer zinciri adımları ve faaliyetleri potansiyel olarak bu teknolojiler tarafından ikame edilebilir. (Hofmann ve Osterwalder, 2017: 17).

2.1.3. Lojistik Süreçlerde Siber Fiziksel Sistemler

SFS gömülü sistemlerin yerine tercih edilecek bir alternatif olarak görülmektedir. Bu sistemler, bilgi işlem ve iletişim teknolojilerinin yanı sıra akıllı planlama ve kontrol yöntemlerini de içermektedir. Özellikle, Satış Başına Ödemeler (SBÖ) bilgi işlem ve iletişimin siber yönlerini gerçek dünyada faaliyet gösteren fiziksel sistemlerin dinamikleri ve fiziği ile birleştirir. İletişim ağlarındaki bağlantılı SBÖ'ler, fiziksel ve siber dünya arasındaki etkileşimin sınırlarını aşarak yeni bir seviyeye taşımaktadır. Koşullara bağlı lojistik operasyonlar, stok yönetimi ve taşıma süreçleri de dahil olmak üzere üretim ve nakliyeyi gerçekleştiren Sosyo-Siber-Fiziksel Sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İçeriğe bağlı değişkenler, operasyonların planlandığı ve yürütüldüğü kültürel, idari (veya kurumsal), coğrafi ve ekonomik (altyapı) ortamı tanımlar (Rajkumar, 2012: 1309). Bu değişkenlerle ilgili yeni bilgi ve kabiliyetlerin etkin bir şekilde entegre edilmesiyle rekabet avantajı yaratılabilir. Sosyo-Siber-Fiziksel Sistemlerin lojistik operasyonları için bu daha da önemlidir çünkü bu operasyonlar büyük ölçüde çevreleriyle karmaşık ve dinamik etkileşimlere dayanır. Sonuç olarak bu operasyonlar birbirleri ile ilişkilerine bağlı olarak farklı ekipman, altyapı ve insan gücü içerebilir. SBS, küresel üretim ağlarında üretim ve taşıma süreçlerinin tasarımı için (lojistik) bir sonraki dönüşüm olarak kabul edilmektedir. Temel kavram, ağlarda işbirliği yapan dağıtık ve otonom süreçlerin genel performansını artırmayı amaçlamaktadır. Küresel üretim ağlarının etkin yönetimi, dağıtık insan karar verme süreçlerinin uyumlaştırılmasını gerektirir. Burada, bağlama bağlı davranışsal unsurlar karar süreçlerini ve sonuçlarını etkilemektedir (Frazzon vd., 2013: 49,54).

SFS, gömülü sistemlerin belirlenmiş haleleridir (Kim ve Kumar, 2012: 1287). SFS'nin uygulanması, bağlanabilirlik ve etkileşimin faydalarını bir araya getirmektedir. Bu bağlamda ilgili bilgilerin belirlenmesinin yanı sıra temel performans Göstergelerinin (TMG) uygun gösterge tabloları aracılığıyla görsel yollarla iletilmesini sağlar (Scholze ve Barata, 2016: 107). SFS'ler, üretim ve lojistik ortamını otonom olarak kontrol ve organize ederek lojistik hizmetlerin verimliliğinin artırılmasını desteklemektedir. Bireysel üretim süreçlerinin karmaşıklığı nedeniyle, mevcut üretim ortamlarına dayalı uygun siber- SFS'ler tasarlamak işletmeler için bir zorluktur (Schuh, vd., 2017: 149).

Bilgisayar bilimleri, BİT'lerin gelişimindeki en önemli ilerlemelerden biri SFS'ler tarafından temsil edilmektedir. Bu sistemler, çevreleyen fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bir bağlantı içinde olan, aynı zamanda internette mevcut olan veri erişim

ve veri işleme hizmetlerini sağlayan ve kullanan, iş birliği yapan hesaplama varlıklarından oluşan sistemlerdir. Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri (SFÜS), bir yandan bilgisayar bilimi, bilgi ve iletişim teknolojileri, diğer yandan da üretim bilimi ve teknolojisindeki en son ve öngörülebilir gelişmelere dayanarak, sıklıkla endüstri 4.0 olarak anılan 4. sanayi devrimine yol açabilir. Üretimde daha yüksek bir iş değerinin gerçekleştirilmesi, operasyonel performans, çalışma süresi ve sürdürülebilirlik açısından optimize edilmiş iç lojistik sistemleri gerektirmektedir (Monostori, vd., 2016: 621).

Üretim ağlarının performansı etkileşimlere dayanır. Dijitalleşme, ortakların özelliklerinin ve davranışlarının kanıta dayalı bir şekilde anlaşılmasını destekler, böylece doğru karar verme gerçekleşir. Aslında, bağlam belirsizliği ve esnek problem çözme, SFS'lere insan katılımını gerektirir. Bu nedenle, esneklik ve sağlamlığın yanı sıra sistem verimliliğini gerçekleştirmek için, üretim ağlarının planlanması ve kontrolünde insani yönlerin ve sınırlamaların uygun şekilde dikkate alınması gerekir (Frazzon, vd., 2020: 288).

Dağıtılmış üretim sistemleri ölçek ve kapsam ekonomilerini destekleyerek rekabet gücünün artmasını sağlar. Üretim ağlarının performansı, tedarikçiler ve müşteriler arasındaki etkileşimlerin yanı sıra nakliye ve lojistik operasyonlarına da bağlıdır. Endüstri 4.0 teknolojileri, sistem durumunun karakterizasyonu için verileri kullanılabilir hale getirir ve bu da operasyonlar arasında bilgi entegrasyonunu destekleyebilir. Gerçekten de, SFS'lerde SBÖ fiziksel ve bilgi akışlarını birbirine bağlayan bilgi ve iletişim teknolojisinin artan kullanımı, sıklık ve kapsam açısından uygun veri alışverişini mümkün kılmaktadır (Frazzon, Kück ve Freitag, 2018: 516).

Bu siber-fiziksel vizyon, üretim ağları boyunca daha iyi kararları desteklemek için kullanılacak gerçek zamanlı sistem durumu verilerinin elde edilmesini sağlar (Isasi, Frazzon ve Uriona, 2015: 3382). Siber-fiziksel bağlantı, farklı seviyelerdeki insanların, otonom cihazların ve çevrenin operasyonel karar verme sürecine ulaşmak için etkileşime girdiği işbirlikçi süreçler için çok önemlidir (Scholz-Reiter, vd., 2011: 177). Aslında, belirsiz durumlarla başa çıkma ve esnek problem çözme, SFS'lere sık sık insan katılımını gerektirir (Frazzon vd., 2013: 52).



Şekil 2. Endüstri 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur

Kaynak: (Tansan, Gökbulut, Targotay ve Eren, 2016: 23). 1.02.23.S

Şekil 2’de Endüstri 4.0’ı harekete geçiren dokuz teknolojik unsur görülmektedir. Aynı zamanda dokuz teknolojik unsur Endüstri 4.0’ın değişimini de oluşturmaktadır. Endüstri 4.0’ı harekete geçiren dokuz unsur; simülasyon, nesnelerin interneti, siber güvenlik, yatay ve dikey sistem uyumu, büyük veri ve analizi, 3D eklemeli üretim, akıllı robot, artırılmış gerçeklik ve bulut teknolojileridir.

Ni fiziksel nesnelerin birbirleriyle ve fiziksel çevreyle etkileşime girmelerini sağlayan bir ağ aracılığıyla dijital dünyaya bağlanmasını temsil etmekte ve bir üretim ortamında SFS ve SBÖ özellikle SFÜS kavramını oluşturmaktadır (Cardin, 2019: 11).

Bilgisayar bilimleri, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimindeki en önemli ilerlemelerden biri SFS. SBÖ tarafından temsil edilmektedir. Bu sistemler, çevreleyen fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bir bağlantı içinde olan, aynı zamanda internette mevcut olan veri erişim ve veri işleme hizmetlerini sağlayan ve kullanan, işbirliği yapan hesaplama varlıklarından oluşan sistemlerdir. SFÜS bir yandan bilgisayar bilimi, bilgi ve iletişim teknolojileri, diğer yandan da üretim bilimi ve teknolojisindeki en son ve öngörülebilir gelişmelere dayanarak, sıklıkla Endüstri 4.0 olarak anılan 4. dördüncü sanayi devrimine yol açabilir (Monostori, vd., 2016: 621)..

SFS dördüncü sanayi devriminde yaşanmıştır. SFS’ler ağları ve siber dünyaya erişimleri sayesinde birçok yenilikçi işlevi mümkün kılan ve böylece günlük hayatı önemli ölçüde değiştiren endüstriyel otomasyon sistemleridir. Bu değişiklikler toplumu ve insanları da güçlü

bir şekilde etkileyecektir. Aile hayatı, küreselleşme, pazarlar vs. yeniden tanımlanmak zorunda kalacaktır. Bununla birlikte, Endüstri 4.0 aynı zamanda SFS'lerin geliştirilmesi, güvenlik ve veri koruma ile ilgili zorlukları temsil eden özellikler de göstermektedir. (Jazdi, 2014: 1).

Endüstriyel üretim, küreselleşme, ürün bireyselleştirme, kısa süreli ürün yaşam döngüleri ve değişken pazarlar gibi önemli eğilimler tarafından giderek daha fazla yönlendirilmektedir. Bu durum, üretim ekipmanlarının ve tesislerinin yeni ürünlere ve ürün çeşitlerine daha kısa sürede adapte edilmesi gerekmektedir (Kagermann, vd., 2013: 2).

Teknik düzeyde, fabrika otomasyonundaki başlıca zorluklar mühendislik aşamaları, üretim hatlarının daha hızlı devreye alınması ve teknik süreçlerin iş süreçlerine bağlanmasıyla ilgilidir. Modern bilgi ve iletişim teknolojileri bu zorluklarla başa çıkmaya yardımcı olabilir. SFS merkezi olmayan kontrol zekasına sahip gömülü sistemler, internet protokollerine dayalı açık ağlar üzerinden iletişim kurabilir ve böylece klasik hiyerarşik otomasyon sistemlerinin yerini SFÜS'nin almasını sağlar. Yakın gelecekte, akıllı ürünleri otomatik üretim sistemleri içinde aktif bir bileşen haline gelecektir. Ancak bu vizyonun gerçekleşebilmesi için otomasyonun BT ile entegrasyonu gerekmektedir. Bileşen tabanlı otomasyon, yıllardan beri otomasyon teknolojisinin temel kavramı olan sinyal tabanlı bakış açısını anlamsal birlikte çalışabilirlik seviyesine yükseltmeye yardımcı olacaktır. Saha veri yolu teknolojileri IP tabanlı ağ teknolojileri ile birleşerek kolay dikey entegrasyonun önünü açacaktır. Bağlama duyarlı otomasyon, üretim ve lojistik süreçlerini yeni konfigürasyon gereksinimlerine otomatik olarak uyarlayacaktır. Açık iletişim ve açık etkileşim, teknik düzeyden daha fazla ele alınması gereken güvenlik sorunlarına da yol açabilir. Bu teknolojik değişimlerin bir kısmı hala akademik araştırma kavramları düzeyindedir. Yeni gelişmeler, otomasyon ekipmanının tasarlanma ve kullanılma biçiminde yıkıcı değişikliklere yol açma potansiyeline sahiptir. SFÜS, endüstriyel üretimi dijital çağa taşıyacak ve 4. dördüncü sanayi devrimi için hem teknolojik hem de organizasyonel bir temel oluşturacaktır (Schlick, 2012: 55).

Lojistik sistemi zeka yönünde gelişmektedir. Akıllı lojistiğin gerçekleştirilmesi, lojistik operasyon sistemleri ve bilgi sistemlerinin koordinasyonundan ayrılamaz. SFS'ler derin bilgi işlem, kontrol ve iletişim teknolojilerini entegre eden yeni bir akıllı karmaşık sistemdir ve ana uygulama alanlarından biri lojistik ve taşımacılık endüstrisidir. Günümüzde lojistik sektörü hızla gelişmektedir. (Zhang, 2018: 70808).

Lojistik operasyonlar, stok yönetimi ve elleçleme süreçleri de dahil olmak üzere üretim ve taşımayı gerçekleştiren Sosyo SFS'lerin temelidir. Bağlamsal değişkenler, operasyonların

planlandığı ve yürütüldüğü kültürel, kurumsal, coğrafi ve ekonomik altyapı ortamı tanımlamaktadır (Frazzon, 2009: 18).

Küresel üretim ağları ve dolayısıyla bağlantılı Sosyo-SFS'ler, farklı bağlamlardan gelen ve birbirine bağlı organizasyonlarda hareket eden bireysel karar vericilerin etkileşimini içerir. Ortaya çıkan üretim ağının rekabet gücü, teknik farklılıkların yanı sıra insan paydaşlar arasında ortaya çıkan davranışsal farklılıklar arasında köprü kurma kabiliyetine bağlıdır (Frazzon, vd., 2013: 51).

Fiziksel ve dijital dünya arasındaki birleşme olarak düşünülebilir. Üretim bağlamında SFS, otonom olarak bilgi alışverişinde bulunabilen, eylemleri tetikleyebilen ve birbirlerini bağımsız olarak kontrol edebilen akıllı makinelerden ve üretim tesislerinden oluşur. SFS 'in iki ana işlevsel bileşenini tanımlar (Lee, Bagheri ve Kao, 2015: 19);

1. Fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri ve siber uzaydan bilgi alınmasını sağlayan gelişmiş bağlantıdır.

2. Siber uzayı oluşturan akıllı veri yönetimi, analitik ve hesaplama kabiliyetidir.

02.02.23.S

2.1.4. Lojistik Süreçlerde Artırılmış Gerçeklik

Büyük imalat ve uluslararası ticaret fırsatları sağlamak için lojistiği ve ilgili süreçlerini önemli ölçüde iyileştirmek gerekir. Bazı önemli lojistik sistemleri, müşteriye teslim edilen mallar, varlıklar veya diğer nesnelere. Lojistik unsurların yürütülmesi Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojileri ile iyileştirilebilir. İnsan tarafından işletilen depolarda nesne teslim alma süresi azaltılabilir. AG, giderek daha fazla ilgi çeken yeni teknolojilerden biridir. Bilgisayar tarafından üretilen görselleştirmelere ve 3D model projeksiyonlarına dayanan AG, gerçek dünyadaki ortamı ek ve değerli sanal bilgilerle (metin, video, ses vb.) zenginleştirilebilir. Böylece insan duyuları ve yetenekleri gelişebilir. AG'nin lojistikteki uygulamaları başlangıç aşamasında olmasına karşın, lojistik sektöründe "Bir Sonraki Büyük Değişim Dalgasını" getirebilecek teknolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. AG kullanımı, geleneksel toplama yöntemlerine kıyasla önemli ölçüde verimlilik artışı ve daha düşük hata oranı sağlayabilir (Cirulis ve Ginters, 2013: 15,20). AG görüntülenen talimatlar, karmaşık ve hızla değişen görevlerin yer aldığı iş akışlarında uygulanır. Bahsedilen tüm bu işlevler lojistikte operasyonlara, sorun gidermeye ve hata azaltmaya fayda sağlar. Genel olarak AG, lojistiğin insan eliyle yürütülen pek çok alanında kullanılabilir ve sağlanan ek bilgilerle kullanım hataları önemli ölçüde azaltılabilir. Çeşitli teknolojiler, insanlar ve makineler arasındaki bilgi

alışverişini kolaylaştırmak, iş yükünü azaltmak ve günlük rutini basitleştirmek için uygun bir temel sağlayabilir. AG umut vaat eden seçeneklerden biridir. AG sistemi tarafından üretilen sahne tanıma ve sanal bilgiler yardımıyla, bir ürünün yerini otonom olarak tanımlamayı ve bir sonraki ürüne daha hızlı bir şekilde geçmek için en iyi rotayı göstermeyi sağlar. Görüntülenen talimatlar, karmaşık ve hızla değişen görevlerin yer aldığı iş akışlarında uygulanmaktadır. Sadece bununla sınırlı kalmayan AG, çalışanlara karmaşık sorunları çözmek için diğer meslektaşlarından uzaktan yardım sağlayabilir. Bahsedilen tüm bu işlevler lojistikte operasyonlara, sorun gidermeye ve hata azaltmaya fayda sağlar (Wang vd. 2020: 2).

AG teknolojisi dört farklı çevre biriminin birleşiminden oluşuyor: kamera, bilgisayar altyapısı, bir işaretleyici ve gerçek dünya. AG, bu dört farklı birimin gerçek dünyada 3 boyutlu olarak konumlandırılması olarak görülebilir. Lojistik süreçlerin optimize edilmesi amacı sektörü yeni arayışlara yöneltmiştir. Lojistikte AG; depolama, sevkiyat, sipariş hazırlama vb. süreçlerde kullanılmaktadır. Birçok süreçte zaman ve çalışan motivasyonu faktörleri tasarımı iyileştirmek için kullanılmaktadır (Akkaya ve Kaya, 2019: 102).

AG kullanımı, güncel yaşamda özel donanım, yazılım ve aksesuar unsurlarıyla tahakkuk ettirilen görselleştirilmiş varlıklarla doğrudan veya dolaylı olarak tamamlama imkanı sayesinde günlük hayatta daha yaygın hale gelmektedir. Artırılmış gerçeklik tanımı, temel amacı gerçek dünya ortamını insan duyularını ve yeteneklerini zenginleştiren sanal bilgilerle artırmak olan tüm faaliyetleri kapsamaktadır. AG, sanal bilgileri gerçek dünya ile birleştirebilmektedir (Azuma, 1997: 355).

AG, bilgisayar tarafından üretilen görselleştirmelere ve 3D model projeksiyonlarına dayalı kararlar alınmasına izin vererek bu sorunları çözmek için önemli bir teknoloji sunmaktadır. AG teknolojilerinin çeşitli sektörlerde başarılı bir şekilde kullanılması potansiyeli ve perspektifleri doğrulamaktadır. Bununla birlikte, bir topoloji alanında son blokları başarıyla yerine getirmek için çalışanlar sorumluluğu paylaşır. Bakım, paketlenme, elleçleme, depolama, nakliye, teslimat ve diğer operasyonlar çalışanların kararlarına, bağlıdır. Bu operasyonların yürütülmesini iyileştirmek ve depo biriminde çalışanlara yardımcı olmak için, modern teknolojiler iş yükünü paylaşmak, karar vermeyi ve rutin işlemleri kolaylaştırmak için kullanılabilir. Artırılmış gerçeklik kullanarak bu sorunları çözmek ve işi daha etkileşimli ve daha az hatayla yapmak mümkündür (Cirulis ve Ginters, 2013: 14-15).



Resim 1. Artırılmış Gerçeklik Yazılım Lojistik

Kaynak: (Lojistik Hattı, 2020).1.02.23.S

Resim1.de artırılmış gerçeklik teknolojilerinin audi tarafından lojistik süreçlerinde yer aldığı görülmektedir. Geçtiğimiz yıllarda prototiplerle yapılan taşıma ekipleri ve konteynerların oluşturulması, günümüz lojistik alanında yerini üç boyutlu hologramlara bırakmıştır. AG sistemlerini lojistik süreçlerinde kullanmak üzere son yıllarda hayata geçirdiği bilinmektedir. Bu nedenle artırılmış gerçeklik teknolojileri ile oluşabilecek sorunlar çok kısa zaman içerisinde çözüme oluşturulabilmektedir (Lojistik Hattı, 2020)

Sanal gerçeklik mühendislik çalışmalarını da kapsamaktadır ve çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretimin verimliliğini ve güvenilirliğini, ürünlerin ve süreçlerin kalitesini artıran yeni olanaklar getirmektedir. Sanal gerçekliğin giderek daha fazla kullanıldığı alanlardan biri de lojistikdir. Sanal gerçeklik ve özellikle artırılmış gerçeklik teknolojileri, lojistik alanında her şeyden önce süreçlerin etkinliğinin artırılmasıyla ilgili bir perspektif sunmaktadır. Lojistikte sanal gerçeklik kullanımı için geniş olanaklar otomotiv endüstrisinde bulunabilir (Čujan, Fedorko ve Mikušová, 2020: 119).

Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, lojistik de dahil olmak üzere çeşitli mühendislik alanlarında uygulama alanı bulan güçlü bir mühendislik aracıdır (Karkula ve Stryhunivska, 2017: 456).

Lojistik sistemlerinin düzene sokulmasına ilişkin ayrıntılı bir alanla ilgilenmişlerdir. Bununla birlikte, lojistik yapay olarak oluşturulmuş bir ortamla karakterize edilen klasik sanal gerçeklik yerine artırılmış gerçeklik kavramı giderek daha fazla kullanılmaktadır

(Hammerschmid, 2017: 352). Artırılmış gerçeklik teknolojilerinin en büyük avantajı, diğer şeylerin yanı sıra, gerçek ortamın doğrudan bir görünümünü sunmasıdır (Agard ve von Davier, 2018: 1).

Lojistik faaliyetlerin etkili bir şekilde uygulanması, aralarında sanal ve artırılmış gerçekliğin yeri doldurulamaz bir role sahip olduğu en son teknolojilerin kullanılmasını gerektirmektedir. Sanal gerçeklik ve özellikle de artırılmış gerçeklik lojistik süreçler alanında büyük bir potansiyele sahiptir. Klasik sanal gerçeklik, lojistik süreçlerinin projeksiyonu ve tasarımı alanındaki analitik faaliyetlerde uygulama imkanı sunmaktadır. Dijital ikiz veya dijital girişim felsefesi ile bağlantılı olarak kullanılabilir (Čujan, Fedorko ve Mikušová, 2020: 115-116).

Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin otomotiv endüstrisinde bilgi ve iletişim teknolojileri için bir perspektif olduğunu söylemek mümkündür (Kubasáková, Kampf ve Stopka, 2014: 10). Sanal gerçeklik, ayrıca üretim cihazlarının ve ekipmanlarının yerleşimini ve tahsisini planlamak için kullanılabilir (Stopka ve Kampf, 2018: s. 281).

Sanal gerçeklik, taşıma birimlerinin planlanması ve projeksiyonu alanında lojistik için de bir yere sahiptir. Sanal ve artırılmış gerçeklik, üretim lojistiğindeki süreçlerin optimizasyonu için bir perspektif sunmakta ve böylece bu teknolojileri otomotiv endüstrisi için öne çıkarmaktadır (Kampf, Hlatká ve Bartuška, 2018: 152). Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin lojistik için büyük bir potansiyele sahip olduğunu söylemek mümkündür (Čujan, Fedorko ve Mikušová, 2020: 115). Bununla birlikte, lojistik süreçlerine uygulama olanaklarını doğrulamak için sürekli araştırma yapılması gerekmektedir. Otomotiv endüstrisi, sanal ve artırılmış gerçekliğin uygulanmasını daha verimli hale getirebilecek son derece sofistike lojistik süreçleriyle karakterize edilmektedir (Stopka ve Stopková, 2018: 738).

Sanal ve artırılmış gerçekliğin otomotiv endüstrisinde kullanımının, etkinliklerinin ve getirdikleri faydaların bilinmesi ihtiyacı için değerlendirilmesi gerekmektedir. Kullanıcıların en çok ilgi gösterdiği değerlendirme kriterleri, finansal ve zaman kriterleri ile sunulmaktadır. Finansal kriterler toplama sürecinin uzaması, ürün hasarı veya daha fazla taşıma işlemi nedeniyle hatalarla ilişkili maliyetlerin azaltılmasının izlenmesine odaklanmaktadır. Zaman kriterleri toplama süresinin, kontrol süresinin ve farklı hata türlerinin nihai olarak azaltılması için gereken sürenin azaltılmasını izler. Örneğin, sanal ve artırılmış gerçeklik yönteminin değerlendirilmesinde, sanal ve artırılmış gerçeklik yönteminin uygulanmasından önceki toplama işleminin süresi ile uygulanmasından sonraki sürenin karşılaştırılmasıyla zaman atışı yöntemini kullanılabilir. Alınan sonuç yöntemlerden birinin uygulanması lehine açık

olmalıdır. Kullanabileceğimiz diğer yöntemler çeşitli istatistiksel ve ekonomik analizlerdir. Bunların uygulanması, bu sanal ve artırılmış gerçeklik araçlarının kullanıldığı lojistik süreçlerine vurgu yapılarak gerçekleştirilmelidir. Artırılmış gerçeklik araçlarını, verimliliklerini artırmak ve hazırlık süresini kısaltmak amacıyla depolama lojistiği süreçleri içindeki sevkiyat toplama sürecine uygulamaktır (Čujan, Fedorko ve Mikušová, 2020: 115).

AG, fiziksel ve dijital dünya arasındaki sınırların ortadan kaldırılmasını sağlayarak kullanıcılara dijital dünyadan gelen bilgilerle genişletilmiş bir gerçeklik görünümü sunar. Dijital bilgi katmanları cihaz üzerinde gösterilerek kullanıcıya genişletilmiş gerçekliğin bir resmini oluşturur. Cihazlar gözlük, tablet, dizüstü bilgisayar, cep telefonu ve benzeri olabilir. AG, doğru zamanda ve doğru yerde doğru bilgiyi sağlar. Lojistikte AG uygulamasının bazı olasılıkları şunlardır: toplama, ayırma ve paketleme işlemleri için depolarda akıllı gözlüklerin uygulanmasıdır. Bu uygulamalar forkliftlerin ve araçların akıllı kullanımı AG cihazlarının araştırılması ve geliştirilmesi, görüntüleri tanıma ve cihazları yazılım uygulamalarıyla bağlama imkanıdır. AG'in tüm lojistik süreçlerde uygulanması için koşullar yaratacaktır (Kückelhaus ve Chung, 2018).

2.1.5. Lojistik Süreçlerde Büyük Veri Big Data

Ulaştırma ve lojistik sektörleri aslında Büyük Veri Analizi teknolojilerinin metodolojik ilerlemelerinden ve analitik yeteneklerinden faydalanmak için en ideal konumda olan sektörler arasında yer almaktadır. Bu sektörlerin giderek dijitalleşmesiyle birlikte, günümüzde taşımacılık ve lojistik sağlayıcıları muazzam ürün ve çalışan akışını yönetirken sürekli olarak muazzam ve geniş veri setleri oluşturmaktadır. Her gün dünya çapında milyonlarca gönderi için konum, içerik, boyut, ağırlık, menşe ve varış noktası ile diğer birçok bilgi küresel teslimat ve nakliye ağlarında izlenmekte ve toplanmakta, böylece değerli büyük veri setleri oluşturmaktadır. Ayrıca operasyonel verimlilik, müşteri deneyimi ve yeni iş modelleri açısından yeni veri odaklı işletmeler ve yeni fırsatlar için yollar açmaktadır (Borgi vd., 2017: 44). Büyük veri, bilgi odaklı iş modellerini benimseyen yeni şirket kategorilerini ortaya çıkarıyor. Bu işletmelerin birçoğu değer zincirlerinde aracı roller oynamakta ve kendilerini ticari işlemler tarafından üretilen değerli "atık veriler" üretirken bulmaktadır. Web'de ve başka yerlerde çoğalan fiyatlandırma verileriyle birlikte girişimciler milyonlarca ürünle ilgili bilgileri otomatik olarak derleyen fiyat karşılaştırma hizmetleri sunmaktadır. Büyük Veri teknolojilerini kullanarak veri ve bilginin sağlayabileceği değerden faydalanmak, bir çok işletme için yeni bir stratejik hedef haline gelmektedir. Değer açısından bakıldığında, Büyük Verinin herhangi bir sanayi veya hizmet sektöründe benimsenmesi genellikle şu üç boyuttan

biri olabilir; operasyonel verimlilik, müşteri deneyimi ve yeni iş modelleridir. Accenture tarafından 2014 yılı için sunulan bir araştırmada, Büyük Veri Analizinin lojistik zincirinde uygulandığında bu üç boyutta önemli sonuçlar elde ettiği kanıtlanmıştır. Taşımacılık ve lojistik önemli bir veri kaynağı olarak kabul edilmektedir ve bu alanda Büyük Veri teknolojilerinin kullanılması büyük iş değerleri sunmakta ve bu uygulamaları yeni bir seviyeye yükseltebilmektedir (Brown vd., 2011: 32).

Büyük Veri Teknolojileri, çeşitli verileri analiz etme kabiliyetleriyle, yeni kavramların (Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0) uygulanmasında ve bunlarla ilişkili temel zorlukların çözümünde önemli bir role sahiptir (Strandhagen, vd., 2017: 359).

Veri hacmi, hızı ve çeşitliliğindeki artış nedeniyle, işletmeler artık Büyük Veri ve Makine Öğrenimi gibi yeni yaklaşımları kullanarak sonuçlarını iyileştirmek için veri analitiği alt yapılarına bakmakta ve karar verme yeteneklerini geliştirecek yaklaşımlar aramaktadırlar. Büyük Veri Ambarı uygulaması, kuruluşların veri analizi altyapısını iyileştirmek ve Büyük Veri teknolojilerinin kullanımından değer elde etmeye başlamak için ilk adım olabilir. Büyük Veri teknolojilerine geçiş, işletmeler için farklı veri kaynaklarından gelen muazzam miktardaki veriyi verimli bir şekilde analiz etme kabiliyeti gibi çeşitli fırsatlar sağlayabilir. Ancak aynı zamanda veri kalitesi, veri yönetimi ve kurum içindeki bilgi eksikliği gibi farklı zorluklar da ortaya çıkabilir (Silva, vd., 2021: 1).

İnternetin hızlı gelişimi sayesinde, günlük olarak büyük miktarda bilgi üretilmekte ve toplanmaktadır. Bunların işlenmesi ve analizi geleneksel araçların yeteneklerinin ötesindedir. Ancak, analiz yapabilecek bir teknoloji olarak Büyük Veri, sürekli büyüyen (birçok farklı kaynaktan bilgi toplamak) bu veri tabanını hızlı ve verimli bir şekilde yönetilmesini ve kullanılmasını sağlar. Söz konusu teknoloji, analiz yapılmasına ve en önemli olanı ayrılmasına olanak tanıyarak sonuçların çıkarılmasına yardımcı olur ve iş hedeflerinin gerçekleştirilmesi için bilginin etkin bir şekilde aktarılmasını destekler. Forrester'ın tanımına göre Büyük Veri dört boyuttan (yani 4V) oluşmaktadır (Witkowski, 2017: 767-768);

1. Hacim (veri miktarı) - McKinsey Global Institute tarafından, "Büyük Veri kavramı, büyüklüğü toplama, depolama, yönetim ve analiz için sıradan araçların kapasitesini aşan veri kümelerini ifade eder" - bu verileri yönetmek için teknolojik yeteneklerle bağlantılıdır.

2. Çeşitlilik (veri çeşitliliği) - Büyük Veri, işlem sistemleri, sosyal ağ siteleri veya internet gibi çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Bu veriler dinamik olarak değişir ve çok

yapılandırılmamıştır, bu da geleneksel analiz biçimlerine uygun olmadıkları anlamına gelir (örneğin, görüntüler, videolar ve sosyal ağ sitelerindeki içerikleri içerir).

3. Hız (yeni veri ve analiz oluşturma hızı) - sürekli akan ve değişen verilerden doğru sonuçların sürekli olarak uygulanması gerektiğinden, veri analizi Büyük Veri üzerinde neredeyse gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilir.

4. Değer (değerli veri) - genel amaç, tüm bilgileri işletme için en önemli olana ayırmaktır - bu nedenle sonuçların gerçek koşulları yansıtması ve en uygun iş faaliyetlerine yol açması çok önemlidir (Witkowski, 2017: 768).

Büyük Veri, verilerin geleneksel araçların sınırlarından daha ileri düzeyde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde, birbiriyle uyumsuz çeşitli sistemlerde, veri tabanlarında ve web sitelerinde toplanan veriler bile işlenmekte ve belirli bir işletmenin veya kişinin içinde bulunduğu durumun net bir resmini vermek üzere birleştirilmektedir. Lojistik alanında Büyük Veri teknolojilerinin kullanımına ilişkin bir örnek olarak "Resilienc360"ı hayata geçiren lojistik ekspres posta servisi olan DHL firmasını gmsterebiliriz. "Resilience360" - TZ riski yönetmek için tasarlanmış bir araçtır. Şirket müşterilerine kendi tedarik zincirlerindeki potansiyel müdahaleler hakkında bilgi sağlayabilmektedir. Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi sayesinde sadece tedarik zincirini korumak değil, aynı zamanda verimliliğini artırmak da mümkün olmaktadır. Böylece operasyonlarda kesinti yaşanmaz ve müşteri memnuniyetini kalıcı olarak sağlamak mümkün olur. DHL, Büyük Veri analitiği kullanımının operasyonel verimliliği artırırken yeni iş modellerini keşfetme fırsatı da sunduğunu göstermiştir . "DHL Resilience360", risk değerlendirme analiziyle ilişkili iki unsurun yanı sıra neredeyse gerçek zamanlı olarak çalışan izlemeye yönelik araçlar içermektedir. iyor. Zincirin gücü ve buna bağlı gelir kayıpları, üretimde bir kopma meydana gelip gelmediğine bağlıdır ve bunun arızalara daha az eğilimli olması gerekir. DHL, Büyük Veri analiziyle de bağlantılı olarak alınan "The forecast number of packages DHL" modeli pilot aşamasındadır. Bu model, taşıma için paketlerin planlama hacmini basitleştirir ve "ilişkili veri faktörlerini dikkate alarak" yapılır. Büyük Veri, hizmet sağlayıcıların lojistik süreçlerini optimize etmelerini, müşteri hizmetlerini geliştirmelerini sağlar ve "yeni iş modelleri geliştirmek için umut verici bir başlangıç noktası" sunar. Büyük Veri, küçük ve orta ölçekli işletmeler için coğrafi pazarlama alanında faaliyet gösteren bazı araçlar önermektedir. Bir başka model olan "DHL Geovista", çok karmaşık coğrafi verilerin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesine ve değerlendirilmesine olanak tanıyarak lojistik hizmet sağlayıcılarının küçük ve orta ölçekli işletmelerin satışlarının çokluğunu tahmin etmesini

büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Tedarik sisteminden gelen kaynaklar arasında perakendecilerden gelen bilgiler, nakliye, faturalar ve daha fazlası yer almaktadır. Müşteri profilleri, sosyal ağ profilleri, siparişler, pazar tahminleri ve coğrafi şemalardan elde edilen veriler de rol oynar. Teslimat sisteminden gelen bilgileri analiz etmek için müşteri verilerini kullanan perakendeciler, müşterilerin davranışlarını tahmin ederek beklentilerini karşılayabilir (Witkowski, 2017: 768).

Büyük Veri, geleneksel araçlar ve veri tabanı teknolojileri ile depolanamayan, işlenemeyen ve analiz edilemeyen büyük miktarda verinin depolanması, iletilmesi, işlenmesi ve analiz edilmesine yönelik teknolojileri içermektedir. Farklı analitik yöntemlerin uygulanması, bu tür veri setlerinden iş sisteminde yönetimi ve karar almayı etkileyebilecek yeni bilgi ve enformasyonun oluşturulmasını sağlar (Jeske, Grüner ve Weiß, 2013: 2).

Lojistik 4.0, veri işleme miktarında, çeşitliliğinde ve hızında önemli bir artış anlamına gelmektedir. Büyük Veri analitik yöntemlerini ve Veri Madenciliğini (VM) uygulayarak işletmeler ek değerler yaratabilir ve yeni iş modelleri uygulayabilir. VM, veriler arasında var olan gizli bilgilerin, ilişkilerin, kuralların ve mantığın bulunmasını sağlar. VM kullanarak pazar eğilimlerini, kullanıcı davranışlarını tahmin etmek, sorunların nedenlerini bulmak vb. mümkündür (Radivojević, 2016: 11).

Telekomünikasyon ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış formlardaki verilerin katlanarak büyümesine yol açmıştır. Büyük Veri terimi temel olarak, daha fazla gerçek zamanlı analiz gerektiren büyük miktarda yapılandırılmamış veri içeren muazzam veri kümelerini ifade eder. Bu devasa veri hacminde büyük bir potansiyel vardır. Büyük Veri'nin etkisi lojistik hizmetlerinde fark edilmekte ve büyük ölçekli veri hacimlerini iş alanlarında verimliliği artırabilecek benzersiz bir varlığa dönüştürmektedir (Mikavicaa, Kostić-Ljubisavljevića ve Radonjić, 2015: 185).

İnternet tabanlı sistemler tarafından üretilen ve kayda değer miktarlara ulaşan verilerin sürekli artmasıyla birlikte, Büyük Veri yeni bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Büyük Veri paradigmasının temeli, akıllı hizmetler ve karar verme sistemleri için bir başlangıç olarak, verilerden bilginin elde edilmesidir. Birçok araştırma, disiplini kapsar ve veri madenciliği, makine öğrenimi, bilgi erişimi, analiz vb. dahil olmak üzere farklı alanlardan çeşitli teknik ve teorileri araştırır. Büyük Veri, lojistik sistemlerinde kuşkusuz önemli bir konu haline gelmiştir. Teslimat süresi, kaynak kullanımı ve coğrafi kapsam gibi hizmet özelliklerinin optimizasyonu, lojistik sistemlerinde sürekli bir zorluktur. Lojistik sistemlerindeki büyük ölçekli operasyonlar, verimli çalışabilmek için veriye ihtiyaç duyar.

Optimizasyon sonuçları bilginin doğruluğuna ve kullanılabilirliğine bağlıdır. Lojistik sağlayıcıların ve müşteri operasyonlarının entegrasyonu, tedarik zinciri riskleriyle ilgili kapsamlı bilgi sağlar. Taşıma ve teslimat ağı önemli bir veri kaynağıdır. Ağ optimizasyonunun yanı sıra, ağ verileri küresel mal akışı hakkında bilgi sağlayabilir. Dolayısıyla, Büyük Veri analitiği mikroekonomik bir bakış açısını vurgular. Büyük Veri kavramı, müşteri deneyimi ve ürün kalitesi hakkında içgörü sağlamak için çok taraflı analitik sağlar (Mikavicaa, Kostić-Ljubisavljevića ve Radonjić, 2015: 185).

Chen ve diğerleri (2014) Büyük Veriyi, ana akım bilgisayarlar tarafından kabul edilebilir ölçüde yakalanamayan, yönetilemeyen ve işlenemeyen veri setleri olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma uygun olarak Büyük Veri, standarda uygun veri kümelerinin hacimlerinin zaman içinde veya teknolojik gelişimle birlikte değişmesi ve artması anlamına gelmektedir. Üstelik bu hacimler farklı uygulamalarda farklılık göstermektedir. Hacim, veri yığınlarının oluşturulması ve toplanmasıyla artan büyük veri ölçeğini ifade eder. Büyük Verinin güncelliği ise hız ile tanımlanır. Dolayısıyla, Büyük Verinin ticari değerinden faydalanmak için veri toplama ve analizinin hızlı ve zamanında olması gerekir. Çeşitlilik, yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış ve geleneksel yapılandırılmış veriler de dahil olmak üzere çeşitli veri türlerini ifade eder. Büyük Veriyi, yüksek hızlı yakalama, keşif ve/veya analiz sağlayarak çok büyük hacimli ve çeşitli verilerden ekonomik olarak değer elde etmek için tasarlanmış yeni nesil teknolojiler ve mimariler olarak tanımlar. Bu nedenle Büyük Veri'nin özellikleri 4V (hacim, hız, çeşitlilik ve değer) olarak özetlenebilir. Bu tanım, muazzam ölçekte, çeşitli türlerde ve hızlı üretilen verilerden büyük gizli değerlerin keşfedilmesini içeren Büyük Verinin anlamını ve gerekliliğini vurguladığı için yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen, Mao ve Liu, 2014: 171).

Beyer ve Laney (2012) tarafından yapılan daha detaylı bir tanımda ise Büyük Veri, gelişmiş karar verme, içgörü keşfi ve süreç optimizasyonu sağlamak için yeni işleme biçimleri gerektiren yüksek hacimli, yüksek hızlı ve yüksek çeşitliliğe sahip bilgi varlığı olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, mevcut teknolojilerle veri yakalanması, depolanması, dağıtılması, yönetilmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi zor olan bir veri seti Büyük Veri olarak adlandırılabilir. Büyük Veri tekniklerinin etkin kullanımı, ekonominin dönüşümünde büyük avantajlar sağlamakla birlikte, diğerlerinin yanı sıra veri yakalama, depolama, arama, kesme, analiz ve görselleştirme zorlukları da dahil olmak üzere birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Büyük Verinin yeteneklerinden faydalanabilmek için bu zorlukların üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Bilgisayar mimarisi en büyük zorluklardan biridir. Buna ek olarak,

bilgi miktarı da katlanarak artmaktadır. Bu durum, Büyük Veri'nin gerçek zamanlı değer keşfinin sınırlandırılması üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu düşünülebilir. (Beyer ve Laney 2012: 2).

Büyük veri analiziyle ilgili bir diğer önemli zorluk da veri tutarsızlığı eksiklik ölçeklenebilirliği, zamanlılık ve veri güvenliğidir. Bu nedenle, verilerin uygun şekilde yapılandırılması ve gürültüyü azaltmak ve tutarsızlıkları düzeltmek için veri temizleme, veri entegrasyonu, veri dönüşümü ve tarih azaltma gibi bir dizi ön işleme tekniğinin uygulanması gerekmektedir. Büyük Veri, veri depolama cihazı, veri depolama mimarisi, veri erişim mekanizması dahil olmak üzere veri yakalama ve depolamayı önemli ölçüde değiştirmiştir. Bilgi keşif süreci, Büyük Verinin erişilebilirliğine en yüksek önceliği vermektedir. Bu anlamda, Büyük Veriye verimli bir şekilde erişilmeli ve bilgisayar mimarisinin kısıtlamalarını tamamen veya kısmen kırması sağlanmalıdır. Doğrudan Bağlı Depolama (DBD), Ağa Bağlı Depolama (ABD) ve Depolama Alanı Ağı (DAA) sıklıkla kullanılan depolama mimarileridir. Ancak, büyük ölçekli dağıtık sistemlerde ciddi dezavantajları ve sınırlamaları vardır. Veri erişimini optimize etmek, veri yoğun bilgi işlem performanslarını iyileştirmenin yaygın bir yoludur. Bu, veri çoğaltma, taşıma, dağıtım ve erişim paralellliğini içerir. Veri hacmi çok büyük olduğunda, ağ bant genişliği kapasitesi bulut ve dağıtık sistemlerde engel oluşturmaktadır. Bulut depolama ile ilgili bir diğer konu da veri güvenliğidir. Veri iyileştirme, periyodik olarak veri keşfi ve erişimi, veri kalite güvencesi, değer ekleme, yeniden kullanım ve korumayı amaçlamaktadır (Chen ve Zhang, 2014: 314).

Büyük Veri yaklaşımı, Zhong ve diğerleri (2015) tarafından üretim lojistiği kararlarını desteklemek için RFİT özellikli üretim verilerinden yararlanmayı kolaylaştırmaktadır. Bu uygulamalar çoğunlukla nispeten iyi yapılandırılmış ve entegre veri kümelerine sahiptir. Altyapı ve veri analizi aynı güvenlik alanında gerçekleştirildiğinden, gizlilik ve güvenlik sorunlarının üstesinden gelmek daha kolaydır. Bu alandaki en büyük engel, büyük miktarda çok modlu veriyi ölçeklendirebilen analitiklerin geliştirilmesidir. Veri hacmi arttıkça, verilerin değerli ve gizli bilgiler içerme olasılığı da artmaktadır (Zhong, vd., 2015: 260).

Bu nedenle, Büyük Veri analitiği amacıyla depolanan bilgiler Kshetri (2014) tarafından siber suçlular için savunmasızdır. Ayrıca, kişisel verilerin kullanılabilirliği değer yaratmak için kullanılabilir. Bir diğer önemli konu ise muazzam veri hacmi içerisinde ilgililiğin belirlenmesi verilerin değer yaratılması için Büyük Veri analitiğinin kullanılmasıdır. Bu veriler kullanılarak, kalite ayırımı ve farklı fiyatlandırma yoluyla farklı gruplara farklı ürünler sunulabilir. Büyük Veri analitiği, Büyük Veri dışı tekniklere kıyasla çok daha yüksek

korelasyona sahip değişkenlerin belirlenmesini sağlar. Ayrıca bu değişkenlere göre teklifler tasarlar ve fiyatlar belirler. Çeşitli kaynaklara ait yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin bir araya getirilmesiyle, dışarıdan bakıldığında birbiriyle ilgisi olmayan veriler arasındaki gizli bağlantılar ortaya çıkarılabilir (Kshetri, 2014: 1134).

Philip Chen ve Zhang (2014) tarafından güvenlik sorunları arasında fikri mülkiyetin korunması, kişisel gizliliğin korunması, ticari sırlar ve finansal bilgilerin korunması da yer almaktadır. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin çoğunda veri koruma yasaları oluşturulmuştur. Büyük Veri ile ilgili uygulamalar için, veri güvenliği sorunlarının üstesinden gelmek, Büyük Veri ve güvenliğin çok zor iş yükü nedeniyle daha güçtür. (Chen ve Zhang, 2014: 314). **1.02.23.S**

2.1.6. Lojistik Süreçlerde Bulut Teknolojisi

Lojistik operasyonlarında kurulacak akıllı yerleşkeler ile, teknolojik dönüşümlerin altyapıları oluşturulabilir. Sensörler, SFS'ler, nitelikli kameralar ve diğer ürün tanımlama teknolojileri sayesinde, yüksek verimle sınıflandırma ve ulaştırma sağlanabilir. Lojistik operasyonlarını yönetmeye yarayan nesnelerin aynı ağa bağlanabilmesi, birbirleriyle iletişim halinde olmaları ve otonom operasyon uygulamaları, hata oranını azaltacaktır. Bulut teknolojisi ve diğer veri depolama ve işleme teknolojileri, veri kaynaklı ve müşteri beklentileri doğrultusunda kişiselleştirilmiş ürün ve hizmet üretmeyi sağlar. Tüm bu yatırımların bütüncül bir bakış açısıyla yapılması gerekir. Endüstri 4.0'ı tam olarak anlayamadan, organizasyonun tedarikçileri de dahil olmak üzere tamamına yaymadan yapılan tüm dijital dönüşüm çalışmaları, palyatif çözümler olmaktan öteye geçemeyecektir. Tüm organizasyon, dijital trendleri gerçekleştirme konusunda istekli olmalıdır. Konuya üst yönetimin desteği ile iş gücü eğitimi kritik öneme sahiptir. Endüstri 4.0 ile birlikte gelen tüm yenilikçi çözüm ve yaklaşımlar lojistik ve tedarik zinciri iş süreçlerini büyük ölçüde değiştirmektedir. Lojistik sektörü sadece yerel bir pazar değil, aynı zamanda küresel rekabetin yaşandığı global bir pazardır. Lojistik sektörü tüm gelişmelerden yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Doğru yatırımların yapılması ve yatırım sonuçlarının etkili olması büyük önem taşımaktadır. Lojistik inovasyon yeteneği ile rakipler tarafından kopyalanması zor bir lojistik yeteneğe ulaşmak mümkün hale gelir ve bu durum sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlar. İşletmeler bu yeteneği geliştirmeyi önemser ve araştırma ve geliştirmeye yatırım yapar (Aylak vd., 2020: 107). Bulut teknolojisi, potansiyel olarak milyarlarca sensör, kamera, ekran, akıllı telefon ve diğer akıllı iletişim cihazlarını bulut veri merkezlerinde uçtan uca entegre eden bir sistemdir. Bulut bilişim, maliyet etkinliği, sınırsız depolama, yedekleme ve kurtarma,

otomatik yazılım entegrasyonu, bilgiye kolay erişim, daha hızlı dağıtım, daha kolay hizmet ölçeği ve yeni hizmetler gibi birçok avantaj sağlamaktadır. İşletmeler bulut platformlarını kullandıklarında yerel lojistik bilgi teknolojisi BT uzmanlarına anında erişim sağlamak ve küresel pazarlara daha kolay erişebilmektedir (Georgakopoulos, vd., 2016: 71).

Bulut teknolojisi, BT'yi internet üzerinden bir hizmet olarak tüketiciye sunan bir modeldir. Bulut bilişimin ortaya çıkışında "sanallaştırma" teknolojilerinin önemi çok büyüktür. Sanallaştırma terimi, sanallaştırma teknolojisinin ilk kez IBM tarafından önerildiği 1960 yılından sonra uzun süre unutulmuş, ancak pahalı ana bilgisayar teknolojisi, daha ucuz x86 işlemcili bilgisayar sunucularına geçmiştir. Bu durum 2000 yılında VMware'in x86 bit sanallaştırma konusunda tekel kazanmasıyla değişmeye başladı. VMware 2005 yılında DT kullanarak ücretsiz sanal makineler sunmuştur. 2006 yılında Microsoft Virtual PC'nin Windows sürümünü piyasaya sürdü. 2006 yılında Amazon, cihazlarındaki sanal sunucuları genişleterek Amazon Elastic Compute Cloud'u yarattı. Bulut, uzak sağlayıcıların veri merkezinde bulunan ayrı ve dağıtılmış donanım ve ağ kaynakları, yazılımdan oluşan BT altyapı kuruluşlarının yenilikçi bir modelidir (konsept) (Elmurzayevich, 2020: 313).

Bulut ortamlarındaki en yaygın tehditler, sanal makinelerin işletim durumundan dönüştürülmesi ve program parametreleri kullanılarak BT altyapısının ağ topolojisindeki değişiklikler, doğrudan ağ koruma mekanizmalarından BT'ye yapılan saldırılardır. Bu risk, sanal ortamın tüm aşamalarında korunması nedeniyle azalır, (sanal altyapı, sistem yönetimi ve depolama sistemi, donanım, sistem yazılımı programı (hipervizör). Modern çözüm bulma yöntemleri, sanal makinelerde bir güvenlik duvarı oluşturmaya izin verir ve sanal makinelerin sürekli izlenmesini sağlar. Hizmet koruma seviyesi, bir bulut bilişim ortamında çalışan bir güvenlik duvarı tarafından korunur. Böylece güvenlik duvarı, ayrı bir ağ protokolünün gereksinimlerine uygun olarak hizmet düzeyinde işlenebilir, ve özel protokoller filtrelenebilir. Bulut bilişim güvenliği, özgür kullanıcıların adres bilgilerinin sanal ortama erişimini kontrol etmesine olanak tanıyan bir caster güvenlik duvarı ile sağlanır. Log güncellemeleri otomatik veya manuel olarak girilebilir. Segment AIS donanımı veya kişisel güvenlik duvarı tarafından sağlanan koruma seviyesidir. Ağ güvenilirliği gereksinimlerine bağlı olarak da yüksek güvenilirlik, ayrı bir güvenlik duvarı, kullanıcı iş istasyonlarına sahip bir güvenlik duvarı, bir grup kullanılabilir (Elmurzayevich, 2020: 314).

Bulut Bilişim (BB), internet üzerinden çeşitli bilgisayar hizmetlerinin kullanımı anlamına gelmektedir. BB'nin temel özellikleri şunlardır: kullanıcının talebi üzerine hizmet sağlama, geniş ağ erişimi, kaynakların karşılıklı kullanımı, kullanımda esneklik ve ölçülü

kullanımdır. Bu, kullanıcıların bilgisayar kaynaklarını istedikleri zaman ve istedikleri kadar kullanabilecekleri; internete farklı cihazlardan erişebilecekleri; çok sayıda kullanıcının aynı kaynakları kullanabileceği; bulut sistemlerinin her kullanıcı için kaynak kullanımını otomatik olarak izleyip ölçebileceği anlamına gelmektedir. Bulut Bilişim, tedarik zincirlerinde BT hizmetlerine ve yenilikçi çözümlere hızlı, verimli ve esnek erişim sağladığı için lojistik işletmelerine sayısız avantaj sağlamaktadır. Lojistik şirketlerinin artık yazılım uygulamaları ve donanım altyapısı tedarikine yatırım yapmalarına, kendi BT sektörlerini geliştirmelerine ve iş ortaklarıyla entegrasyonu koordine etmelerine gerek kalmamaktadır (Radivojević ve Milosavljević, 2019: 288).

Modern ekonomi, küresel değişimi teşvik eden bilgi teknolojilerinin her alanda uygulanmasıyla karakterize edilen dinamik olarak gelişen bir sistemdir. Bu değişiklikler, maddi mallar yaratma ilkelerini, ekonomik bilinci, iş süreçlerinin organizasyonu kavramını, üretici-tüketici koordinatlarındaki ilişkileri ve toplumun işin diğer yönlerini değiştiren robotik, katkılı üretim, bulut teknolojileri, sanal testler, Nİ ve diğer teknolojik yeniliklerin aktif kullanımı ile ilişkilidir. Sonuç olarak, dijital ekonomi veya Endüstri 4.0 olarak bilinen yeni bir ekonomi oluşmaktadır. Lojistiğin bir ekonomik faaliyet alanı ve iş yapılarının ayrılmaz bir işlevi olması nedeniyle, dijital ekonomideki değişiklikleri incelemek ve gelişiminin yönünü belirlemek önemli hale gelmektedir (Evtodieva, vd., 2019: 207).

Katılımcıları tarafından ayrı bir lojistik işlevi yerine getirilirken Endüstri 4.0'daki lojistik gelişimin çevresel yönleri, ana hedefleri zaman kaybının azaltılması ve gerçek zamanlı yönetim olan bireysel operasyonların ve süreçlerin otomasyonu ve robotlaştırılmasıdır (Evtodieva, vd., 2019: 216).

Dijital dönüşüm altında, yeni aktörleri entegre etme zorluğunun üstesinden gelmek için bulut teknolojisinin kullanımından yararlanılabilir. Bir tedarik zincirinin tüm taraflarını bulut teknolojisi ve yazılımı ile entegre ederek, tüm tedarik zincirinin karbon ayak izini hesaplamak da mümkündür. Şu anda sadece yasaların zorunlu kıldığı taraflar Karbondioksit (CO₂) emisyonlarını ölçmektedir, ancak tedarikçilerden veya üreticilerden zincirin son halkasına kadar tüm tedarik zinciri entegre edilerek yeşil girişimlerde bulunulabilir ve gerçek bir etki yaratılabilir. Ayrıca, tedarik zincirinin entegrasyonu ve lojistik sağlayıcılar arasındaki işbirliği, boş kilometrenin, kötü araç rotasının ve trafiğin azaltılmasını sağlayabilir, bunun sonucunda da daha az çevre kirliliği ve zamanında teslimat elde edilebilir. Sonuç olarak, bulut bilişim teknolojisinin kullanımı, varlıklar paylaşıldığı ve tam olarak kullanıldığı için genel olarak enerji tüketimini azaltır (Gomez, Grand ve Grivas, 2015: 5-6).

1980'lerin sonlarından günümüze kadar dünya bağlanabilirlik ve kümelenme yönünde çalışmaktadır. Son otuz yılda bilgi kaynaklarının kümelenmesi gerçekleşmiştir. Ancak gerçek bir kümelenmenin sağlanabilmesi için bilgi varlıklarının günlük hayatta kullanılan çeşitli aygıtlar tarafından paylaşılması, kullanılması ve verimli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Ni, her alanda bulunan sensör-aktüatör ağları oluşturmak için ağların gücünden yararlanan bir kavramdır. Bulut teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, Ni kavramı sınırlı bilgi işlem gücüne sahip temel unsurlarla bile entegre edilebilmektedir (Parwekar, 2011: 329).

Dijital Dönüşüm Teknolojileri (DDT) otomatik tanımlama, eklemeli üretim ve bulut teknolojisinin şeffaflık verimliliğinde, dağıtım mesafelerinin optimizasyonunda ve ağlardaki lojistik kaynaklarda iyileşmelere yol açtığını göstermektedir. Bu çerçevede, DDT uygulamasının etki kapsamını ve potansiyellerini değerlendirmek için bir yol sağlamaktadır (Junge, 2019: 462).

2.1.7. Lojistik Süreçlerde Radyo Frekansı Tanımlama Teknolojisi

RFİT etiketlerinin en yaygın kullanım alanları, zaman içindeki sıcaklık veya nem değerleri gibi belirli bir çevresel değişkenin ölçüldüğü ve birinci, ikinci ve üçüncü dereceden tedarik zinciri lojistiğinde kullanılmak üzere etiket belleğinde saklandığı duyuşal uygulamaları içerir. RFİT teknolojisi barkod teknolojisinden daha uzun okuma menzili ve üretici için daha kolay kullanım ile tedarik zincirindeki çeşitli noktalarda toplanan fiziksel nesnelere ve veriler hakkında bilgi verebilir. Lojistiğin amacı, ürünleri sadece doğru yerde, doğru zamanda değil, aynı zamanda doğru kalitede taşımaktır. Bu nedenle, geçtiğimiz yıllarda "Lojistik 4.0" terimi vurgulanmıştır. Ayrıca Lojistik 4.0, "Akıllı Lojistik "i tanımlamak için kullanılan akıllı hizmetler ve ürünlerle aynı koşullarla ilgilidir (Zou vd., 2014: 11). Akıllı lojistikte, ilgili teknolojiler uygulama senaryosunun gerekliliklerine göre seçilir. Örneğin, RFİT hızlı taraması, küçük boyutu ve farklı şekli nedeniyle, akıllı lojistiğin çeşitli senaryolarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bluetooth teknolojisi, parazit önleme ve daha düşük güç tüketimi nedeniyle akıllı dağıtım işlemlerinde ürün sınıflandırmada ve akıllı taşımacılıkta sürücü davranışını izlemede sıklıkla kullanılır. RFİT nakliye ürünlerini tanımlama ve yakalama yeteneğine sahiptir; lojistik odaklı Endüstri 4.0 uygulama modelini fiziksel tedarik zinciri boyutu ve dijital veri değer zinciri boyutu olarak iki boyutta tanımlamıştır. Fiziksel tedarik zinciri boyutu, fiziksel nesne ile birlikte otomatik etkileşim düzeyidir; RFİT ve Nİ sistemi, örneğin veri toplama, izleme ve takip etme ile TZ boyunca otomatik olarak hizmet verme gibi iki boyut arasında kullanılabilir (Song vd., 2020: 4257).

Çoğunlukla RFİT'nin zorunlu kılınması, benimsenmesi ve uygulanması ile beslenen perakende sektöründeki teknoloji hızla büyümektedir. RFİT teknolojisi, temassız, görüş hattı olmayan, otomatik tanımlama ve rahat çalışma gibi büyük faydalar sağlamıştır, bu durum malzeme takibi, araç ve raf tanımlama için ideal hale gelmiştir. RFİT teknolojisinin uygulanması, lojistik yönetimi otomasyonunu ve zekasını etkili bir şekilde uygular. Bu otomasyon ve zeka, öncelikle lojistik operasyon yönetimi ve TZY uygulanmaktadır. Lojistik operasyon yönetimi uygulamasında RFİT öncelikle nakliye ve dağıtım yönetimi, depolama ve malzeme yönetimi ile dağıtım işleme yönetiminde gerçekleştirilir (Delen vd., 2007: 613).

RFİT yüksek depolama kapasitesi, uzaktan erişim, mükemmel veri güvenliği ve çoklu etiket okuma özelliklerine sahiptir. Bu nedenle RFİT teknolojisi, başta lojistik ve perakende sektörleri olmak üzere çeşitli sektörlerin ilgisini çekmektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi ve küreselleşme eğilimi nedeniyle, lojistik yöneticilerine tedarik zincirini RFİT gibi bilgi teknolojileri aracılığıyla entegre etme görevi verilmiştir. Amaç, bilgi paylaşımını sağlamak ve toplam maliyeti azaltmaktır, böylece operasyon verimliliği artırılabilir ve rekabet avantajı geliştirilebilir (Lin, 2009: 832).

Ni için gelecekteki teknolojiler ve uygulamalar, gıda tedarik zinciri sürecini geliştirecek ve iş için katma değer yaratacaktır. RFİT'ler ve kablosuz sensör ağları temel teknolojik kolaylaştırıcılar olarak kabul edilmektedir. Otonom enerji ile çalışan akıllı etiketler nesnelere takılır, kısa menzilli kablosuz bağlantılarla ağa bağlanır, sıcaklık ve nem gibi fiziksel parametrelerin yanı sıra konum bilgilerinin İnternet üzerinden kurumsal bilgi sistemiyle sorunsuz bir şekilde entegre olmasını sağlar (Zou, vd., 2014: 1).

RFİT teknolojisi BİT'e) dayanmaktadır ve son zamanlarda Hong Kong'da teknoloji geliştirmek için kullanılmaktadır. SBÖ sürekli bilgi toplamaya teşvik eder, bu durumda reklam modellerinin gerçek tekliflerini hayal etmede güçlüdür. Teknoloji ayrıca, müşterilerin birkaç dakika içinde farklı giysileri en iyi şekilde eşleştirmek için seçimler yapmaları için kazançlıdır, böylece hizmetlerin kalitesini artırır ve teslimat süresindeki sorunu azaltır. Bazı perakende mağazalarında, RFİT etiketleri moda uygun giysilere bağlanır ve daha sonra müşteri eğilimlerini yakalamak ve her aşamada stokları taramak için kullanılır. Bununla birlikte, bu teknoloji bir mağaza ağındaki siparişlerin izlenebilirliğine bağlanmaktadır ve ürünün verimliliğini değiştirmeye yardımcı olmaktadır (Zare-Mehrjerdi, 2008: 243).

Tedarik zinciri operasyonlarında iyileştirme yoluyla performansı artırmada önemli bir role sahiptir. Etkili teslimat sistemi genellikle tedarik zinciri operasyonlarını geliştirmede RFİT'ye dayanmaktadır. Ayrıca, bilgi iletişim teknolojisi de RFİT bileşenlerinden biridir.

Daha iyi bilgi iletişim teknolojisi, TZ operasyonlarında kilit role sahip olan ödeme sistemi, siparişin izlenebilirliği, müşteriler ve çalışanlarla iletişimde büyük katkıya sahiptir. Bu süreçte, çalışan tarafından sağlanan hizmetlerin kalitesi önemlidir. Kaliteli hizmetler teslimat süresini kısaltır ve işletme ile ortaklar arasındaki iletişimi geliştirerek işletme performansını artırmada hayati bir rol oynar. Mevcut çalışma çerçevesinde açık inovasyon stratejilerini uygulamak için gelecekteki araştırmalara ihtiyaç vardır (Salem, vd., 2018: 266).

RFİT lojistik yöneticilerine TZ'deki ürünleri ,varlıkları izlemek ve yönetmek için birden fazla yol açmaktadır. RFİT etiketleri ve tarayıcıları, envanter yönetiminden otomasyona kadar çeşitli uygulamalarla depo ortamının içinde ve dışında ürün ve malzeme işlemeyi potansiyel olarak iyileştirebilir (Maplesden, 2022).

RFİT teknolojisi, ürünlerin alınması, depolanması veya dağıtılmasıyla ilgili sorunların kaynağını belirlemeyi kolaylaştırır. Depo çalışanları, tek bir ürünün hareketini izlemek ve bir tutarsızlığın neden oluştuğunu araştırmak için RFİT'yi kullanabilir. Örneğin, bir çalışan bir ürünü yanlış yere depoladıysa, bir RFİT tarayıcı etiketi başka bir yerde tanımlayabilir ve kullanıcıyı uyarabilir. RFİT sorunun nasıl meydana geldiği hakkında bilgi sağladığından, depo yöneticilerinin sorunun tekrarlanmasını önlemek için adımlar atmasına potansiyel olarak yardımcı olabilir. Tüketici talep bilgilerini RFİT'nin 'nin ürün takibi ile birleştirmek, tedarikçilerin ürünlerinin ihtiyaç duyulduğunda stokta olmasını sağlamalarına yardımcı olabilir. RFİT ürünleri tedarik zinciri boyunca izleyebilir. Bu gruplar daha sonra belirli bir konumdaki ürün sayısını eşleştirebilir ve beklenen satış seviyelerini ve tahminleri karşılamak için yeterli ürüne sahip olduklarından emin olabilirler (Maplesden, 2022).

Akıllı bir RFİT teknolojisi (860-960 MHz) kullanılarak üretilen malların lojistiğinde ve ticaretinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır (Elizarov, vd., 2019: 2). Sistem, çalışanların yaptığı birçok işlemin otomatikleştirilmesini sağlar. Bu sistem, herhangi bir satış nesnesi veya ürün birimlerinin depolanması üzerindeki envanter sisteminin hızlanmasına olanak tanır, çünkü son günlerde bir çok işletme malları kaydetmek ve tanımlamak için çok daha fazla zaman gerektiren bir barkod kullanmaktadır. Akıllı bir RFİT sistemi, bir alıcının istisnai bir hizmet almasına olanak tanıyan ve alıcının aradığı ürünü seçmesine değil, aynı zamanda ona ek hizmetler ve diğer ilgili ürünler sunmasına da yardımcı olan bir sistemdir. Böyle bir sistem RFİT teknolojisi kullanılarak uygulanabilir. RFİT sistemi etiketlerinde depolanan verileri okumak veya yazmak için radyo sinyallerini kullanan kablosuz bir nesne tanımlama sistemidir (Elizarov, vd., 2019: 2).

Herhangi bir RFİT sistemi iki ana bileşenden oluşur: etiketler ve okuyucular. Bir okuyucu, bir etiketle iletişim kurmak için bir elemana sahip olmalıdır (Klaus, 2016: 4). Bir etiketin yapısı da iki kısımda gösterilebilir. Etiketin ilk kısmı, bilgiyi işlemek ve depolamak, ayrıca radyo frekansı sinyalinin modüle etmek ve demodüle etmek için tasarlanmış bir çiptir. İkinci kısım ise sinyali alan ve ileten antendir (Elizarov, vd., 2019: 1).

İleri lojistikte Radyo Frekansı ile Tanımlama, depolama kontrolü ve yönetimi, üretim planlaması ve yönlendirmesi, üretim koşullarının ve kalite sorunlarının izlenmesi, nakliye sırasında malzeme ve ürünün izlenmesi, stok tükenmelerinin azaltılması, müşteri hizmet seviyelerinin iyileştirilmesi, envanter maliyetlerinin düşürülmesi, kısa ömürlü ürünlerin ve gıdaların bozulmasının önlenmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Böylece ileri TZ'nin hem maliyet verimliliğini hem de yanıt verebilirliğini artırır. TL 'de RFİT, ürün görünürlüğü sağlayarak ve/veya geri kazanım sürecindeki teslim süresini azaltarak müşterinin ürün geri kazanımına ilişkin hizmet seviyelerinde bir artışa neden olur. Ayrıca, TL'deki RFİT, iade edilen malların belirsizliklerini azaltarak tahmin doğruluğunu ve envanter yönetimini iyileştirir (Usama ve Ramish, 2020: 225)

RFİT işlevselliğinde, nesnelere veya insanları benzersiz etiketlerle otomatik olarak tanımlamak için çeşitli radyo frekanslarını kullanan bir kablosuz iletişim sistemi kullanır (Dukyil, Mohammed ve Darwish, 2018: 95).

Son zamanlarda Duroc ve Tedjini (2018), tüm sistemin temelde insan müdahalesi olmadan iki kaynak arasında bilgi iletmek için farklı frekanslardaki radyo dalgalarını kolayca kullanan bir uzaktan tanımlama yapısı olduğunu açıklamaktadır. Örneğin, yüzde fazla ülkede geniş uygulama alanını ortaya koymaktadır. Teknolojinin kazanımlarından tam olarak yararlanmak için uygulamanın keşif senaryosuna uygun şekilde olması gerekir. Bu özellik çok önemlidir, çünkü RFT şemasından elde edilen yanlış sonuçlar popülerliğini azaltabilir. (Duroc ve Tedjini, 2018: 65).

RFİT teknolojisi, izlenebilirlik, lojistik ve erişim kontrolü için iyi bilinen bir kablosuz uygulamadır. Endüstride ve günlük hayatta (biletleme, ödeme, pasaportlar, araba anahtarları vb.) her alanda bulunur hale gelmiştir. RFİT günümüzde standartlaşmış bir teknolojidir; üniter, tanımlama, kablosuz iletişim ve düşük etiket maliyeti gibi doğal avantajları, kavramlar ve uygulamalar açısından yeni gelişmeleri yönlendiren belirleyici pratik faydalar sağlar. Bu eğilim, pazar tahminlerinin yanı sıra sağlık hizmetleri (akıllı hastane), insanlara yardım, sahtecilikle mücadele alanlarındaki uygulamaların, dağıtılmış ortam zekası ve NI için yeni paradigmlar perspektifinden de büyük ölçüde doğrulanmaktadır. İnsanlığın hizmetine

adlanmış RFİT uygulamalarının, perspektiflerinin ve gelecekteki yönlerinin bir panoramasını vurgulamaktadır (Duroc ve Tedjini, 2018: 64).

RFİT teknolojisi artık iyi bilinen bir teknoloji olmasına ve günlük hayatta birçok uygulamada mevcut olmasına rağmen, gelişmeye ve yenilik yapmaya devam etmektedir. RFİT "ilk on" anahtar teknolojiden biridir ve Nİ paradigması gibi çok sofistike uygulamalar için potansiyeli ve özellikle İnsanlığın hizmetinde sayısız kullanımı sayesinde öyle kalabilir. RFİT'nin yeşil ve geri dönüştürülebilir teknolojiler kavramına katkısı çok önemlidir. RFİT bileşenlerinin büyük çoğunluğu "yeşil" veya eko-uyumlu olmayabilir. Bununla birlikte çeşitli çalışmalar kumaşlar, kağıtlar, ahşaplar, ağaçlar, bitkiler vb. gibi geleneksel olmayan alt tabakalar kullanılarak etiketlerin tasarlandığını göstermiştir. Ayrıca RFİT teknolojisi, işlevsel özellikleri sayesinde atık geri dönüşüm yönetimi, yayılan radyo frekansı güç seviyelerinin ve elektromanyetik kirliliğin azaltılması açısından olumlu bir katkı sağlamaktadır (Duroc ve Kaddour, 2012: 91).

2.1.8. Lojistik Süreçlerde Robot Teknolojisi

Endüstriler, veri toplama ve üretim verimliliği için yeni teknolojik trendlere giderek daha fazla uyum sağladıkça, Endüstri 4.0 paradigmasının bir parçası olma tanımını yerine getirmektedirler. Buna ek olarak Endüstri 4.0, Operasyonel Teknoloji (OT) ve BT yakınsaması alanını ortaya çıkarmakta ve bu alan genellikle son derece karmaşık olup çapraz yetkinlik ihtiyacı yaratmaktadır. Endüstri 4.0, üretimde OT ve BT'nin güçlü bir birleşimidir. Ancak bu kavramın artan popüleritesi, lojistik ve bakım gibi üretim süreçlerini destekleyen süreçlerde de dördüncü devrimin yaşanmasına neden olmuştur. Bu nedenle, artık Endüstri 4.0'ın ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilen Lojistik 4.0'ın eşzamanlı gelişimi gözlemlenebilir. Lojistik 4.0, akıllı hizmetler ve akıllı ürünler gibi kavramlarla bağlantılıdır (Michel ve Christensson, 2021: 1).

Üretim süreçlerinde robotik ve otomasyonun uygulanması şunları sağlar: iyileştirilmiş kalite

bitmiş ürünler ve güvenlik seviyeleri, hataların azaltılması, gerekli işçilik ve maliyetler,

kalite standartlarının iyileştirilmesi vb. Robot teknolojisinin gelişimi, robotların gelecekte daha hızlı, daha hassas, esnek ve uygun fiyatlı olacak, bu da kullanımlarını hızlandıracaktır.

Lojistik 4.0 sistemlerinde en sık kullanılan otonom araçlar arasında İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Otomatik Güdümlü Araçlar (OGA) yer almaktadır. OGA'lar sensör ve

video algılama teknolojileri, yapay zeka ve diğer bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanan insansız robot araçlardır. Lojistik süreçlerde kullanılan OGA araçları şunlar olabilir: römork çekmek için traktörler, birim yükler için araçlar, palet arabaları, ek çatallı arabalar, hafif yük araçları, montaj hattı araçları, özel araçlar vb. Bu araçlar geleneksel olarak zorlu görevler için kullanılır; yük ve ekipmanın otomatik olarak taşınmasını sağlarlar (Radivojević ve Milosavljević, 2019: 289).

Üretim bağlamında insan-robot işbirliği, insanların yakın mesafede robotlarla yan yana çalışabileceği ortak bir çalışma alanı gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. İnsan-robot işbirliğine dayalı üretimde, robotların önceden planlanmış görevlerini dinamik olarak değiştirerek insan davranışlarına uyum sağlamaları gerekmektedir. İnsan zekası seviyesinin, özellikle de güç ve hız gibi fiziksel ve hareketlilik gibi işlevsel yeteneklerinin endüstriyel robotların ve manipülatörlerin yetenekleriyle karşılaştırılmasının, bu otomasyon cihazlarında önemli olduğu açıktır. Bir robot, insan talimatlarına göre doğal çevre ile otonom, hedef odaklı etkileşim kurabilen otomatik veya bilgisayar kontrollü entegre bir sistemdir. Bu işlev lojistik sürecinin teknolojisidir. Robotların ve manipülatörlerin mekanizmaları, biri hareket eden ve diğeri bir çerçeve oluşturan, hareketli bir şekilde bağlanmış elemanlar kümesinden oluşur. Bu mekanizmalar, ikili üyeler içeren açılmış uzamsal kinematik zincirlerden türetilmiştir. Üyeler kinematik çiftler tarafından birbirine bağlanır (Wang vd., 2020: 15).

Günümüzde robotlar, cerrahi müdahaleden madenlere, eğitimden üretime kadar hemen her alanda artan bir hızla kullanılıyor. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte daha gelişmiş ve işlevsel algoritmalar öğrenen organizmalar haline geliyor ve otonom karakter kazanmaktadırlar. Robotlar, otomatik makinelerden farklı olarak aynı anda birden fazla görevi yerine getirebilecek şekilde tasarlanıyor. Otonom robotlar, insan müdahalesi ve etkileşimi olmayan, görevleri yerine getirmek üzere programlanmış cihazlardır. Giderek karmaşıklaşan çalışma alanında faaliyetler, yeni sensör sistemleri, yapay zekâ yöntemleri ve bu sistemler için gerekli bilgisayar performansı ile oldukça esnek ve bilişsel olarak güçlü robotlar tarafından gerçekleştirilmektedir (Hohenstein ve Wagner, 2017: 44).

Otonom robotlar, daha tutarlı kalite ve üretkenlik seviyelerine ulaşabilmekte ve gereken görevleri yerine getirebilmektedir. Otonom robotlar, farklı boyut ve ağırlıktaki malzemeleri insanlardan daha hızlı ve daha verimli bir şekilde test edebilir, seçebilir, paketleyebilir, ayırabilir, kurabilir, inceleyebilir veya taşıyabilir (Fitzgerald ve Quasney, 2017: 11). Otomasyon, makinelerde operasyonel verimliliği artırmak için veri odaklı yazılımların kullanılmasından, paket etiketlemenin detaylandırılmasına ve depo sınıflandırma sistemlerinin

düzeltilmesine kadar lojistik sektörü için çeşitli çözümler sunmaktadır (Akkaya ve Kaya, 2019: 102).



Şekil 3. Lojistik Merkezinde Robotize İşyeri

Kaynak: (Průmyslové Roboty a Manipulátory, 2017).

Şekil 3'te Uygulamada, genellikle daha büyük bir otomatik sistemin kademeli olarak inşa edilmesi anlamına gelir (Fabianová, 2016: 270).

Robotik-lojistik, iç malzeme akışlarının optimizasyonunu sağlamak amacıyla endüstriyel robot teknolojilerinin uygulamalarının sunulduğu ve talep edildiği faaliyet alanı olarak anlaşılabilir. Robotik-lojistik alanının modernizasyona büyük ihtiyacı vardır. Robotik-Lojistik faaliyetleri, malların boşaltılması, yüklenmesi malların paletlenmesi ve paletten çıkarılması olarak çeşitli senaryolarda sınıflandırılabilir (Echelmeyer, vd., 2008: 2099).



Şekil 4. Araba gövde parçalarının robotize montajı

Kaynak: (Robot, 2017).

Şekil 4'te Otomatikleştirilmiş üretim ve montaj işletmenin geliştirilmesindeki eğilim, taşıma ve elleçleme işlemlerinin gerekli şekilde en aza indirilmesinden etkilenmektedir. Bu faaliyetlerin en aza indirilmesi, taşıma ve elleçleme ekipmanları da dahil olmak üzere yeni üretim makineleri ve ekipmanlarının gelişim yönüne de yansımaktadır. (Mikušová, vd., 2017: 6).

Robotik, teknolojik yenilikleri benimseme konusunda uzun süredir isteksiz olan lojistik sektörünü kökten değiştiren mega trendler arasında yer almaktadır. Sektördeki yeni ve daha güçlü aktörlerin ağırlaşan rekabeti, demografik değişimlerden kaynaklanan işgücü sıkıntısı ve sürekli maliyet baskısıyla karşı karşıya kalan lojistik robotları, bu sorunların üstesinden gelmek için etkili bir araç olarak görülüyor. Lojistik robotları pazarına bir göz atarak, depolama amaçlı kablo tahrikli paralel robotlar için pazar durumu incelenebilir ve malzeme taşıma cihazları pazarına başarılı bir giriş başlatılabilir (Alias, vd., 2018: 232).

Son zamanlarda, robot teknolojilerinden yararlanmayan alanlarda da robot kullanımının işletmelerde büyük bir artış yaşanmaktadır. Endüstriyel robotlar yakın zamana kadar hareketsiz ve zeki olmayan makinelerdi ve görevleri basit tekrarlayan görevleri yüksek doğrulukla tekrarlamaktı. Bu yetenekler basit üretim süreçleri için yeterlidir ancak çoğu lojistik faaliyet için yeterli değildir. Lojistikte, endüstriyel robotlar için gereksinimler çok daha yüksektir. (Mikušová, vd., 2017: 1-2).



Şekil 5. Teknoloji ve Getirdiği Robot Yenilikler

Kaynak: (Aydın, 2020).

Şekil 4 incelendiğinde, teknolojin gelişmesi ile birlikte insan hayatını kolaylaştırmak adına robot sistemlerinin kullanılması yaşam kalitesini artmasına ve zaman yönetimini olumlu etkileyerek daha yaşanabilir bir ortam sunulduğu fikri benimsenmeye başlamıştır.

Bu, bir simülasyonda örneklenen ve hem insan hem de otomatik robot aktörleri içeren bir üretim lojistiği trafik kontrol problemi ile geliştirilmiş ve insan-robot etkileşimi ile hibrit bir karar modelinin ana hatlarını çizmiştir. Bu alandaki otomasyon ve robot desteği, çalışanların potansiyeli sınırlı olduğundan ve üretim lojistiği alanında çalışan sayının yeterli olmayışı, işletmenin işçi havuzunu genişletmesine de yardımcı olmaktadır (Klumpp, vd., 2019: 3692).



Şekil 6. KAIST robotu bir vanayı açıyor.

Kaynak: (DARPA, 2015).

Şekil 6 incelendiğinde, son yıllarda kullanılan robot teknolojilerinde, vana açılması, duvara bir delik açma, araç kullanma, merdiven çıkma gibi özelliklerin olduğu görülmektedir. Bu teknolojilerle birlikte insan hayatında yaşam kalitesini yükselten olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Yakın zamanda İnsan-Robot Etkileşiminin (İRE) durumunu gözden geçirmiş ve otonom sistemlerle uygun etkileşim için çözülmesi gereken bir dizi farklı zorluk önermiştir; (i) görevler insanlar ve robotlar arasında net bir şekilde bölünmelidir, sistemi geliştirirken hangi görevlerin insanlar ve/veya otonom sistemler tarafından yerine getirilmesi gerektiği açıkça tanımlanmalıdır. (ii) Bir robotun görevlerinin doğrudan sonucu, tanımı büyük bir zorluk olan fiziksel biçimdir. Ayrıca, olumsuz sonuçlardan kaçınmak için robot eylemlerinin olası sonuçları tanımlanmalıdır. (iii) insanların robotun yeteneklerine ilişkin zihinsel bir modele ihtiyacı vardır ve bunun tersi de geçerlidir - robotun da insan eylemlerini ve tepkilerini anlaması gerekir. (Sheridan, 2016: 530).

Lojistik süreçler ve özellikle bunların uygulanmasına ilişkin maliyetler, ekonomik sürecin önemli bir unsurudur. Ürünlerin taşınması, manipülasyonu, paletlenmesi ve paletten çıkarılmasıyla ilgili lojistik süreçlerin otomasyonunun yanı sıra robotik iş istasyonlarının ve hatta tüm üretim hatlarının devreye sokulması küresel bir eğilim haline gelmektedir. Basit ve tekrarlayan faaliyetlerin manuel olarak gerçekleştirilmesi işletme için karlı değildir. Ancak böylesine yoğun bir endüstriyel gelişme çağında bile robotlar çalışanlarla aynı verimi sağlayamadığı gözlenmektedir. Makinenin insanlarla entegrasyonunu ve işbirliğini sağlayan yeni uygulamalar sistematik olarak yaratılmaktadır. Üretim ve lojistik süreçlerinin robotlaştırılması alanında teknolojinin gelişmesi ve modern çözümlerin uygulanması bir dizi fayda sağlamaktadır (Brzeziński, 2022: 308).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada literatür bölümü için tümden gelim yöntemi izlenmiş ve uygulama kısmında niceliksel yöntemlerden, sebep ve sonuç ilişkilerinin analiz edilmesi amacıyla “ilişkisel tarama” yöntemi esas alınmıştır.

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmıştır. Hazırlanmış olan anketler on-line olarak E-Mail aracılığı ile uygulanmıştır. Anket katılımcıları ise bu çalışma için belirlenen evrene herkesin eşit şansa sahip olduğu “Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi” ile belirlenecektir (Yazıcıoğlu ve Erdoğan (2004: 50). Anketlerden elde edilen verilere; SPSS 21 istatistik programı aracılığı ile “güvenirlilik analizi, frekans analizi, farklılık analizi (t testi, tek yönlü varyans), korelasyon ve regresyon analizleri yapılarak araştırma için hazırlanan hipotezler test edilmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmıştır. Anketin ilk kısmında; demografik özelliklerin belirlenebilmesi için, yaş, cinsiyet, çalışma süresi, eğitim durumu gibi kişisel bilgilere yönelik sorular yer almıştır. İkinci kısımda, “Endüstri 4.0 Ölçeği” ve üçüncü kısımda “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Ölçeği” kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının lojistik süreçlere olan etkilerinin analizidir.

3.1.2. Araştırmanın Önemi

Günümüzde, internetin hızlı gelişimi sayesinde, günlük olarak o kadar büyük miktarda bilgi üretilmekte ve toplanmaktadır ki, bunların işlenmesi ve analizi geleneksel araçların yeteneklerinin ötesindedir. Ancak, analiz yapabileceğimiz bir teknoloji var ve o da Büyük Veri. Büyük Veri, sürekli büyüyen (birçok farklı kaynaktan bilgi toplanması sayesinde) bu veri tabanını hızlı ve verimli bir şekilde yönetmemizi ve kullanmamızı sağlar. Lojistik firmaların kendilerini geliştirmeleri için ihtiyacı olan bilgilere endüstri 4.0 teknolojileriyle etkin şekilde ulaşabilmeleri sayesinde, operasyon süreçlerinde sürekli gelişme ve rekabet üstünlüğü mümkün hale gelecektir. Bu nedenle, bilgi teknolojileri ve sürdürülebilirlik kavramlarının lojistik işletmelerinin operasyon süreçlerinde yaşanabilecek olası hataları en

aza indirmesi, karlılık, rekabet üstünlüğü sağlaması için bu çalışmanın yapılması planlanmıştır.

3.1.3. Araştırmanın Evreni, Örneklem Büyüklüğü Varsayımı ve Sınırlılıkları

Bu araştırmanın evreni İstanbul’da faaliyet gösteren 4.241 lojistik işletmelerinde çalışan 127.239 personeldir. Yazıcıoğlu ve Erdoğan (2004: 78)’a ait aşağıdaki, “Örneklem Büyüklükleri” tablosu dikkate alındığında 127.239 kişilik evren için %5 örnekleme hatasıyla sahip 384 kişiye anket uygulanmasının yeterli olacağı tespit edilmiştir. Ancak eksik yada hatalı anketler olacağı varsayımı ile toplam 500 kişiye E-Mail ile gönderilerek anketler yapılmış ve 38 anket eksik olduğundan değerlendirmeye alınarak 462 anket verisi geçerli kabul edilmiş ve analizler tamamlanmıştır.

Tablo-1 Evrene göre Örneklem Büyüklükleri Tablosu

Evren Büyüklüğü	Örneklem +-0.05 örnekleme hatası p=0.5, q=0.5
10000	370
25000	378
50000	381
100000	383
1000.000	384

Varsayımları

1. Araştırma anketinde yer alan ölçeklerinin daha önceki araştırmalarda kullanılmış olması, güvenilir ve geçerli olması; bu araştırmada kullanılan bu ölçeklerin geçerli ve güvenilir olmasını sağlayacağı varsayılmıştır.

2. Araştırmanın örneklem tespitinin bilimsel yöntemlerle tespit edilmesi durumunun çalışmada belirlenen evreni temsil edeceği, bu sayede bulgular için bir genellemeye gidilebileceği varsayılmıştır.

3. Araştırmaya katılan bireylerin özlük bilgileri sorulmadığından, katılımcıların anketlere samimi ve objektif bir şekilde cevap verecekleri varsayılmıştır.

Sınırlılıkları:

1. Araştırmanın anket soruları; ilk kısımda; demografik özelliklerin belirlenebilmesi için, yaş, cinsiyet, çalışma süresi, eğitim durumu gibi kişisel bilgilere yönelik sorular, ikinci kısımda, “Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi Ölçeği” ve üçüncü kısmında “Tedarik Zinciri Yönetimi Algı Ölçeği”lerinde yer alan sorularla sınırlıdır.

2. Çalışmanın evreni İstanbul Avrupa Bölgesinde Faaliyetlerini sürdüren lojistik işletmeleriyle sınırlı olup, Anadolu Yakası lojistik İşletmeleri çalışmanın evrenine dahil edilmeyecektir.

3. Çalışmanın anket sorularının katılımcılar tarafından cevaplandırması, Etik Kurul onay tarihi olan 08.03.2023 tarihinden itibaren 1 ay gibi bir zaman dilimi ile sınırlıdır.

3.1.4. Veri Toplama Araçları

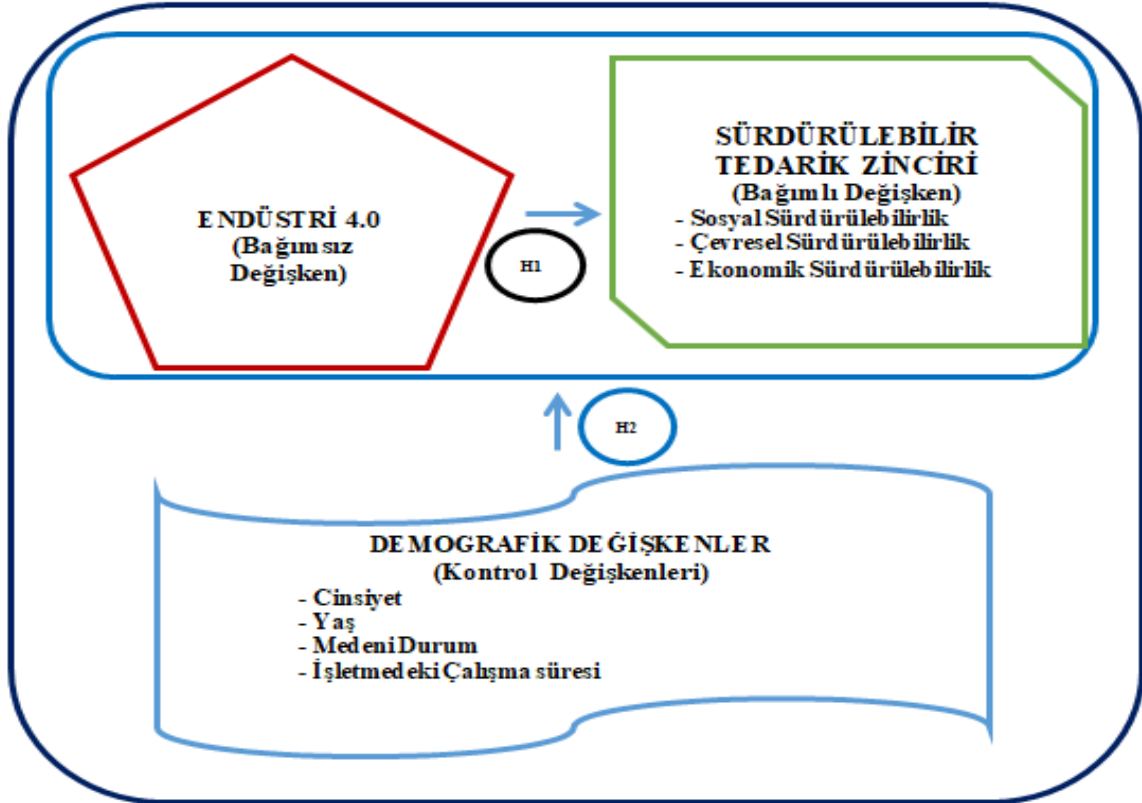
1. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeği

Acar & Çağlıyan'nın (2021: s. 418) geliştirmiş olduğu “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Ölçeği” üç boyut ve 12 sorudan oluşturulmuş ve cronbach alfa kasayısı 0,879 çok güvenilir olarak hesaplandığı belirtilmiştir.

2. Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği

Doğan, & Baloğlu'nun (2020 : s.137)'nin (2021: s. 418) geliştirmiş oldukları “Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği” / (E4.0-KFÖ) 1 boyut ve 39 sorudan oluşturulmuş ve cronbach alfa kasayısı 0.96 çok güvenilir olarak hesaplandığı belirtilmiştir.

3.1.5. Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri



Şekil 7. Demografik Özellikler, Endüstri 4.0 Sistemleri ve İşletmelerin Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları İçim Kavramsal Model

Hipotezler

Ana Hipotez,

H1: Endüstri 4.0 sistemleri, işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarını etkiler.

H1a: Endüstri 4.0 sistemleri, işletmelerin sosyal sürdürülebilirlik uygulamalarını etkiler.

H1b: Endüstri 4.0 sistemleri, işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarını etkiler.

H1c: Endüstri 4.0 sistemleri, işletmelerin ekonomik sürdürülebilirlik uygulamalarını etkiler.

H2: Demografik özellikler, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

Alt Hipotezler, H2:

H2a: Bireylerin cinsiyeti, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

H2b: Bireylerin medeni durumu, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

H2c: Bireylerin yaşı, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

H2d: Bireylerin eğitim durumu, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

H2e: Bireylerin çalışma süresi, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

3.1.6. Güvenilirlik Analizi

Ölçekler için güvenilirlik analizi sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 2. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları İçin İçin Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Ölçek	Boyut	Boyut Güvenilirlik	Ölçek
Sürdürülebilir	Sosyal Sürdürülebilirlik	0,898	
Tedarik	Çevresel Sürdürülebilirlik	0,908	0,922
Zinciri	Ekonomik Sürdürülebilirlik	0,869	
Endüstri 4.0	Endüstri 4.0	0,960	0,960

Tabloda ölçeklerin ve boyutların güvenilirlik için hesaplanan cronbach alfa katsayıları değerleri incelendiğinde ölçeklerin oldukça güvenilir oldukları görülmektedir.

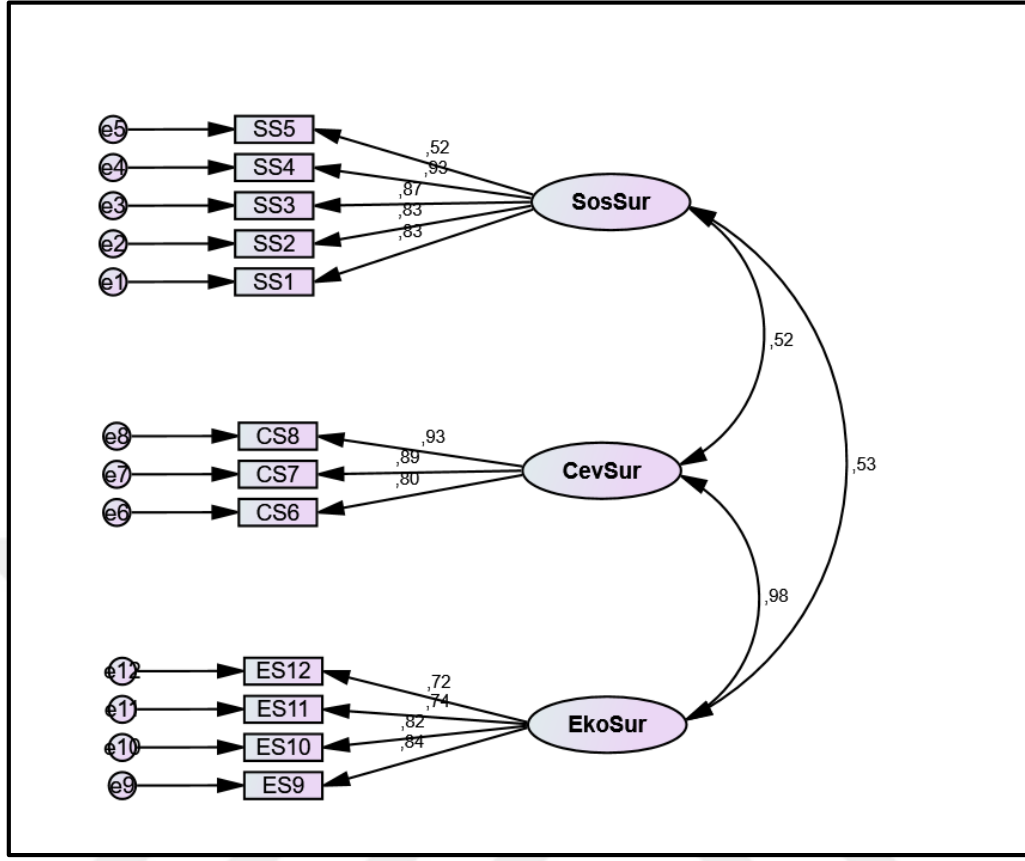
3.1.7. Normallik analizi

Tablo 3. Araştırma Değişkenlerine İlişkin arpıklık Basıklık Değerleri

	Skewness (arpıklık) Kat Sayısı	Kurtosis Katsayısı	(Basıklık)
Sosyal Sürdürülebilirlik	-,052		-1,339
Çevresel Sürdürülebilirlik	-,877		,198
Ekonomik Sürdürülebilirlik	-,577		-,466
Kavramsal Farkındalık	-,473		,036

Çarpıklık ve basıklık değerlerinin +2 ile -2 arasında olması araştırmaya ilişkin değişkenlerin normallik varsayımını yerine getirdiği şeklinde değerlendirilmektedir (Büyüköztürk, 2017: 58). Araştırmada kullanılan değişkenlere ilişkin arpıklık ve basıklık katsayıları hesaplanmış olup yukarıda verilen tabloda gösterilmiştir. Katsayılar incelendiğinde bütün değerlerin +2 ile -2 değer alığında yer aldığı görölmektedir. Bu nedenle değişkenlerin normal dağılıma uygun olduğunu söylemek mümkündür.

3.1.8. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeğinin Faktör Analizi



Şekil 8. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeği Maddelerinin Faktörlerinin Dağılımı

Tablo 4. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeğinde Kullanılan Maddelerin Faktörler Üzerindeki Etkileri

			Estimate	S.E.	C.R.	P
SS1	<---	SosSur	1,000			
SS2	<---	SosSur	,983	,045	21,644	***
SS3	<---	SosSur	1,075	,046	23,244	***
SS4	<---	SosSur	1,117	,043	25,897	***
SS5	<---	SosSur	,416	,035	11,749	***
CS6	<---	CevSur	1,000			
CS7	<---	CevSur	1,152	,050	22,825	***
CS8	<---	CevSur	1,174	,049	24,016	***
ES9	<---	EkoSur	1,000			
ES10	<---	EkoSur	,960	,044	21,617	***
ES11	<---	EkoSur	,884	,048	18,362	***
ES12	<---	EkoSur	,908	,051	17,765	***

***: p<0,001

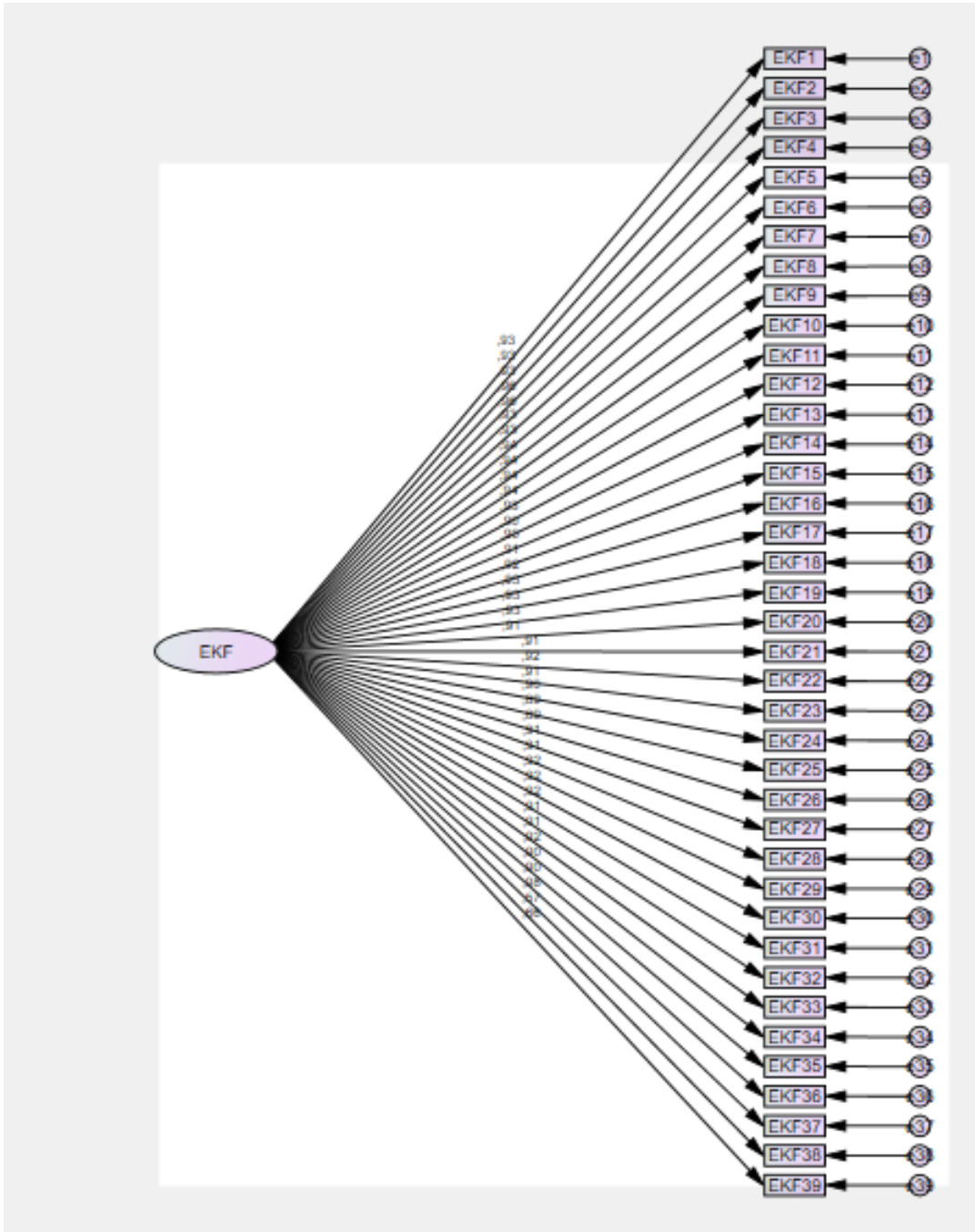
Ölçekte kullanılan maddelerin faktörler üzerindeki etkileri yukarıda verilen tabloda gösterildiği gibidir. Hesaplanan ve tabloda verilen anlamlılık (p) düzeyleri incelendiğinde tüm p değerlerinin 0,01

kritik değerinden daha dūřuk olduğu görülmektedir. Bu nedenle maddelerin faktörleri açıklamada anlamlı olduğu söylenebilir. Ancak maddelerin anlamlılığının yanı sıra faktör yapısının tamamının, diğer ifade ile modelin anlamlılığının da incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle model anlamlılığını inceleyen model indeks katsayıları incelenmelidir.

Tablo 5. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri leğinin Model Anlamlılığı İçin İndeks Katsayı Aralıkları

İndeks	İndek Değeri	En İyi Değer	Makul Değer
CMİN/DF	3,269	3'den Kuk	5'den Kuk
GFI	0,862	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
AGFI	0,888	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
NFI	0,897	%85 ve Yüksek	%80 ve Yüksek
CFI	0,907	%95 ve Yüksek	%90 ve Yüksek
PRATIO	0,873	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
PCFI	0,701	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
RMSEA	0,068	%5 ve Dşuk	%8 ve Dşuk
IFI	0,907	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek

Tabloda verilen indeks değerleri incelendiğinde faktör analizi için hesaplanan katsayılarının genellikle makul değer aralığında olduğu görülmektedir. Bu nedenle faktör analizinin uygun olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 9. Endüstri 4.0 Farkındalık Ölçeği Madedelerinin Faktörlerinin Dağılımı

Tablo 6. Endüstri 4.0 Farkındalık Ölçeği Madedelerinin Faktörlerinin Dağılımı

			Estimate	S.E.	C.R.	P
EKF1	<---	EKF	1,000			
EKF2	<---	EKF	,993	,026	37,893	***
EKF3	<---	EKF	,957	,025	37,874	***
EKF4	<---	EKF	1,003	,023	42,727	***
EKF5	<---	EKF	1,000	,023	43,537	***
EKF6	<---	EKF	,973	,025	38,244	***
EKF7	<---	EKF	,971	,025	38,725	***
EKF8	<---	EKF	,994	,025	40,170	***
EKF9	<---	EKF	1,010	,025	39,922	***
EKF10	<---	EKF	,973	,025	39,526	***
EKF11	<---	EKF	,992	,025	39,087	***
EKF12	<---	EKF	,992	,026	37,742	***
EKF13	<---	EKF	,976	,029	33,749	***
EKF14	<---	EKF	,974	,029	33,988	***
EKF15	<---	EKF	,957	,026	36,158	***
EKF16	<---	EKF	,982	,026	37,357	***
EKF17	<---	EKF	,982	,026	38,161	***
EKF18	<---	EKF	,987	,026	38,577	***
EKF19	<---	EKF	,981	,026	38,306	***
EKF20	<---	EKF	,978	,027	36,108	***
EKF21	<---	EKF	,995	,028	36,108	***
EKF22	<---	EKF	,964	,027	36,316	***
EKF23	<---	EKF	,976	,028	35,157	***
EKF24	<---	EKF	,973	,029	33,900	***
EKF25	<---	EKF	,953	,029	32,684	***
EKF26	<---	EKF	,951	,029	32,798	***
EKF27	<---	EKF	,941	,027	35,460	***
EKF28	<---	EKF	,955	,027	35,424	***
EKF29	<---	EKF	,961	,026	36,962	***
EKF30	<---	EKF	,967	,026	37,173	***
EKF31	<---	EKF	,954	,026	36,229	***
EKF32	<---	EKF	,963	,027	35,645	***
EKF33	<---	EKF	,976	,028	35,209	***
EKF34	<---	EKF	,955	,026	36,642	***
EKF35	<---	EKF	,953	,028	33,912	***
EKF36	<---	EKF	,965	,028	34,338	***
EKF37	<---	EKF	1,023	,021	49,023	***
EKF38	<---	EKF	,668	,046	14,392	***
EKF39	<---	EKF	,740	,041	17,964	***

***: p<0,001

Ölçekte kullanılan maddelerin faktörler üzerindeki etkileri yukarıda verilen tabloda gösterildiği gibidir. Hesaplanan ve tabloda verilen anlamlılık (p) düzeyleri incelendiğinde tüm p değerlerinin 0,01 kritik değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle maddelerin faktörleri açıklamada anlamlı olduğu söylenebilir. Ancak maddelerin anlamlılığının yanı sıra faktör yapısının tamamının, diğer ifade ile modelin anlamlılığının da incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle model anlamlılığını inceleyen model indeks katsayıları incelenmelidir.

Tablo 7. Endüstri 4.0 Farkındalık Ölçeğinin Model Anlamlılığını İçin İndeks Katsayı Aralıkları

İndeks	İndek Değeri	En İyi Değer	Makul Değer
CMİN/DF	7,791	3'den Küçük	5'den Küçük
GFI	0,821	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
AGFI	0,788	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
NFI	0,869	%85 ve Yüksek	%80 ve Yüksek
CFI	0,979	%95 ve Yüksek	%90 ve Yüksek
PRATIO	0,947	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
PCFI	0,843	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek
RMSEA	0,012	%5 ve Düşük	%8 ve Düşük
IFI	0,879	%90 ve Yüksek	%85 ve Yüksek

Tabloda verilen indeks değerleri incelendiğinde faktör analizi için hesaplanan katsayılarının genellikle makul değer aralığında olduğu görülmektedir. Bu nedenle faktör analizinin uygun olduğunu söylemek mümkündür.

3.1.9. Frekans Analizi

Araştırmanın bu bölümünde yapılan anket çalışmasından elde edilen demografik veriler özetlenerek tablo halinde sunulmuştur. Hazırlanan özet tabloda cinsiyet, medeni durum, yaş ve eğitim durumu değişkenlerinin dağılımları frekans ve yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 8. Demografik Değişkenlerle İlgili Frekans Analizi Sonuçları

		Frekans	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	262	56,7
	Erkek	200	43,3
Medeni Durum	Evli	293	63,4
	Bekar	169	36,6
Yaş	"20-30 Yaş"	246	53,2
	"31-40 Yaş"	123	26,6
	"41-50 Yaş"	46	10,0
	51+	47	10,2
Eğitim Durumu	"Lise"	31	6,7
	"Ön Lisans"	170	36,8
	"Lisans"	230	49,8
	"Yüksek Lisans veya Doktora"	31	6,7
Çalışma Süresi	"1-8 Yıl"	309	66,9
	"9-18 Yıl"	121	26,2
	"19-40 Yıl"	16	3,5
	"41-50 Yıl"	16	3,5

Yapılan araştırmada katılımcıların cinsiyet dağılımları incelendiğinde 262 kişinin kadın (%56,7), 200 kişinin erkek (%43,3) olduğu görülmüştür. Medeni durum dağılımları incelendiğinde ise 293 kişinin evli (%63,4) 169 kişinin ise bekar (%36,6) olduğu görülmektedir. Katılımcıların yaş dağılımı incelendiğinde 246 kişinin "20-30 Yaş" (%53,2) arasında, 123 kişinin "31-40 Yaş" (%26,6) arasında, 46 kişinin "41-50 Yaş" (%10,0) arasında ve 47 kişinin ise 51 yaş (%10,2) üzerinde olduğu görülmektedir. Eğitim durumu dağılımı incelendiğinde katılımcılardan 31 kişinin "Lise" (%6,7), 170

kişinin “Ön Lisans” (%36,8), 230 kişinin lisans (%49,8) ve 31 kişinin ise yüksek lisans (%6,7) düzeyinde eğitim aldığı gözlenmiştir. Son olarak katılımcıların çalışma süreleri incelenmiş ve katılımcılardan 309 kişinin “1-8 Yıl” (%66,9), 121 kişinin “9-18 Yıl” (%26,2), 16 kişinin “19-40 Yıl” (%3,5) ve 16 kişinin (%3,5) de “41-50 Yıl”dır hizmet süresinin olduğu görülmektedir.

3.1.10. Korelasyon Analizleri

Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçümlemek amacıyla uygulanan bir analiz yöntemidir. Bu analiz yöntemiyle ilişkilerin büyüklüğü ve yönü belirlenirken korelasyon katsayısından yararlanır. Bu değer en düşük -1 en yüksek +1 değerini alır. Katsayı değeri -1’e yaklaştıkça negatif güçlü, +1’e yaklaştıkça pozitif güçlü ilişki ve 0’a yaklaştıkça da değişkenler arasındaki ilişkisizlik artacaktır. Korelasyon analizi 2 değişken arasındaki ilişkiyi tespit edebilse bile hangi değişkenin hangi değişken üzerinde etkisi olduğunu saptayamamaktadır.

Tablo 9. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları İçin Korelasyon Analizi

	Sosyal Sürdürülebilirlik	Çevresel Sürdürülebilirlik	Ekonomik Sürdürülebilirlik	Endüstri 4.0
Sosyal Sürdürülebilirlik	1			
Çevresel Sürdürülebilirlik	,517**	1		
Ekonomik Sürdürülebilirlik	,524**	,842**	1	
Endüstri 4.0	,526**	,737**	,756**	1

Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları birbirleri üzerindeki etkileri korelasyon analizi yardımıyla incelenmiştir. Uygulanan analiz sonucunda hesaplanan korelasyon katsayıları özet tablo şeklinde sunulmuştur. Tabloya bakıldığında korelasyon katsayısı değerleri genellikle pozitif yönlü ve iyi bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Örnek olarak ekonomik sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik arasında ($r = 0,842$) pozitif yönlü ilişki olduğu görülmektedir. Genel olarak ilişkilerin pozitif yönlü ve yüksek olduğu görülse de bu ilişkilerin yönünü belirleyebilmek korelasyon analizi ile mümkün değildir. Bu bağlamda boyutlar arasındaki ilişkilerin neden sonuç açısından daha iyi açıklanabilmesi için regresyon analizi yapılmıştır.

3.1.11. Regresyon Analizi

Regresyon analizi için denklemden yararlanılmakta ve regresyon analizi için kurulacak denklem, $Y = \beta_0 + \beta_i X_i + \epsilon_i$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada X_i i. bağımsız değişkeni, Y bağımlı değişkeni, β_i i. bağımsız değişkene ait kat sayıyı, ϵ_i ise i. bağımlı değişkene sahip hata terimlerini ve β_0 sabit kat sayı değerini temsil etmektedir. Regresyon analizleri sonucunda elde edilen p değerleri 0,05'ten küçük ($p < 0,05$) ise H_1 hipotezleri kabul ve 0,05'te küçük ($p > 0,05$) ise H_1 hipotezleri reddedilmektedir (Kalaycı, 2006: 79).

“Endüstri 4.0’ın, sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları üzerinde etkisi vardır” hipoteziyle ilgili regresyon analizi sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 10. Endüstri 4.0’ın Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Üzerindeki Etkilerine İlişkin Regresyon Analizi Değerleri

Boyutlar	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri					
	Sosyal Sürdürülebilirlik		Çevresel Sürdürülebilirlik		Ekonomik Sürdürülebilirlik	
	β	P	β	P	B	P
Sabit Katsayı	1,165	,000	1,608	,000	1,587	,000
Endüstri 4.0	,526	,000	,737	,000	,756	,000
Model Anlamlılığı	(Sig.)=0,000		(Sig.)=0,000		(Sig.)=0,000	
Açıklama Yüzdesi	$(r^2) = 0,526$		$(r^2) = 0,737$		$(r^2) = 0,756$	

Endüstri 4.0’ün Sosyal Sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen değerler regresyon tablosunda görüldüğü gibidir. Tablo incelendiğinde Endüstri 4.0’ün Sosyal Sürdürülebilirlik ($p=0,000$) üzerinde etkisi tespit edilmiş ve ilgili hipotezler kabul edilmiştir ($p < 0,05$).

Sosyal Sürdürülebilirlik için kabul edilen hipoteze yönelik regresyon denklemi; $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 = \text{Sosyal Sürdürülebilirlik} = 1,165 + 0,526 \text{ Endüstri 4.0}$

Regresyon denklemi incelendiğinde Endüstri 4.0'ün Sosyal Sürdürülebilirlik üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu görülmektedir. Regresyon denklemine bakarak, “Endüstri 4.0”ın 1 birim artması halinde, “Sosyal Sürdürülebilirlik” değerlerinde 0,526 birimlik artış olacağı, diğer bir ifade ile Endüstri 4.0'ün Sosyal Sürdürülebilirliği %52,6 oranında pozitif yönlü etkilediğini söylemek mümkündür.

Endüstri 4.0'ün Çevresel Sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen değerler regresyon tablosunda görüldüğü gibidir. Tablo incelendiğinde Endüstri 4.0'ün Çevresel Sürdürülebilirlik ($p=0,000$) üzerinde etkisi tespit edilmiş ve ilgili hipotezler kabul edilmiştir ($p<0,05$).

Çevresel Sürdürülebilirlik için kabul edilen hipoteze yönelik regresyon denklemi; $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 = \text{Çevresel Sürdürülebilirlik} = 1,608 + 0,737 \text{ Endüstri 4.0}$

Regresyon denklemi incelendiğinde Endüstri 4.0'ün Çevresel Sürdürülebilirlik üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu görülmektedir. Regresyon denklemine bakarak, Endüstri 4.0'ın 1 birim artması halinde Çevresel Sürdürülebilirlik değerlerinde 0,737 birimlik artış olacağı, diğer bir ifade ile Endüstri 4.0'ün Çevresel Sürdürülebilirliği %73,7 oranında pozitif yönlü etkilediğini söylemek mümkündür.

Endüstri 4.0'ün Ekonomik Sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen değerler regresyon tablosunda görüldüğü gibidir. Tablo incelendiğinde Endüstri 4.0'ün Ekonomik Sürdürülebilirlik ($p=0,000$) üzerinde etkisi tespit edilmiş ve ilgili hipotezler kabul edilmiştir ($p<0,05$).

Ekonomik Sürdürülebilirlik için kabul edilen hipoteze yönelik regresyon denklemi; $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 = \text{Ekonomik Sürdürülebilirlik} = 1,587 + 0,756 \text{ Endüstri 4.0}$

Regresyon denklemi incelendiğinde Endüstri 4.0'ün Ekonomik Sürdürülebilirlik üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu görülmektedir. Regresyon denklemine bakarak, “Endüstri 4.0'ın” 1 birim artması halinde “Ekonomik Sürdürülebilirlik” değerlerinde 0,756 birimlik artış olacağı, diğer bir ifade ile Endüstri 4.0'ün Ekonomik Sürdürülebilirliği %75,6 oranında pozitif yönlü etkilediğini söylemek mümkündür.

3.1.12. Farklılık (Anova) Analizleri

Bu çalışma için yapılan “H2: Demografik değişkenler açısından; pozitif liderliğin davranışları ile çalışanların işyerinde duygusal iyi oluş düzeyleri arasında fark vardır” hipotezi ile ilgili analiz sonuçları aşağıda yer almaktadır.

3.1.12.1. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Cinsiyete Göre Gösterdiği Farklılıklar

“H2a: Bireylerin cinsiyeti, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.” hipoteziyle ilgili t- testi sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 11. Cinsiyet ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri

Düzeyler	Cinsiyet	N	Ort.	t Değeri	p Değeri	Hipotez
Sosyal Sürdürülebilirlik	Kadın	262	3,2168	-,368	,713	H ₂ Red
	Erkek	200	3,2560			
Çevresel Sürdürülebilirlik	Kadın	262	3,9453	1,572	,117	H ₂ Red
	Erkek	200	3,8050			
Ekonomik Sürdürülebilirlik	Kadın	262	3,7519	2,271	,024	H ₂ Kabul
	Erkek	200	3,5588			
Endüstri 4.0	Kadın	262	3,5110	,710	,478	H ₂ Red
	Erkek	200	3,4701			

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının cinsiyete bağlı gösterdiği farklılıklar t-testi yardımıyla test edilmiştir. Yapılan test sonucunda Sosyal Sürdürülebilirlik (H₁, p=0,713), Çevresel Sürdürülebilirlik (H₁, p=0,117) ve Endüstri 4.0 (H₁, p=0,478) etkenleri için ilgili hipotezlerin desteklenmediği diğer bir ifadeyle cinsiyete bağlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05). Ancak ekonominin sürdürülebilirliği (H₁, p=0,024) için ilgili hipotezin desteklendiği diğer bir ifadeyle cinsiyete bağlı farklılık gösterdiği tespit

edilmiştir ($p < 0,05$). Ortalamalar incelendiğinde kadınların ekonomik sürdürülebilirlik ortalamalarının erkeklerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.1.12.2. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Medeni Duruma Göre Gösterdiği Farklılıklar

“H2b: Bireylerin medeni durumu, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.” hipoteziyle ilgili t- testi sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 12. Medeni Durum ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri

Düzeyler	Medeni Durum	N	Ort.	t Değeri	p Değeri	Hipotez
Sosyal Sürdürülebilirlik	Evli	293	3,2020	-,792	,429	H ₂ Red
	Bekar	169	3,2888			
Çevresel Sürdürülebilirlik	Evli	293	3,8976	,397	,692	H ₂ Red
	Bekar	169	3,8619			
Ekonomik Sürdürülebilirlik	Evli	293	3,6715	,102	,919	H ₂ Red
	Bekar	169	3,6627			
Endüstri 4.0	Evli	293	3,4782	-,698	,485	H ₂ Red
	Bekar	169	3,5195			

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının Medeni Duruma bağlı gösterdiği farklılıklar t-testi yardımıyla test edilmiştir. Yapılan test sonucunda Sosyal Sürdürülebilirlik (H1, $p=0,429$), Çevresel Sürdürülebilirlik (H1, $p=0,692$), Ekonomik Sürdürülebilirlik (H1, $p=0,919$) ve Endüstri 4.0 (H1, $p=0,485$) etkenleri için ilgili hipotezlerin desteklenmediği diğer bir ifadeyle medeni duruma bağlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

3.1.12.3. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Yaşa Göre Gösterdiği Farklılıklar

“H2c: “Bireylerin yaşı, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.” hipoteziyle ilgili f- testi sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 13. Yaş ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri

Düzeyley	Yaş	N	Ort.	f	p	Hipotez
Sosyal Sürdürülebilirlik	“20-30 Yaş”	246	3,2146			
	“31-40 Yaş”	123	3,2407	,113	,952	H ₂ Red
	“41-50 Yaş”	46	3,2304			
	51+	47	3,3191			
Çevresel Sürdürülebilirlik	“20-30 Yaş”	246	3,8347			
	“31-40 Yaş”	123	4,0136	1,315	,269	H ₂ Red
	“41-50 Yaş”	46	3,9275			
	51+	47	3,7660			
Ekonomik Sürdürülebilirlik	“20-30 Yaş”	246	3,6555			
	“31-40 Yaş”	123	3,7378	,930	,426	H ₂ Red
	“41-50 Yaş”	46	3,7283			
	51+	47	3,4947			
Endüstri 4.0	“20-30 Yaş”	246	3,4969			
	“31-40 Yaş”	123	3,5153			
	“41-50 Yaş”	46	3,4632	,184	,907	H ₂ Red
	51+	47	3,4463			

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının yaş bağılı gösterdiği farklılıklar f-testi yardımıyla test edilmiştir. Yapılan test sonucunda Sosyal Sürdürülebilirlik (H1, p=0,952), Çevresel Sürdürülebilirlik (H1, p=0,269), Ekonomik Sürdürülebilirlik (H1, p=0,426) ve Endüstri 4.0 (H1, p=0,907) etkenleri için ilgili hipotezlerin desteklenmediği diğer bir ifadeyle yaşa bağılı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05).

Tablo incelendiğinde cinsiyete göre değerlendirilen “Endüstri 4.0 sanal kullanım” ve “Endüstri 4.0 bilgisi” ve “Teknolojinin vazgeçilmezleri” faktörleriyle anlamlı bir farklılık olduğu, fakat incelenen diğer faktörlerle cinsiyet arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir

3.1.12.4. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Eğitim Durumuna Göre Gösterdiği Farklılıklar

H2d: “Bireylerin eğitim durumu, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.

Tablo 14. Eğitim Durumu ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri

Düzeyleyler	Eğitim Durumu	N	Ort.	f Değeri	p Değeri	Hipotez
Sosyal Sürdürülebilirlik	“Lise”	31	3,2516	,629	,597	H ₂ Red
	“Ön Lisans”	170	3,1400			
	“Lisans”	230	3,2957			
	“Yüksek Lisans veya Doktora”	31	3,2710			
Çevresel Sürdürülebilirlik	“Lise”	31	3,9462	,189	,904	H ₂ Red
	“Ön Lisans”	170	3,8471			
	“Lisans”	230	3,9072			
	“Yüksek Lisans veya Doktora”	31	3,8602			
Ekonomik Sürdürülebilirlik	“Lise”	31	3,8548	1,453	,227	H ₂ Red
	“Ön Lisans”	170	3,6044			
	“Lisans”	230	3,7163			
	“Yüksek Lisans veya Doktora”	31	3,4758			
Endüstri 4.0	“Lise”	31	3,6088	,768	,513	H ₂ Red
	“Ön Lisans”	170	3,4502			
	“Lisans”	230	3,5142			
	“Yüksek Lisans veya Doktora”	31	3,4591			

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının Eğitim Durumuna bağlı gösterdiği farklılıklar f-testi yardımıyla test edilmiştir. Yapılan test sonucunda Sosyal Sürdürülebilirlik (H1, p=0,597), Çevresel Sürdürülebilirlik (H1, p=0,904), Ekonomik Sürdürülebilirlik (H1, p=0,227) ve Endüstri 4.0 (H1, p=0,513) etkenleri için ilgili hipotezlerin desteklenmediği diğer bir ifadeyle eğitim durumuna bağlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05).

3.1.12.5. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Çalışma Süresine Göre Gösterdiği Farklılıklar

H2e: “Bireylerin çalışma süresi, endüstri 4.0 sistemleri ve işletmelerin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır.” hipoteziyle ilgili f- testi sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 15. Çalışma Süresi ile Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları Arasındaki İlişki için t-Testi Değerleri

Düzeyler	Çalışma Süresi	N	Ort.	f Değeri	p Değeri	Hipotez
Sosyal Sürdürülebilirlik	“1-8 Yıl”	309	3,2401	,180	,910	H ₂ Red
	“9-18 Yıl”	121	3,2000			
	19-90 Yıl	16	3,4125			
	“41-50 Yıl”	16	3,1875			
Çevresel Sürdürülebilirlik	“1-8 Yıl”	309	3,9536	1,923	,125	H ₂ Red
	“9-18 Yıl”	121	3,7576			
	19-90 Yıl	16	3,5833			
	“41-50 Yıl”	16	3,8125			
Ekonomik Sürdürülebilirlik	“1-8 Yıl”	309	3,7484	2,687	,043	H ₂ Kabul
	“9-18 Yıl”	121	3,5165			
	19-90 Yıl	16	3,5313			
	“41-50 Yıl”	16	3,4063			
Endüstri 4.0	“1-8 Yıl”	309	3,5316	1,315	,269	H ₂ Red
	“9-18 Yıl”	121	3,4255			
	19-90 Yıl	16	3,4215			
	“41-50 Yıl”	16	3,3381			

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının Çalışma Süresine bağlı gösterdiği farklılıklar f-testi yardımıyla test edilmiştir. Yapılan test sonucunda Sosyal Sürdürülebilirlik (H1, p=0,713), Çevresel Sürdürülebilirlik (H1, p=0,117) ve Endüstri 4.0 (H1, p=0,478) etkenleri için ilgili hipotezlerin desteklenmediği diğer bir ifadeyle çalışma süresine bağlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05). Ancak Ekonomik Sürdürülebilirlik (H1, p=0,043) için ilgili hipotezin desteklendiği diğer bir ifadeyle çalışma süresine bağlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (p<0,05).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının lojistik süreçlere olan etkilerinin analizi sonrasında elde edilen bulgular ve diğer araştırma sonuçları;

Endüstri 4.0, tedarik zinciri yönetiminde temel bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu sanayi devrimi ve SFS'ler, Nİ ve Büyük veri Analitik dahil olmak üzere bu devrimi mümkün kılan teknolojiler, tedarik zinciri boyunca yüksek düzeyde bağlantı, şeffaflık, özerklik, işbirliği ve esnekliğin olduğu entegre ve uçtan uca tedarik zincirlerinin oluşturulmasının temelini atabilir. Babiceanu ve Seker'e göre (2016: 135) Nİ, SFS'ler ve Büyük veri Analitik gibi Endüstri 4.0 itici güçleri artık kuruluşlar için neredeyse yaygın bir şekilde kullanılabilir durumdadır.

Tedarik zinciri süreçlerinin entegrasyonunun, teknolojik yeniliklerin başarılı bir şekilde uygulanmasını ve hayata geçirilmesini gerektiren uçtan uca tedarik zincirlerinin geliştirilmesi üzerindeki kritik etkisi göz önüne alındığında, gelecekteki araştırmalar, tedarik zinciri yönetiminde Endüstri 4.0 operasyonel perspektifinin benimsenmesini etkileyen örgütsel ve kültürel faktörlerin araştırılmasına odaklanabilir. Yönetimsel çıkarımlar, önerilen çerçevenin geliştirilmesiyle sonuçlanan keşifsel ve sistematik literatür taraması, kuruluşlarda karar verme sürecine önemli destek sağlayabilir. Fatorachian ve Kazemi'ye göre (2021: 77). entegre ve uçtan uca tedarik zincirleri oluşturmak için gereken temel teknolojik yeniliklerin etkileşimini içerdiğinden ve Endüstri 4.0'ı etkinleştiren teknolojilerin getirdiği yeteneklerin tedarik zincirinde nasıl performans iyileştirmelerine yol açabileceğini gösterdiğinden, Endüstri 4.0'ın tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir. Bu nedenle, ileri teknolojik yeniliklerin tedarik zincirine yerleştirilmesi için operasyonel bir yapı sağlayabilir ve tedarik zinciri yönetiminde entegrasyona ve performans iyileştirmelerinin gerçekleştirilmesine olanak tanıyabilir.

Endüstri 4.0 işletmelerim gelişmesine ve sürekliliğine destek olmaktadır. Fatorachian ve Kazemi'ye göre ise (2021: 77). Kuruluşların tedarik zincirlerindeki performans iyileştirme sorununa yeni bakış açıları Teorik çıkarımlar, tartışıldığı üzere, sistem teorisine dayalı olarak, bireysel tedarik zinciri süreçlerindeki performansın iyileştirilmesi, entegre uçtan uca iş süreçlerinin oluşturulması ve yüksek düzeyde entegrasyon ve bilgi paylaşımının sağlanması yoluyla tüm tedarik zincirinin performansını artırabilir. Tüm tedarik zinciri performansının iyileştirilmesi, bireysel tedarik zinciri süreçlerinin performansının artırılmasına yol açabilir. Bu yeni etkileşim, sistem teorisi tarafından öngörülenin ötesinde ortaya çıkmıştır ve bu

alandaki teorik gelişmelere değerli bir katkı sağlayabilir. Dolayısıyla, Endüstri 4.0 konusuna ışık tutmakla ve kuruluşların tedarik zincirlerindeki performans iyileştirme sorununa yeni bakış açıları sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda sistem teorisine yönelik yeni yaklaşımlar geliştirmek için bir platform sağlamaktadır.

Sistemdeki ani değişikliklere yönelik olarak esnek davranabilen ekonomik ve sosyal sistemler geliştirmeli ve Endüstri 4.0 stratejileri oluşturulmalıdır. Bag, vd.,ne göre (2018: 1) yatırım desteğinin önceliklendirilmesi ve teknoloji yakınsamasını kolaylaştırabilecek bir sistemin oluşturulması için üst yönetim ikna edilmelidir. Yöneticiler aynı zamanda yeni istihdam modelleri üzerinde hareket etmeli ve sistemi sürekli iyileştirmek için planlar oluşturmalıdır. Ayrıca yöneticiler, yüksek teknoloji araştırma ve geliştirmeleri kolaylaştırmak için işbirliğine dayalı bir platform oluşturmaya odaklanmalıdır. Son olarak, tedarik zinciri ağındaki tüm eylemleri izlemek için bir performans yönetim sistemi geliştirmek şarttır. Özgünlük/değer - İki bağımsız konunun entegre edilmesi, mevcut çalışmanın özgünlüğüdür. Burada, Endüstri 4.0 ve tedarik zinciri sürdürülebilirliği araştırma çerçevesini oluşturmak için entegre edilmiş ve böyle bir süreçte yazarlar mevcut bilgi tabanını genişletmiştir.

Bir tedarik zincirindeki ekonomik iyileştirmeler, daha hızlı ve daha gelişmiş üretim sistemi sayesinde üretim süresinin azalması nedeniyle daha fazla üretim; yüksek esneklik; minimum teslim süresi; otomasyonda artış ve gelişmiş bilgi paylaşımını içerir. Ek olarak, çevresel iyileştirmeler arasında daha az yakıt tüketimi, CO2 emisyonunda azalma ve daha az atık bulunmaktadır. Sosyal iyileştirmeler ise yeni bir iş sistemi, teknolojik ilerlemeler nedeniyle iş davranışlarında değişim, şirketin daha iyi itibarı ve dinamik tedarik zinciri ağlarının oluşturulmasını içermektedir. Endüstri 4.0, işletmelerin geleneksel süreçlerini akıllı üretime, akıllı depolara, akıllı teslimatlara ve akıllı fabrikalara kaydırmalarına yol açmıştır. Bu dijital sanayi çağında, sanayi sektörü tedarik zinciri süreçlerini değiştirmek için dijital teknolojilerin benimsenmesine daha fazla önem vermelidir (Naseem ve Yang, 2021: 21).

Endüstri 4.0; SFS, Nİ ve bulut bilişim tarafından desteklenen dijital bir devrim yaratmıştır. Endüstri 4.0'ın akıllı üretim ve üretim süreçlerinin oluşturulması gibi birçok faydası bulunmaktadır. Bu faydaların aksine, tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkileyebilecek bazı olumsuz etkileri de bulunmaktadır ve bu da araştırmacıları bu çalışmayı yapmaya teşvik etmiştir. Çalışma, tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin temel Endüstri 4.0 etkinleştiricilerini belirleyerek bilgi tabanını daha da genişletmiştir. Tedarik zinciri sürdürülebilirliğini etkileyen 13 etkinleştiriciyi gösteren bir çerçeve önerilmiştir. Bu

kolaylaştırıcılar devlet desteği; araştırma enstitüleri ve üniversitelerin desteği; istihdama ilişkin yasa ve politikalar; gelişmiş BT güvenliği ve standartları; yönetim taahhüdü; insan sermayesine odaklanma; değişim yönetimi; yatay entegrasyon; dikey entegrasyon; standardizasyon ve referans mimari; ve kurumsal yönetim ve üçüncü taraf denetimleridir (Bağ, vd., 2018: 16).



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının lojistik süreçlere olan etkilerinin analizi sonrasında bulgular, literatürdeki benzer çalışmalardaki bulgular ve oluşturulan öneriler;

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre “Endüstri 4.0”ın, “Ekonomik Sürdürülebilirliği” pozitif yönlü etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşılık Kurt ve Karal’a göre (2021,36), dijitalleşmenin dijital dönüşümün yadsınamaz bir unsuru olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda, tedarik zincirinin sürdürülebilir olması ve dijital dönüşüm için işletmelerin dijital bir işletme hüviyetine kavuşmaları önerilebilir. Dijital işletme hüviyetine kavuşmak isteyen işletmelerin sistemsel hatalara karşı önleyici faaliyetler kapsamında yazılım departmanı kurmasında fayda vardır. Dijitalleşme, günümüzde kullanılan programlara bakılınca maliyet olarak çok yüksek görünse de iyi bir yazılım ekibi sayesinde işletmelerin kendi programlarını yazmaları ve maliyetleri düşürmelidirler.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre “Endüstri 4.0”ın, “Sosyal Sürdürülebilirliği” pozitif yönlü etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşılık AB Komisyonu’na göre (2021), Endüstri 5.0 vizyonu, verimlilik ve dayanıklılıkta artış için, dijitalleşme ve yapay zeka odaklı teknolojilere daha fazla odaklanarak kendisini göstermiştir. Ghobaklo’ya göre (2020,252), işletmelerin iş modellerindeki dijital yenilikleri, çalışma koşullarında bir çok iyileştirmeler ve sosyal sürdürülebilirlik anlamında işlevsellik kazandırdığı belirtilmiştir. Bunun sonucunda ekonomik refahın arttığı gözlemlenmiştir.. İşletmelerin iş modellerinde yapacakları dijital yenilikler sayesinde çalışma koşullarının daha iyi olacağı ve sosyal sürdürülebilirliği arttıracığı, bu nedenle işletmelerin dijitalleşme adımlarını atmaları tavsiye edilir. Günümüzün moda kavramı “Çalışabilir İş Yeri” olmak için, işletmelerin olabildiğince hızlı bir şekilde dijitalleşme adımlarını atmaları gerekir.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre “Endüstri 4.0”ın, “Çevresel Sürdürülebilirliği” pozitif yönlü etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşılık Türk ve Öztekin’e göre (2021, 221-248), sürdürülebilirlik, işletmenin stratejik hedeflerinin bütünleştirilmesi ve çevre dahil işletmedeki tüm süreçlerin, kesintisiz bir şekilde sistemsel anlamda düzenlenmesidir şeklinde açıklanmıştır. İşletmelerde bulunan tüm departmanlar ve bu departmanlarda gerçekleşen süreçlerin çevreye bağlı hareket etmeleri, işletmelere sürdürülebilir işletme hüviyeti kazandırmaktadır. Bu nedenle işletmelerin süreçlerini iyileştirmesi ve kesintisiz hale getirmesi için sürdürülebilir olmalıdırlar.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre “Tedarik Zinciri Uygulamaları” ve “Çalışma Süreleri” açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Mani vd’e göre (2015, 234-251), sosyal sürdürülebilirlik, tedarik zincirindeki tüm paydaşların refahını arttırmanın yolunun sürdürülebilirliği etkileyecek sosyal konulara yönelmekle gerçekleşeceği şeklinde açıklanmıştır. İşletmelerde sosyal sürdürülebilirliğin arttırılması için tedarikçi ve çalışanlar olarak iki kısımda değerlendirilmesi tavsiye edilir. Tedarikçi seçiminde, sosyal anlamda sorumlu tedarikçi seçimi önerilir. Çalışanlarla ilgili ücretlendirmede adalet ve sosyal hakların iyileştirmesi tavsiye edilir. Tedarik zincirinin tüm paydaşları birer bağımsız işletme olmaları nedeniyle, zincirdeki bir işletmenin sosyal sürdürülebilirlik anlamında diğerlerinden geri kalması, zincirin zarar görmesi ve/veya bozulması anlamına gelebilir. Bu nedenle işletmelerin sadece kendi işletmeleri değil, tedarikçi seçiminde de sosyal sürdürülebilirlik anlamında sorumlu tedarikçilerle çalışmalıdırlar.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre teknolojinin vazgeçilmez avantajları açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Sarı vd.’e göre (2021, 15), İşletmelerin tedarik zincirinde bütünleşmenin gerçekleşebilmesinin, Endüstri 4.0 tabanlı dijital uygulamalarla sağlanabileceği belirtilmiştir. RFID teknolojisi ile ürünlerin izlenebilirliği, blok-zincir uygulaması ile ise güvenli bir şekilde ürün, para ve belge paylaşımı yapılabilmesinin sağlandığından bahsedilmiştir. Bu gibi yeniliklerin, tedarik zincirlerinin etkinliğini artırdığı ve sürdürülebilir partiklerinin hayata geçirilişini kolaylaştırdığı vurgulanmıştır. Tedarik zincirinin sürdürülebilir hale gelmesi için, tedarik zincirinde bulunan ürünlerin izlenebilirliğinin artırılması ve bu süreçte, ürün, para ve belge paylaşımının güvenli bir şekilde yapıldığına dikkat edilmelidir. Bu nedenle, ürünlerin izlenebilirliğiyle ilgili RFID teknolojisinin kullanımı tavsiye edilir. Güvenli bir şekilde ürün, para ve belge paylaşımı için ise blok-zincir uygulaması kullanılmalıdır.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre ekonominin sürdürülebilirliği açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Sheth vd’e göre (2011, 39), kişisel refahın, yani bireyin, ailesinin veya toplumsal refahın, sürdürülebilirliğin sosyal boyutu anlamında öneminin çok fazla olduğu belirtilmiştir. Tüketicinin, kişisel refah üzerinde yarattığı etki vurgulanmıştır. Sürdürülebilirliğin sosyal boyutunu iyileştirme çabalarında, tüketicinin kişisel refah üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi tavsiye edilir. Bireyin refahı aileyi, ailenin refahı ise toplumun refahını etkileyeceği düşünülmelidir. Bu nedenle yapılacak iyileştirmelerle, kişinin yaşam kalitesinin artırılması tavsiye edilir. Eğitim, sağlık, kültürel kimlik vb.

iyileştirmelerin de sürdürülebilirliğinin sosyal boyutuna doğrudan etkide bulunduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre sosyal sürdürülebilirlik açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Lowell Center For Sustainable Project'e göre (1998), çalışanlar, toplum ve nihai tüketiciler için güvenilir bir sürdürülebilir üretim için ödüllendirici süreç ve sistemler kullanarak üretim yapılmasının faydalı olacağı şeklinde tanımlanmıştır. Çevreyi, enerjiyi ve doğal kaynakları koruyan, ekonomik ve sürdürülebilir üretimle ilgili yaratıcı fikirlere sahip çalışanlar ödüllendirilmelidir.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Braccini ve Margherita'ya göre (2019, 36), Endüstri 4.0 uygulamalarının üretimde kullanılmasında üç ayrı boyuta katkılarıyla açıklanmıştır. Üretimde verimlilik ve kalitenin artırılması ekonomik boyuta, malzeme ve enerji kullanım miktarlarının takibi çevresel boyuta, güvenli çalışma ortamı, daha az iş yükü ve iş zenginleştirme ile sosyal boyuta katkıların olacağı açıklanmıştır. Sürdürülebilirliği üç boyut olarak ele aldığımızda, ekonomik boyutta verimlilik ve ürün kalitesinin artırılması, çevresel boyutta malzeme ve enerji kullanım miktarlarının takibi, sosyal boyutta ise daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanması, daha az iş yükü ve iş zenginleştirilmesi hedeflenmelidir. Bu hedeflere ulaşabilmede katkısı olacağı öngörülen Endüstri 4.0 uygulamaları üretimde süreçlerinde kullanılmalıdır.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre Endüstri 4.0 yeniliklerine uyum açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Kiel, Muller, Arnold ve Voigh'e göre (2017, 21), Nesnelerin İnterneti'nin, rekabetçilik, kaynak etkinliği ve daha kısa işlem süreleri gibi faydalar sağladığı, işletmelerle yaptıkları görüşmeler ışığında açıklanmıştır. Ancak, teknik bütünleşme ve organizasyonel kültürün uygunlaşması gibi konularda daha fazla çalışılması gerektiği belirtilmiştir. Nesnelerin İnterneti'nin, teknik bütünleşme ve organizasyonel kültürün uygunlaşması gibi konularda eksiklikleri olduğu ve bu konuda daha fazla çalışma yapılmalıdır.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre ekonomik sürdürülebilirlik açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık Benotsmane, Kovacs ve Dudas'a göre (2019, 143), Endüstri 4.0 tabanlı otonom robotların, sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarına faydalarının, farklı sektör ve uygulama alanları ile çok yönlü olacağı açıklanmıştır. Endüstri 4.0 temelli sürdürülebilirliğin kazanımlarının artırılmasında, otonom robotların kullanılmasının, işyeri güvenliği ve iş refahı oluşturma, gelişmiş iş tatmini yaratma,

yaralanma ve ölümlerin, ağır işlerin, çalışma saatlerinin azaltılması gibi etkileri göz önünde bulundurulması ve bu nedenle otonom robotların daha farklı sektör ve uygulama alanlarında kullanımını artırılmalıdır.

Bu araştırmanın analiz bulgularına göre çevresel sürdürülebilirlik açısından çalışanlar arasında tespit edilmiştir. Buna karşılık. Buna karşılık Arowoshegbe, Emmanuel ve Gina'ya göre (2016, 88) insanın yaşam kalitesini artırması ile ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanabileceği belirtilmiş olup, bu nedenle çevresel sürdürülebilirliğin tesis edilmesine ilginin arttığı belirtilmiştir. Endüstri 4.0 adına atılacak her adımda, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmamız gereği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca Mondejar vd. göre (2021, 2) Ekonomik Sürdürülebilirliğin temelinde verimli kaynak kullanımının önemi açıklanmıştır. Kaynakların verimli kullanılabilmesi için, kararların isabetli olmasının önemi üzerinde durulmuştur. Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan dijitalleşme sayesinde işletmelerin yönetilmesinin daha şeffaf hal alacağı ve böylece daha hesap verebilir olacağı vurgulanmıştır. Endüstri 4.0 ile işletmelerin kazanımlarından birisi olan dijitalleşme sayesinde, işletmelerin daha isabetli kararlar alabilecekleri ve kaynaklarını daha verimli kullanabilecekleri incelenmiş olup, ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için işletmelerin dijitalleşme adımlarını atmaları gerekmektedir.

Bu araştırmanın sonucunda, lojistik süreçlere etkisi bakımından Endüstri 4.0 ve STZ uygulamaların birbiriyle entegre bir biçimde olumlu yönde etkileri olduğu hem literatür taramasında hem de analiz bulgularıyla görülmüştür. Literatüre ve lojistik firmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca; Beşinci Endüstri Devrimi ile ilgili de bir çalışma yapılması ve lojistik süreçlere etkisinin zaman-insan ilişkileri açısından incelenmesinin literatüre katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Abor, J., & Quartey, P. (2010). Issues in SME development in Ghana and South Africa. *International research journal of finance and economics*, 39(6), 215-228.
- Acar, Ö. E., & Çağlıyan, V. (2021). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları ve Dış Kaynak Kullanımının İşletme Performansına Etkisi: Otomotiv Sektöründe Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 408-433.
- Acar, Ö. E., & Çağlıyan, V. (2021). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları ve Dış Kaynak Kullanımının İşletme Performansına Etkisi: Otomotiv Sektöründe Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 408-433.
- Accorsi, R., Cascini, A., Cholette, S., Manzini, R., & Mora, C. (2014). Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics*, 152, 88-101.
- Adebayo, A. O., Chaubey, M. S., & Numbu, L. P. (2019). Industry 4.0: The fourth industrial revolution and how it relates to the application of internet of things (iot). *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*, 5(2), 2477-2482.
- ADEC Innovations, (2022). What is social sustainability? <https://www.adecesg.com/resources/faq/what-is-social-sustainability/>(Erişim Tarihi: 26.09.2022).
- Agard, C., & von Davier, A. (2018). The virtual world and reality of testing: Building virtual assessments. *Technology enhanced innovative assessment: Development, modeling, and scoring from an interdisciplinary perspective*, 1-30.
- Aghion, P., Hemous, D., & Veugelers, R. (2009). *No green growth without innovation*. Bruegel Policy Brief, 1-8.
- Akkaya, M., & Kaya, H. (2019, October). Innovative and smart technologies in logistics. In *17th International Logistics and supply chain congress* (pp. 97-105).
- Aktaş, F., Çeken, C., & Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 37-54.
- Al Zaabi, S., Al Dhaheri, N., & Diabat, A. (2013). Analysis of interaction between the barriers for the implementation of sustainable supply chain management. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68, 895-905.
- Alay, C., Säfssten, K. and Johansson, G. (2017). Conceptual sustainable production principles in practice: Do they reflect what companies do?, *Journal of Cleaner Production*, 141, pp. 693-701.
- Alhaddi, H. (2015). Triple bottom line and sustainability: A literature review. *Business and Management Studies*, 1(2), 6-10.

- Ali, S. S., Kaur, R., & Khan, S. (2022). Evaluating sustainability initiatives in warehouse for measuring sustainability performance: An emerging economy perspective. *Annals of Operations Research*, 1-40.
- Alias, C., Nikolaev, I., Magallanes, E. G. C., & Noche, B. (2018, July). An overview of warehousing applications based on cable robot technology in logistics. In *2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)* (pp. 232-239). IEEE.
- Alzoubi, H., Ahmed, G., Al-Gasaymeh, A., & 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.
- Arditi, D., Polat, G., & Makinde, S. A. (2008). Marketing practices of US contractors. *Journal of Management in Engineering*, 24(4), 255-264.
- Arowoshegbe, A. O., Emmanuel, U., & Gina, A. (2016). Sustainability and triple bottom line: An overview of two interrelated concepts. *Igbinedion University Journal of Accounting*, 2(16), 88-126.
- Artiach, T., Lee, D., Nelson, D., & Walker, J. (2010). The determinants of corporate sustainability performance. *Accounting & Finance*, 50(1), 31-51.
- Asadollahi-Yazdi, E., Couzon, P., Nguyen, N. Q., Ouazene, Y., & Yalaoui, F. (2020). Industry 4.0: Revolution or Evolution?. *American Journal of Operations Research*, 10(06), 241.
- Ashby, A., Leat, M., & Hudson-Smith, M. (2012). Making connections: a review of supply chain management and sustainability literature. *Supply chain management: an international journal*, 17(5), 497-516.
- Aydın, B. (2020). *Lojistik yönetiminde yapay zekânın rolü*. <https://www.lojistikcilerinsesi.biz/> (Erişim Tarihi: 04.13.2020).
- Aylak, B. L., Kayıkcı, Y., & Taş, M. A. (2020). Türkiye’de Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Dijital Trendlerinin İncelenmesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15(57), 98-116.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, 6(4), 355-385.
- Babiceanu, R. F., & Seker, R. (2016). Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. *Computers in industry*, 81, 128-137.
- Bag, S., Telukdarie, A., Pretorius, J. C., & Gupta, S. (2018). Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. *Benchmarking: An International Journal*, (1), 1-41.

- Bag, S., Telukdarie, A., Pretorius, J. C., & Gupta, S. (2018). Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. *Benchmarking: An International Journal*, (1), 1-41.
- Balqiah, T. E., Yuliati, E., Astuti, R. D., & Sobari, N. (2017). Corporate social responsibility: Linkage business performance and social performance. *The South East Asian Journal of Management*, 11(2), 3.
- Barnett, M. L. (2007). Stakeholder influence capacity and the variability of financial returns to corporate social responsibility. *Academy of management review*, 32(3), 794-816.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bayraktar, A. N. (2022). 3D Printing and Logistics. In *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains* (pp. 63-82). Springer, Singapore.
- Bayuk, M. N., & Öz, A. (2017). Nesnelerin İnterneti ve İşletmelerin Pazarlama Faaliyetlerine Etkileri. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 43, 41-58.
- Bechtold, J., Kern, A., Lauenstein, C., & Bernhofer, L. (2014). Industry 4.0-the capgemini consulting view. *Capgemini Consulting*, 31, 32-33.
- Benotsmene, R., Kovács, G., & Dudás, L. (2019). Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. *Social Sciences*, 8(5), 143.
- Berg, Christian (2020). *Sustainable action : overcoming the barriers*. 1st Edition, Abingdon, London: Routledge, 01-318.
- Beske, P., Land, A., & Seuring, S. (2014). Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *International journal of production economics*, 152, 131-143.
- Beyer, M. A., & Laney, D. (2012). The importance of “big data”: A definition. Gartner.
- Bilgin, E. (2021). Industry 4.0 and sustainable supply chain. *Marmara University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 43(1), 123-144.
- Biz4intellia, (2022). *IoT in transportation 6 widespread applications of iot in logistics industry*. [https:// www.biz4intellia.com/](https://www.biz4intellia.com/) (Erişim Tarihi: 26.12.2022).
- Bolumole, Y. A. (2001). The supply chain role of third-party logistics providers. *The International Journal of Logistics Management*, 12(2), 87-102.
- Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. *Journal of cleaner production*, 45, 1-8.

- Borgi, T., Zoghalmi, N., & Abed, M. (2017, January). Big data for transport and logistics: A review. In *2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET)* (pp. 44-49). IEEE.
- Braccini, A., & Margherita, E. (2019). Exploring organizational sustainability of industry 4.0 under the triple bottom line: The case of a manufacturing company. *Sustainability*, 11(1), 36.
- Brotherton, B., & Shaw, J. (1996). Towards an identification and classification of critical success factors in UK hotels plc. *International journal of hospitality management*, 15(2), 113-135.
- Brotherton, B., Heinhuis, E., Miller, K., & Medema, M. (2003). Critical success factors in UK and Dutch hotels. *Journal of Services Research*, 2(2), 47-78.
- Brown, B., Chui, M., & Manyika, J. (2011). Are you ready for the era of 'big data'. *McKinsey Quarterly*, 4(1), 24-35.
- Brzeziński, Ł. (2022). Robotic process automation in logistics: a case study of a production company. *European Research Studies Journal*, XXV(2B), 307-315.
- Büyüköztürk, Ş. (2001). *Deneysel desenler*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Cardin, O. (2019). Classification of cyber-physical production systems applications: Proposition of an analysis framework. *Computers in Industry*, 104, 11–21.
- Carroll, A. B. (1979). A three-dimensional conceptual model of corporate performance. *Academy of management review*, 4(4), 497-505.
- Carroll, A. B. (2015). Corporate social responsibility. *Organizational dynamics*, 44(2), 87-96.
- Castelo Branco, M., & Lima Rodrigues, L. (2007). Positioning stakeholder theory within the debate on corporate social responsibility. *EJBO-Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*. s.--.
- Chen, C. P., & Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information sciences*, 275, 314-347.
- Chen, C. P., & Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information sciences*, 275, 314-347.
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile networks and applications*, 19, 171-209.
- Ciliberti, F., Pontrandolfo, P., & Scozzi, B. (2008). Investigating corporate social responsibility in supply chains: a SME perspective. *Journal of cleaner production*, 16(15), 1579-1588.
- Cirulis, A., & Ginters, E. (2013). Augmented reality in logistics. *Procedia Computer Science*, 26, 14-20.

- Cirulis, A., & Ginters, E. (2013). Augmented reality in logistics. *Procedia Computer Science*, 26, 14-20.
- Cowen, D. (2014). *The deadly life of logistics: Mapping violence in global trade*. U of Minnesota Press. p. --.
- Čujan, Z., Fedorko, G., & Mikušová, N. (2020). Application of virtual and augmented reality in automotive. *Open Engineering*, 10(1), 113-119.
- Čujan, Z., Fedorko, G., & Mikušová, N. (2020). Application of virtual and augmented reality in automotive. *Open Engineering*, 10(1), 113-119.
- Čujan, Z., Fedorko, G., & Mikušová, N. (2020). Application of virtual and augmented reality in automotive. *Open Engineering*, 10(1), 113-119.
- Čujan, Z., Fedorko, G., & Mikušová, N. (2020). Application of virtual and augmented reality in automotive. *Open Engineering*, 10(1), 113-119.
- Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Güncel Uygulamalar Tuğba Sarı, Cengiz Yılmaz, Gülhan Çam, Editör: Dr. Öğr. Üyesi Eda Fendoğlu © Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti. Mayıs, Ankara, 2021. s. 15.
- DARPA, (2015). Team KAIST. DARPA robotics challenge. <http://www.theroboticschallenge.org/finalist/kaist> (Retrieved from: 02.02.2015).
- Delen, D., Hardgrave, B. C., & Sharda, R. (2007). RFID for better supply-chain management through enhanced information visibility. *Production and operations management*, 16(5), 613-624.
- Demidenko, D., Malevskaia-Malevich, E., & Dubolazova, Y. (2018). Optimization of the innovation process management at a manufacturing enterprise. *Advanced Science Letters*, 24(9), 6308-6310.
- Dennis, J. H., Lopez, R. G., Behe, B. K., Hall, C. R., Yue, C., & Campbell, B. L. (2010). Sustainable production practices adopted by greenhouse and nursery plant growers. *HortScience*, 45(8), 1232-1237.
- Doğan, O., & Baloğlu, N. (2020). Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyleri. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 13(1), 126-142.
- DOĞAN, O., & BALOĞLU, N. (2020). Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyleri. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 13(1), 126-142.
- Doran, D., Hill, A., Hwang, K. S., & Jacob, G. (2007). Supply chain modularisation: Cases from the French automobile industry. *International Journal of Production Economics*, 106(1), 2-11.
- Dukyil, A., Mohammed, A., & Darwish, M. (2018). Design and optimization of an RFID-enabled passport tracking system. *Journal of Computational Design and Engineering*, 5(1), 94-103.

- Duroc, Y., & Kaddour, D. (2012). RFID potential impacts and future evolution for green projects. *Energy Procedia*, 18, 91-98.
- Duroc, Y., & Tedjini, S. (2018). RFID: A key technology for Humanity. *Comptes Rendus Physique*, 19(1-2), 64-71.
- Duroc, Y., & Tedjini, S. (2018). RFID: A key technology for Humanity. *Comptes Rendus Physique*, 19(1-2), 64-71.
- Echelmeyer, W., Kirchheim, A., & Wellbrock, E. (2008, September). Robotics-logistics: Challenges for automation of logistic processes. In *2008 IEEE International Conference on Automation and Logistics* (pp. 2099-2103). IEEE.
- Efthymiou, O. K., & Ponis, S. T. (2021). Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(21), 1-27.
- Egorova, N. E., Egorova, N. E., Bakhtizin, A. R., & Torzhevskiy, K. A. (2011). Scenarios of the RTS Index dynamics during the after-crisis rehabilitation of the Russian stock market. *Egorova NE, Bakhtizin AR, Torzhevskiy KA//Economics and mathematical methods/Russian Academy of Sciences. Moscow*, 47(2), 54-58.
- El Hamdi, S., & Abouabdellah, A. (2022). Logistics: Impact of Industry 4.0. *Applied Sciences*, 12(9), 4209.
- Elbasani, E., Siriporn, P., & Choi, J. S. (2020). A Survey on RFID in Industry 4.0. *Internet of Things for Industry 4.0: Design, Challenges and Solutions*, 1-16.
- Elizarov, A. A., Bashkevich, S. V., Lavrukhin, I. R., Larionov, A. A., & Karavashkina, V. N. (2019, March). Development of intelligent RFID-system for logistics Processes. In *2019 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications* (pp. 1-5). IEEE.
- Elkington, J. (2004). Enter the Triple Bottom Line. In Henriques, A. and Richardson, J. (Eds.), *The Triple Bottom Line, Does It All Add Up? Assessing the Sustainability of Business and CSR* (1- 16). London: Earthscan.
- Elkington, J. (2013). Enter the triple bottom line. In *The triple bottom line: Does it all add up?* (pp. 1-16). Routledge.
- Elmurzayevich, M. O. (2020). Cloud technology to ensure the protection of fundamental methods and use of information. *International Journal on Integrated Education*, 3(10), 313-315.
- Elmurzayevich, M. O. (2020). Cloud technology to ensure the protection of fundamental methods and use of information. *International Journal on Integrated Education*, 3(10), 313-315.
- Engle, R. L. (2007). Corporate social responsibility in host countries: a perspective from American managers. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 14(1), 16-27.

- Epstein, M. J. (1996). You've got a great environmental strategy-Now what?. *Business Horizons*, 39(5), 53-60.
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105064.
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. (s. --).
- Evtodieva, T. E., Chernova, D. V., Ivanova, N. V., & Kisteneva, N. S. (2019). Logistics 4.0. In *Sustainable Growth and Development of Economic Systems: Contradictions in the Era of Digitalization and Globalization* (pp. 207-219). Cham: Springer International Publishing.
- Evtodieva, T. E., Chernova, D. V., Ivanova, N. V., & Kisteneva, N. S. (2019). Logistics 4.0. In *Sustainable Growth and Development of Economic Systems: Contradictions in the Era of Digitalization and Globalization* (pp. 207-219). Cham: Springer International Publishing.
- Fabianová, J., Kačmáry, P., Molnar, V., & Michalik, P. (2016). Using a software tool in forecasting: a case study of sales forecasting taking into account data uncertainty. *Open Engineering*, 6(1), 270–279.
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81.
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81.
- Fernandez, M. A. (2017). *How IoT is disrupting logistics*. <https://medium.com/iot-security-review/> (Erişim Tarihi: 26.12.2017).
- Fitzgerald, J. & Quasney, E. (2017). Using Autonomous Robots to Drive Supply Chain Innovation. Deloitte Research Report, New York.
- Forsyth, E., and Woods, C. (2022). Supply Chain Integration Overview & Use. Business Production and Operations: Help and Review, <https://study.com/learn/lesson/html> (Erişim Tarihi: 05.25.2022).
- Frazzon, E. M. (2009). *Sustainability and Effectiveness in Global Logistic Systems* (Vol. 11). GITO mbH Verlag. p.--.
- Frazzon, E. M. (2009). *Sustainability and Effectiveness in Global Logistic Systems* (Vol. 11). GITO mbH Verlag.
- Frazzon, E. M., Agostino, Í. R. S., Broda, E., & Freitag, M. (2020). Manufacturing networks in the era of digital production and operations: A socio-cyber-physical perspective. *Annual reviews in control*, 49, 288-294.
- Frazzon, E. M., Hartmann, J., Makuschewitz, T., & Scholz-Reiter, B. (2013). Towards socio-cyber-physical systems in production networks. *Procedia Cirp*, 7, 49-54.

- Frazzon, E. M., Hartmann, J., Makuschewitz, T., & Scholz-Reiter, B. (2013). Towards socio-cyber-physical systems in production networks. *Procedia Cirp*, 7, 49-54.
- Frazzon, E. M., Hartmann, J., Makuschewitz, T., & Scholz-Reiter, B. (2013). Towards socio-cyber-physical systems in production networks. *Procedia Cirp*, 7, 49-54.
- Frazzon, E. M., Kück, M., & Freitag, M. (2018). Data-driven production control for complex and dynamic manufacturing systems. *CIRP Annals*, 67(1), 515-518.
- Friedrich, C., & Isaacs, E. (2010). Service Delivery to SMMEs: A Pilot Study of SMMEs in the Western Cape, South Africa. *South Asian Journal of Management*, 17(1), 7-22.
- Georgakopoulos, D., Jayaraman, P.P., Fazia, M., Villari, M., Ranjan, M.R. (2016). Internet of Things and Edge Cloud Computing Roadmap for Manufacturing. *IEEE Computer Society*. 64.
- Ghobakhloo, M., I., (2020). 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, (252).
- Golpîra, H., Khan, S. A. R., & Safaeipour, S. (2021). A review of logistics internet-of-things: Current trends and scope for future research. *Journal of Industrial Information Integration*, 22, 100-194.
- Gomez, M., Grand, S., & Gatzju Grivas, S. (2015). Digitalisation in logistics and the role of cloud computing: How cloud computing will change the game. *Logistics Innovation Technologie*, 2. 1-7.
- Gonzalez-Perez, M. A., & Leonard, L. (2015). The global compact: Corporate sustainability in the post 2015 world. In *Beyond the UN global compact: Institutions and regulations* (Vol. 17, pp. 1-19). Emerald Group Publishing Limited.
- Gooch, M. (2005). *Drivers, benefits and critical success factors of developing closely-aligned agri-food value chains* (No. 861-2019-2012). s. --.
- Gouda, S. K., & Saranga, H. (2018). Sustainable supply chains for supply chain sustainability: impact of sustainability efforts on supply chain risk. *International Journal of Production Research*, 56(17), 5820-5835.
- Goyal, P., Rahman, Z., & Kazmi, A. A. (2013). Corporate sustainability performance and firm performance research: Literature review and future research agenda. *Management Decision*, 51(2), 361-379.
- Gudienė, N., Banaitis, A., Banaitienė, N., & Lopes, J. (2013). Development of a conceptual critical success factors model for construction projects: a case of Lithuania. *Procedia Engineering*, 57, 392-397.
- Hąbek, P., & Lavios Villahoz, J. J. (2018). Analysis of sustainable production practices implemented by car manufacturers. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 1, 837-843.

- Hall, J.K., Daneke, G.A. and Lenox M.J. (2010). Sustainable Development and Entrepreneurship: Past Contributions and Future Directions. *Journal of Business Venturing*, 25(5), 439-448.
- Hammerschmid, S. (2017). Chances for virtual and augmented reality along the value chain. In *Systems, Software and Services Process Improvement: 24th European Conference, EuroSPI 2017, Ostrava, Czech Republic, September 6–8, 2017, Proceedings 24* (pp. 352-359). Springer International Publishing.
- Handfield, R., Sroufe, R., & Walton, S. (2005). Integrating environmental management and supply chain strategies. *Business strategy and the environment*, 14(1), 1-19.
- Hediger, W. (2010). Welfare and capital-theoretic foundations of corporate social responsibility and corporate sustainability. *The Journal of Socio-Economics*, 39(4), 518-526.
- Hofmann, E., & Osterwalder, F. (2017). Third-party logistics providers in the digital age: towards a new competitive arena?. *Logistics*, 1(9), 1-28.
- Hofmann, E., & Osterwalder, F. (2017). Third-party logistics providers in the digital age: towards a new competitive arena?. *Logistics*, 1(9), 1-28.
- Hohenstein, F. & Wagner, O. (2017) Robots in Picking Logistics, Miebach Consulting Research Report, München.
- Hong, J., Zhang, Y., & Ding, M. (2018). Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of cleaner production*, 172, 3508-3519.
- Hoversten, S., & Baker, M. (2007). *Developing a Sustainable Customer Experience Management Plan for Public Land Management*. College of Business, 1-12.
- Hsu, A., & Zomer, A. (2014). Environmental performance index. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1-5.
- Hsu, C. C., Tan, K. C., & Mohamad Zailani, S. H. (2016). Strategic orientations, sustainable supply chain initiatives, and reverse logistics: Empirical evidence from an emerging market. *International journal of operations & production management*, 36(1), 86-110.
- Hutchison, J. (2017). Integrating environmental criteria into purchasing decisions: value added?. In *Greener Purchasing* (pp. 164-178). Routledge.
- Isasi, N. K. G., Frazzon, E. M., & Uriona, M. (2015). Big data and business analytics in the supply chain: a review of the literature. *IEEE Latin America Transactions*, 13(10), 3382-3391.
- Ivankova, G. V., Mochalina, E. P., & Goncharova, N. L. (2020, September). Internet of Things (IoT) in logistics. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940(1), 1-8.

- İşık, İ. (2022). *Üniversite öğrencilerinin bakış açısıyla, endüstri 4.0 yaklaşımına yönelik farkındalığın belirlenmesi: Aydın ADÜ örneği* (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü), s. 98.
- Jannadi, M. O. (1997). Reasons for construction business failures in Saudi Arabia. *Project Management Journal*, 28(2), 32-36.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*.
- Jazdi, N. (2014, May). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In *2014 IEEE international conference on automation, quality and testing, robotics* (pp. 1-4). IEEE.
- Jeske, M., Grüner, M., & Weiß, F. (2013). Big data in logistics: a DHL perspective on how to move beyond the hype. *DHL Customer Solutions & Innovation*, 12, 1-30.
- John, M. (2018). Sustainable business model innovation: A review. *Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Science Edition*, 17(6), 69-82.
- Junge, A. L. (2019). Digital transformation technologies as an enabler for sustainable logistics and supply chain processes—an exploratory framework. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(3), 462-472.
- Jüttner, U., H. Peck, and M. Christopher. 2003. "Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research." *International Journal of Logistics: Research and Applications* 6 (4): 197–210.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 working group. BOOK, Forschungsunion.
- Kalaycı, 2006: 116): Kalaycı, Şeref (2006); SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistikleri Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, 2. Baskı, Ankara
- Kampf, R., Hlatká, M., & Bartuška, L. (2018). Optimization of production logistics. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 12(4), 151–156.
- Karakostas, B., & Bessis, N. (2016, March). Intelligent brokers in an internet of things for logistics. In *Proceedings of the International Conference on Internet of things and Cloud Computing* (pp. 1-7).
- Karkula, M., & Stryhunińska, O. (2017). The use of virtual factory concepts and models for facilitating logistic systems and operations. In *Carpathian logistics congress (CLC'2016)* (pp. 456-462). Zakopane, Poland: Tanger LTD.
- Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia manufacturing*, 21, 782-789.

- Kenton, W., Boyle, M. J., and Kvilhaug, S. (2022). *Triple Bottom Line*. Corporate Finance Accounting, <https://www.investopedia.com/terms/t/> (Erişim Tarihi: 09.09.2022).
- Kern, D., R. Moser, E. Hartmann, and M. Moder. 2012. "Supply Risk Management: Model Development and Empirical Analysis." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 42 (1): 60–82.
- Khiema, B. B. (2018). Industry 4.0 impact on logistics in Vietnam. *International Journal of Economics, Business and Management Research*, 2(1), 227-234.
- Khiema, B. B. (2018). Industry 4.0 impact on logistics in Vietnam. *International Journal of Economics, Business and Management Research*, 2(1), 227-234.
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International journal of innovation management*, 21(08), 1740015.
- Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, T. P., & Linkov, I. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated environmental assessment and management: An international journal*, 1(2), 95-108.
- Kim, K. D., & Kumar, P. R. (2012). Cyber–physical systems: A perspective at the centennial. *Proceedings of the IEEE*, 100(Special Centennial Issue), 1287-1308.
- Klaus, F. (2016). *RFID-tehnologii*. Spravochnoe posobie. Moskva, DMK Press, Dodehka.
- Kloski, L., & Kloski, N. (2017). *Začínáme s 3D tiskem*. 1. vyd. Brno: Computer Press.
- Klumpp, M., Hesenius, M., Meyer, O., Ruiner, C., & Gruhn, V. (2019). Production logistics and human-computer interaction—state-of-the-art, challenges and requirements for the future. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105, 3691-3709.
- Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017). Digital supply chain transformation toward blockchain integration. s. --.
- Kotler, P., and Lee, N. (2007). *Marketing in the Public Sector*, Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publishing.
- Kshetri, N. (2014). Big data' s impact on privacy, security and consumer welfare. *Telecommunications Policy*, 38(11), 1134-1145.
- Kubáč, L., & Kodym, O. (2017). The impact of 3D printing technology on supply chain. In *MATEC web of conferences* (Vol. 134, p. 00027). EDP Sciences. s. --.
- Kubáč, L., & Kodym, O. (2017). The impact of 3D printing technology on supply chain. 18th International Scientific Conference, (134), EDP Sciences, 1-8.
- Kubasáková, I., Kampf, R., & Stopka, O. (2014). Logistics information and communication technology. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 16(2), 9-13.

- Kumar, S. K., M. Tiwari, and R. F. Babiceanu. 2010. "Minimisation of Supply Chain Cost with Embedded Risk using Computational Intelligence Approaches." *International Journal of Production Research* 48 (13): 3717–3739.
- Kurt, D., & Karal, F. S. (2021). The Importance of Social Sustainability in Digital Transformation: A New Definition Proposal. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 7, 28-44. s. 36.
- Kückelhaus, M., & Chung, G. (2018). *Logistics trend radar, DHL customer solutions & innovation*. Germany. Available on the Internet: www.dhl.com (23.12.2018).
- Kückelhaus, M., & Chung, G. (2018). *Logistics trend radar, DHL customer solutions & innovation*. Germany. Available on the Internet: www.dhl.com (23.12.2018).
- Larson, A. L., Teisberg, E. O., & Johnson, R. R. (2000). Sustainable business: opportunity and value creation. *Interfaces*, 30(3), 1-12.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.
- Lin, L. C. (2009). An integrated framework for the development of radio frequency identification technology in the logistics and supply chain management. *Computers & Industrial Engineering*, 57(3), 832-842.
- Linton, J., Klassen, R. and Jayaraman, V. (2007), "Sustainable supply chains: an introduction", *Journal of Operations Management*, Vol. 25 No. 6, pp. 1075-82.
- Lippman, S. (2001). Supply chain environmental management. *Environmental Quality Management*, 11(2), 11-11.
- Lojistik Hatti, (2020). *Audi, lojistik planlamada artırılmış gerçeklik kullanıyor*. <https://www.lojistikhatti.com/haber/> (Erişim Tarihi: 08.12.2020).
- Lopienski, Kristina (2021). *How sustainable supply chain management improves ecommerce stores*. <https://www.shipbob.com/> (Erişim Tarihi: 09.08.2021).
- Lowell Center for Sustainable Production. (1998). Sustainable production: a working definition. In *Informal Meeting of the Committee Members*. (s. --).
- Lu, W., Shen, L., & Yam, M. C. (2008). Critical success factors for competitiveness of contractors: China study. *Journal of construction engineering and management*, 134(12), 972-982.
- Mahadea, D., & Pillay, M. K. (2008). Environmental conditions for SMME development in a South African province. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 11(4), 431-448.
- Majid, I. A., & Koe, W. L. (2012). Sustainable entrepreneurship (SE): A revised model based on triple bottom line (TBL). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2(6), 293.

- Mani, V., Agrawal, R., & Sharma, V. (2015). Supply Chain Social Sustainability: A Comparative Case Analysis in Indian Manufacturing Industries. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 189, 234-251.
- Maplesden, P. (2022). *7 benefits of RFID in supply chain management and logistics*. <https://www.techtarget.com/searcherp/tip/> (Published: 23.09.2022).
- Maplesden, P. (2022). *7 benefits of RFID in supply chain management and logistics*. <https://www.techtarget.com/searcherp/tip/> (Published: 23.09.2022).
- Mathivathanan, D., Kannan, D., & Haq, A. N. (2018). Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 284-305.
- Matos, S., & Hall, J. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of operations management*, 25(6), 1083-1102.
- Mchunu, T. N. (2015). *Critical success factors for small and medium sized construction contractors in Pietermaritzburg*. University of Kwazulu-Natal, College of Law And Management Studies Supervisors Permission To Submit Thesis/ Dissertation For Examination, Doctoral dissertation, 1-75.
- Menon, R. R., & Ravi, V. (2021). Analysis of barriers of sustainable supply chain management in electronics industry: an interpretive structural modelling approach. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 100026.
- Michel, H., & Christensson, E. (2021). Framework For Enabling Structured Communication of Security Vulnerabilities in the Production Domain in Industry 4.0.
- Mikavicaa, B., Kostić-Ljubisavljevića, A., & Radonjić, V. (2015, July). Big data: challenges and opportunities in logistics systems. In *Proceedings of the 2nd Logistics International Conference* (pp. 185-190). Belgrade, Serbia: LOGIC.
- Mikavicaa, B., Kostić-Ljubisavljevića, A., & Radonjić, V. (2015, July). Big data: challenges and opportunities in logistics systems. In *Proceedings of the 2nd Logistics International Conference* (pp. 185-190). Belgrade, Serbia: LOGIC.
- Mikušová, N., Čujan, Z., & Tomková, E. (2017). Robotization of logistics processes. In *MATEC web of conferences*, 134, 1-8.
- Mikušová, N., Čujan, Z., & Tomková, E. (2017). Robotization of logistics processes. In *MATEC web of conferences*, 134, 1-8.
- Miller, K. (2020). *The Triple Bottom Line: What It Is & Why It's Important*. Harvard Business Review.
- Mochtar, K., & Arditi, D. (2001). Role of marketing intelligence in making pricing policy in construction. *Journal of management in Engineering*, 17(3), 140-148.

- Modica, T., Colicchia, C., Tappia, E., & Melacini, M. (2021). Empowering freight transportation through Logistics 4.0: a maturity model for value creation. *Production Planning & Control*, 1-16.
- Mondejar, M. E., Avtar, R., Diaz, H. L. B., Dubey, R. K., Esteban, J., Gómez-Morales, A., ... & Garcia-Segura, S. (2021). Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a Smart Green Planet. *Science of The Total Environment*, 794, 1-17.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., ... & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, 65(2), 621-641.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., ... & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, 65(2), 621-641.
- Montalvo, C., Tang, P., Mollas-Gallart, J., Vivarelli, M., Marsilli, O., Hoogendorn, J., Butter, M., Jansen, G., Braun, A. (Eds.), (2006). Driving Factors and Challenges for EU Industry and the Role of R&D and Innovation. *European Techno-Economic Policy Support Network, Brussels (ETEPS AISBL Report to the European Commission Directorate General Joint Research Centre e IPTS, Seville)*.
- 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), 1-10.
- Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—the case of Hungary. *Sustainability*, 10(10), 3491.
- Naseem, M. H., & Yang, J. (2021). Role of Industry 4.0 in Supply Chains Sustainability: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(17), 1-23.
- Naseem, M. H., & Yang, J. (2021). Role of Industry 4.0 in Supply Chains Sustainability: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(17), 1-23.
- Noor, A. (2022). Adoption of Blockchain Technology Facilitates a Competitive Edge for Logistic Service Providers. *Sustainability*, 14(23), 15543.
- Norman, W., & MacDonald, C. (2004). Getting to the bottom of “triple bottom line”. *Business ethics quarterly*, 14(2), 243-262.
- Özan, Mustafa. "Süreç yönetimi ve süreç iyileştirmenin işletme performansına etkilerinin analizi." *İşletme Araştırmaları Dergisi* 13, no. 2 (2021): 1144-1161.
- Öztuna, B. (2022). Logistics 4.0 and Technologic Applications. *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains*, book (AFSGFTA), 9-27.
- Park, A., & Li, H. (2021). The effect of blockchain technology on supply chain sustainability performances. *Sustainability*, 13(4), 1726.
- Parwekar, P. (2011, September). From internet of things towards cloud of things. In *2011 2nd international conference on computer and communication technology (ICCCCT-2011)* (pp. 329-333). IEEE.

- Pivoto, D. G., de Almeida, L. F., da Rosa Righi, R., Rodrigues, J. J., Lugli, A. B., & Alberti, A. M. (2021). Cyber-physical systems architectures for industrial internet of things applications in Industry 4.0: A literature review. *Journal of manufacturing systems*, 58, 176-192.
- Prabhu, T. (2016). Modern Rapid 3D printer-A Design Review. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(3), 29–37.
- Prasad, D. S., Pradhan, R. P., Gaurav, K., & Sabat, A. K. (2020). Critical success factors of sustainable supply chain management and organizational performance: an exploratory study. *Transportation Research Procedia*, 48, 327-344.
- Prasad, D. S., Pradhan, R. P., Gaurav, K., Chatterjee, P. P., Kaur, I., Dash, S., & Nayak, S. (2018). Analysing the critical success factors for implementation of sustainable supply chain management: an Indian case study. *Decision*, 45, 3-25.
- Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298.
- Prokesch, S. (2010). The sustainable supply chain. *Harvard Business Review*, 88(10), 70-72. P--
- Průmyslové roboty a manipulátory, (2017). Available online: http://www.kod.tul.cz/predmety/AOV/Vyuka/prednaska_robot.pdf (2017).
- Quarshie, A. M., Salmi, A., & Leuschner, R. (2016). Sustainability and corporate social responsibility in supply chains: The state of research in supply chain management and business ethics journals. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(2), 82-97.
- Radivojević, G. (2016). *Information management in logistics, faculty of transport and traffic engineering*. University of Belgrade.
- Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2019). The concept of logistics 4.0. In *4th Logistics International Conference*, 23-25 May, 283-292.
- Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2019, May). The concept of logistics 4.0. In *4th Logistics International Conference*, 283-292.
- Radivojević, G., Bjelić, N., & Popović, D. (2017). Internet of things in logistics. In *Proceedings of the 3th Logistics International Conference–LOGIC*, 185-190.
- Radivojević, G., Bjelić, N., & Popović, D. (2017). Internet of things in logistics. In *Proceedings of the 3th Logistics International Conference–LOGIC*, 185-190.
- Rajkumar, R. (2012). A cyber–physical future. *Proceedings of the IEEE*, 100(Special Centennial Issue), 1309-1312.
- Ramsey, Jeffrey L. (2015). On not defining sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 28(6), 1075-1087.

- Rao, P. (2002). Greening the supply chain: a new initiative in South East Asia. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(6), 632-655.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment international*, 30(5), 701-720.
- Robot, (2017). Available online: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/87/8701.jpg> (2017)
- Rogers, H., Baricz, N., & Pawar, K. S. (2016). 3D printing services: classification, supply chain implications and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46, 886–907.
- Rwelamila, P. D., Lobelo, L., & Kupakuwana, P. S. (2004). Insolvencies among civil engineering enterprises in South Africa-a time to reflect. *Cost Engineering*, 46(7), 12-14.
- Salem, M. A., Shawtari, F., Shamsudin, M. F., & Hussain, H. B. I. (2018). The consequences of integrating stakeholder engagement in sustainable development (environmental perspectives). *Sustainable Development*, 26(3), 255-268.
- Samper, L. F., Giovannucci, D., & Vieira, L. M. (2017). *The powerful role of intangibles in the coffee value chain* (Vol. 39). WIPO.
- Sarkis, J. (1999). How green is the supply chain? Practice and research. *Graduate School of Management Clark University*, 1-40.
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of cleaner production*, 11(4), 397-409.
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of cleaner production*, 11(4), 397-409.
- Sarvari, P.A., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I. and Cebi, S. (2018), “Technology Roadmap for Industry 4.0”, in Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds.), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*, Springer: Cham, pp. 95-103.
- Scheirer, M. A. (2005). Is sustainability possible? A review and commentary on empirical studies of program sustainability. *American Journal of Evaluation*, 26(3), 320-347.
- Schlick, J. (2012, May). Cyber-physical systems in factory automation-Towards the 4th industrial revolution. In *2012 9th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems* (pp. 55-55). IEEE.
- Scholze, S., & Barata, J. (2016, April). Context awareness for flexible manufacturing systems using cyber physical approaches. In *Doctoral conference on computing, electrical and industrial systems* (pp. 107-115). Springer, Cham.
- Scholz-Reiter, B., Makuschewitz, T., Novaes, A. G., Frazzon, E. M., & Lima Jr, O. F. (2011). An approach for the sustainable integration of production and transportation

- scheduling. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 10(2), 158-179.
- Schuh, G., Bernardy, A., Zeller, V., & Stich, V. (2017, September). New requirement analysis approach for cyber-physical systems in an intralogistics use case. In *Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 149-156). Springer, Cham.
- Seuring, S. (2013). A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. *Decision support systems*, 54(4), 1513-1520.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 16(15), 1699-1710.
- Sheridan, T. B. (2016). Human–robot interaction: status and challenges. *Human factors*, 58(4), 525-532.
- Sheth, J.N., Sethia, N.K., & Srinivas, S. (2011). Mindful consumption: a customer-centric approach to sustainability. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39(1), 21-39.
- Silva, N., Barros, J., Santos, M. Y., Costa, C., Cortez, P., Carvalho, M. S., & Gonçalves, J. N. (2021). Advancing logistics 4.0 with the implementation of a big data warehouse: A demonstration case for the automotive industry. *Electronics*, 10(18), 1-18.
- Simchi-Levi, D., Schmidt, W., Wei, Y., Zhang, P. Y., Combs, K., Ge, Y., ... & Zhang, D. (2015). Identifying risks and mitigating disruptions in the automotive supply chain. *Interfaces*, 45(5), 375-390.
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work. *Indiana business review*, 86(1), 1-9.
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work. *Indiana business review*, 86(1), 1-9.
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work. *Indiana business review*, 86(1), 1-9.
- Smith, S., & Wheeler, J. (2002). *Managing the customer experience: Turning customers into advocates*. Pearson Education.
- Song, Y., Yu, F. R., Zhou, L., Yang, X., & He, Z. (2020). Applications of the Internet of things (IoT) in smart logistics: a comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 4250-4274.
- Spangenberg, J. (2005). Economic sustainability of the economy: Constructs and indicators. *International Journal of Sustainable Development*, 8(1/2), 47-64.
- Stanciu, A. C., Constandache, M., & Condrea, E. (2014). Concerns about the sustainable performance of firm in the context of quality management systems implementation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 131, 340-344.

- Stopka, O., & Kampf, R. (2018). Determining the most suitable layout of space for the loading units' handling in the maritime port. *Transport*, 33(1), 280–290.
- Stopka, O., & Stopková, M. (2018). Optimization process of the stock quantity based on a set of criteria when considering the interaction among logistics chain components. In: *22nd International Scientific on Conference Transport Means, 3-5 October 2018*. Kaunas, Lithuania: Kaunas University of Technology, Lithuania, 737–742.
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359-369.
- Strandhagen, J. W., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., & Vallandingham, L. R. (2017). The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: a multiple case study. *Advances in Manufacturing*, 5, 344-358.
- Stuermer, M., Abu-Tayeh, G., & Myrach, T. (2017). Digital sustainability: basic conditions for sustainable digital artifacts and their ecosystems. *Sustainability science*, 12, 247-262.
- Sujitha, R., Maheswari, B. U., & Raj, L. I. K. (2022). A Study on Impact of Industry 4.0 on Supply Chain Efficiency Among Manufacturing Firms. In *Industry 4.0 and Advanced Manufacturing: Proceedings of I-4AM 2022* (pp. 385-396). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International journal of production economics*, 103(2), 451-488.
- Tansan, B., Gökbulut, A., Targotay, Ç., & Eren, T. (2016). Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0 gelişmekte olan ekonomi perspektifi. *TÜSİAD Raporu*.
- Tebin, H. I. (2009). Pricing tenders for construction. *Cost Engineering*, 51(2), 7-14.
- Trentesaux, D., Borangiu, T., & Thomas, A. (2016). Emerging ICT concepts for smart, safe and sustainable industrial systems. *Computers in Industry*, 81, 1-10.
- Türk, E. & Öztekin, M. Y. (2021). Sürdürülebilirlik Açısından Soğuk Zincir Oluşturmanın Önemi ve Bir Araştırma, *Econharran*, 5(7), 221-248. -----
- Usama, M., & Ramish, A. (2020). Towards a sustainable reverse logistics framework/typologies based on radio frequency identification (RFID). *Operations and Supply Chain Management: an International Journal*, 13(3), 222-232.
- Van-Hoek, R. I. (1999). From reversed logistics to green supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2, 28-33.
- Veleva, V. R., & Cue Jr, B. W. (2019). The role of drivers, barriers, and opportunities of green chemistry adoption in the major world markets. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 19, 30-36.

- Venkataraman, S. (2019). The distinctive domain of entrepreneurship research. In *Seminal ideas for the next twenty-five years of advances* (Vol. 21, pp. 5-20). Emerald Publishing Limited.
- Wang, J., Zhang, Y., & Goh, M. (2018). Moderating the role of firm size in sustainable performance improvement through sustainable supply chain management. *Sustainability*, 10(5), 1654.
- Wang, L., Liu, S., Liu, H., & Wang, X. V. (2020). Overview of human-robot collaboration in manufacturing. In *Proceedings of 5th International Conference on the Industry 4.0 Model for Advanced Manufacturing: AMP 2020* (pp. 15-58). Springer International Publishing.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International journal of distributed sensor networks*, 12(1), 1-10.
- Wang, W., Wang, F., Song, W., & Su, S. (2020). Application of augmented reality (AR) technologies in inhouse logistics. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 145, p. 02018). EDP Sciences. s.--.
- Warhurst, A. (2002). Sustainability indicators and sustainability performance management. *Mining, Minerals and Sustainable Development [MMSD] project report*, 43, 1-129.
- WCED (1987), *Our Common Future, World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, New York, NY. p.--.
- Wei, J., & Lv, S. (2019, February). Research on the distribution system of agricultural products cold chain logistics based on internet of things. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 237, No. 5, p. 1-7). IOP Publishing.
- Wieczorek, A. (2017). Impact of 3D printing on logistics. *Research in Logistics & Production*, 7(5), 443-450.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering*, 182, 763-769.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering*, 182, 763-769.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering*, 182, 763-769.
- Xueyong, S. (2009). A Tentative analysis of challenges and correspondents strategies for small and medium-sized contractors (SMCs) in Tanzania. *the Tanzania Procurement Journal*, 18(3), 36-37.
- Yang, F., Shi, B., Xu, M., & Feng, C. (2019). Can reducing carbon emissions improve economic performance? Evidence from China. *Economics Discussion Papers*, No 2019-13. *Kiel Institute for the World Economy*. <http://www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2019-13> Received December, 4, 2018.

- Yang, M., Movahedipour, M., Zeng, J., Xiaoguang, Z., & Wang, L. (2017). Analysis of success factors to implement sustainable supply chain management using interpretive structural modeling technique: A real case perspective. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.
- Yu, X., & Bai, Y. (2013). Internet of Things and its application in intelligent logistics. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 241, pp. 3201-3204). Trans Tech Publications Ltd.
- Zare Mehrjerdi, Y. (2008). RFID-enabled systems: a brief review. *Assembly Automation*, 28(3), 235- 245.
- Zhang, N. (2018). Smart logistics path for cyber-physical systems with internet of things. *IEEE Access*, 6, 70808-70819.
- Zhong, R. Y., Huang, G. Q., Lan, S., Dai, Q. Y., Chen, X., & Zhang, T. (2015). A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. *International Journal of Production Economics*, 165, 260-272.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: pressures, practices and performance. *International journal of operations & production management*, 25, No. 5, 449-468.
- Zimon, D., Tyan, J., & Sroufe, R. (2020). Drivers of sustainable supply chain management: Practices to alignment with un sustainable development goals. *International Journal for Quality Research*, 14(1), 219–236.
- Zimon, D., Tyan, J., & Sroufe, R. (2020). Drivers of sustainable supply chain management: Practices to alignment with un sustainable development goals. *International Journal for Quality Research*, 14(1), 219–236.
- Zou, Z., Chen, Q., Uysal, I., & Zheng, L. (2014). Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130313.
- Zou, Z., Chen, Q., Uysal, I., & Zheng, L. (2014). Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 1-16.

EKLER

ANKET

Değerli Katılımcılar,

Bu yüksek lisans tezi endüstri 4.0 ve sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarının lojistik süreçlere etkisi üzerine yapılan alan uygulamalı bir çalışma ile ilgili olup, araştırma konusu ile ilgili görüşlerinizin alınması için düzenlenmiştir. Araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliğinin sağlanması açısından görüşlerinizi en iyi yansıtacak cevapları vermeniz, çalışmanın amacının gerçekleşebilmesi açısından çok önemlidir. Soruların hiç birisi sizinle özel bilgileri kapsamamaktadır.

Ayırdığınız zaman ve destek için teşekkür ederiz

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZAN
Tez Danışmanı

Evren DÖLEK
İstanbul Gelişim Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek
Lisans Öğrencisi

EK-A Demografik Özellikler

Bu bölümde sorular çoktan seçmeli olup, sizin için en uygun seçeneğe “x” işareti koyarak tercihinizi belirleyiniz.

1. Cinsiyetiniz

a. Kadın () b. Erkek ()

2. Yaşınız

a. () 20-30 b. () 31-40 c. () 41-50 d. () 51 +

3. Medeni Durum

a. Evli () b. Bekar ()

4. İşletmenizdeki Çalıştığınız Süre

a. 1-8 Yıl () b. 9-18 Yıl () c. 19-30 Yıl () d. 31-40 Yıl () e. 41-50 Yıl () f. 51+ Yıl ()

5. Eğitiminiz

a. () İlköğretim Lisans b. () Lise ve Dengi Okul c. () Ön Lisans (Yüksekokul) d. ()
e. () Yüksek Lisans veya Doktora

Lütfen diğer sayfaya geçiniz.

EK-B Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği (E4.0-KFÖ) (Doğan, & Baloğlu, 2020 : s.137)

Lütfen, aşağıdaki kavramlara ilişkin farkındalık düzeyinizi her bir maddenin karşısında bulunan kutucuğu işaretleyerek belirtiniz.	FARKINDALIK DÜZEYİM				
	Hiç	Az	Orta	Çok	Tam
1. Nesnelerin İnterneti	1	2	3	4	5
2. Yapay zekâ	1	2	3	4	5
3. Öğrenen (akıllı) Robotlar	1	2	3	4	5
4. Üç Boyutlu Yazıcılar	1	2	3	4	5
5. İleri Seviye Otomasyon	1	2	3	4	5
6. Siber Güvenlik	1	2	3	4	5
7. Siber Fiziksel Sistemler	1	2	3	4	5
8. Bulut Bilişim Teknolojisi	1	2	3	4	5
9. Büyük Veri ve Veri Analitiği	1	2	3	4	5
10. Sanal Gerçeklik	1	2	3	4	5
11. Arttırılmış Gerçeklik	1	2	3	4	5
12. Karışık Gerçeklik	1	2	3	4	5
13. Akıllı Üretim Tek.	1	2	3	4	5
14. Karanlık Fabrikalar	1	2	3	4	5
15. Gömülü Sistemler	1	2	3	4	5
16. Makine-Makine İşbirliği	1	2	3	4	5
17. Sensör Teknolojileri	1	2	3	4	5
18. Bilgisayar Görmesi	1	2	3	4	5
19. Kişiyi Özel Ürün Geliştirme	1	2	3	4	5
20. Derin Öğrenme	1	2	3	4	5
21. Veri Odaklı Hizmet	1	2	3	4	5
22. Enerji 4.0	1	2	3	4	5
23. Dijital Tedarik Zinciri	1	2	3	4	5
24. İnsansız Sistemler	1	2	3	4	5
25. Çevik ve Esnek Üretim-Hizmet	1	2	3	4	5
26. Hologram Teknolojileri	1	2	3	4	5
27. Giyilebilir Teknolojiler	1	2	3	4	5
28. Dijital Tanı, Teşhis, Tedavi	1	2	3	4	5
29. Nano Teknoloji	1	2	3	4	5
30. Endüstriyel İnternet	1	2	3	4	5
31. İleri Üretim Teknikleri	1	2	3	4	5
32. Teknolojik İnovasyon	1	2	3	4	5
33. Hızlı Prototip Üretimi	1	2	3	4	5
34. Mikro Fabrikalar	1	2	3	4	5
35. Enerjisini Kendi Üreten Fabrikalar	1	2	3	4	5
36. Yapay Sinir Ağları	1	2	3	4	5
37. Akıllı Depolama ve Transfer Teknolojileri	1	2	3	4	5
38. Simülasyon Teknolojileri	1	2	3	4	5
39. Eklmeli İmalat	1	2	3	4	5

EK-C Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ölçeği (Acar & Çağlıyan, 2021: s. 418)

	Hiç Etkisi Yok	Etkisi Yok	Fikrim Yok	Etkili	Çok Etkili
SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK (1 etkisi yok - 5 çok etkili)					
1. Satınalma	1	2	3	4	5
2. Tedarikçilerle İlişkiler	1	2	3	4	5
3. Tedarik Zinciri Risk Yöne	1	2	3	4	5
4. Toplam Kalite Yönetimi	1	2	3	4	5
5. Tersine Lojistik	1	2	3	4	5
ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK (1 etkisi yok - 5 çok etkili)					
6. Atık eleme	1	2	3	4	5
7. Temiz üretim	1	2	3	4	5
8. ISO 14001					
EKONOMİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK (1 etkisi yok - 5 çok etkili)					
9. Depolama	1	2	3	4	5
10. Tam Zamanında Üretim	1	2	3	4	5
11. Esnek Taşıma	1	2	3	4	5
12. Esnek Tedarik					