



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE
BLOKZİNCİR TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melik Mine ÇELEBİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Tezli Yüksek Lisans Programı

OCAK 2026

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOKZİNCİR
TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Melik Mine ÇELEBİ
(22435034607)
ORCID: 0009-0000-4504-6895**

**Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Uluslararası Ticaret ve Lojistik Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Doç. Dr. Tuğçe DANACI ÜNAL
ORCID: 0000-0002-5480-2653**

OCAK 2026

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 22435034607 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Melik Mine ÇELEBİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOKZİNCİR TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Doç. Dr. Tuğçe DANACI ÜNAL**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Adı SOYADI**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Adı SOYADI**
..... Üniversitesi

Savunma Tarihi : 26.01.2026
Teslim Tarihi :



20.04.2016 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; bu lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Adı SOYADI: Melik Mine ÇELEBİ

İmzası:



Canım anneme...

ÖNSÖZ

Tez yazım sürecinin her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, tüm sorularımı büyük bir sabır ve nezaketle yanıtlayan; öğrencisi olmaktan şanslı hissettiğim kıymetli danışmanım sayın Doç. Dr. Tuğçe DANACI ÜNAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Değerli katkıları ve yol göstericiliği için sayın hocam Doç. Dr. Şerife ÖZKAR'a içtenlikle teşekkür ederim.

Süreci birlikte yürütmekten keyif aldığım, aynı alanda birlikte yayın yaptığım, bilgisine ve becerisine güvendiğim güzel arkadaşım Arş. Gör. Büşra ÖZTİRYAKI'ye; kilometrelerce uzağımda olsalar da kalben her an yanı başımda olan, ellerini hep omzumda hissettiğim can yoldaşlarım Sema ÖZDEMİR, Sevim ERDEM ve Buğrahan ÖZKARA'ya sonsuz teşekkürler.

Lisans hayatımda tanıştığım ve bugüne kadar yanımda olan sevgili dostlarım Akbar BAGHIROV, Naz AKBAŞ, Ömer KÜÇÜKÖĞRETMEN, Tolga ONHAN ve Şehmus TAŞAR'a destekleri için teşekkür ederim.

Tez yazım süreci boyunca bazı zamanlar görüşemediğim, “Sen tezini hallet, gerisi mühim değil!” diyen kıymetli dostlarıma ve akademik anlamda hiç kimsenin bizi anlamadığı o zamanlarda birbirimizi tanımasak da dertlerimizin, sevgimizin ortak olduğu, bilim için emek verdiğimiz Akademiblog Tez grubu ailesine destekleri için çok teşekkür ederim. Çalışmama gönüllü olarak katılan, anketimi büyük bir özveri ile cevaplandıran değerli katılımcılara da çok teşekkür ederim.

Evde bana koşulsuz rahat bir ortam hazırlayan, stres anımda beni hep sakinleştiren, her zaman yanımda olan canım annem Fikran ÇELEBİ'ye ve maddi manevi desteklerini asla esirgemeyen canım babam Önder ÇELEBİ'ye ve canım abim Emrah ÇELEBİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Bugün bir Türk kadını olarak bilim dünyasına adım atabildiysem bu, Gazi Mustafa Kemal Atatürk ve silah arkadaşları sayesinde. Başta Atam olmak üzere, tüm kahramanlarımıza sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Ocak / 2026

Melik Mine ÇELEBİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	3
2.1 Tedarik Zinciri Kavramı.....	3
2.1.1 Tedarik zinciri yönetiminin gelişim süreci	4
2.1.2 Tedarik zinciri yönetimi çeşitleri	6
2.2 Blokzincir Teknolojisi.....	10
2.2.1 Blokzincir teknolojisinin yapısı	12
2.2.2 Blokzincir teknolojisi çeşitleri	14
2.3 Blokzincir Teknolojisinin Özellikleri.....	18
2.4 Blokzincir Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları	20
2.5 Blokzincir Teknolojisinin Uygulandığı Sektörler	22
2.6 Tedarik Zinciri Yönetiminde Blokzincir Teknolojisi Uygulamaları.....	27
2.7 Blokzincir Teknolojisinin Geleceği	28
3. TEORİK ALTYAPI VE LİTERATÜR	30
3.1 Teknoloji Kabul Modeli	30
3.2 İşlem Maliyeti Teorisi	31
3.3 Eko-Verimlilik Teorisi	32
3.4 Literatür	33
4. METODOLOJİ	42
4.1 Araştırma Problemi	42
4.2 Araştırma Örnekleme ve Veri Seti.....	42
4.3 Araştırma Kısıtları.....	44
4.4 Araştırma Yöntemi	44
4.4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri	44
4.4.2 Analitik hiyerarşi prosesi	45
4.4.3 Analitik hiyerarşi prosenin uygulanması	49
4.4.4 Bulgular	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
BT	: Bilgi Teknolojisi
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
DApps	: Decentralized Applications
DDoS	: Distributed Denial of Service (Dağıtılmış Hizmet Reddi)
IEEE	: Institute of Engineers and Everyone Else
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
ISO	: International Organization for Standardization
İMT	: İşlem Maliyeti Teorisi
KB-AHP	: Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi
MİP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması
P2P	: Peer-to-Peer (Eşler arası ağ)
RI	: Rassal İndeks
RPoW	: Reusable Proof of Work
STZ	: Sürdürülebilir Tedarik Zinciri
STZY	: Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi
TI	: Tutarlılık İndeksi
TKM	: Teknoloji Kabul Modeli
TO	: Tutarlılık Oranı
TTZY	: Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi
TÜS	: Toyota Üretim Sistemi
TZ	: Tedarik Zinciri
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
YTZ	: Yeşil Tedarik Zinciri
YTY	: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

SEMBOLLER

A	: İkili karşılaştırma matrisi
$A_1, A_2, \dots, A_n$	: Kriterler
α_{ij}	: i 'nci kriter ile j 'nci kriterin ikili karşılaştırma değeri
α_{ji}	: Ters karşılaştırma
λ_{max}	: En büyük özvektör değeri
n	: Karşılaştırılan kriter sayısı
$w_1, w_2, \dots, w_n$	: Kriterlerin önem ağırlıkları

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Blokzincir çeşitleri arasındaki karşılaştırmalar.	18
Çizelge 2.2: Blokzincir teknolojisi avantajları.	21
Çizelge 3.1: Kriterlerin belirlenmesinde etkili olan seçilmiş kaynaklar.....	38
Çizelge 4.1: Mutlak kıyaslama ölçeği.	46
Çizelge 4.2: Rassal değer indeksi.	49
Çizelge 4.3: İkili karşılaştırma matrisi.....	50
Çizelge 4.4: Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve özvektörler.	51
Çizelge 4.5: Alt kriterlerin sıralaması.....	52
Çizelge 4.5: Alt kriterlerin sıralaması.....	53
Çizelge 4.6: Ana kriterlerin sıralanması.	53

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Tedarik zinciri ağ akışı.	4
Şekil 2.2: TZY'nin tarihsel gelişim skalası.	5
Şekil 2.3: Blokzincir teknolojisinin evrimleşme süreci.	11
Şekil 2.4: Merkezî ağ ve eşler arası ağ.	12
Şekil 2.5: Blokzincir teknolojisinin veri yapısı.	13
Şekil 2.6: Ağ türleri yapısı.	14
Şekil 2.7: Açık (public) blokzincir: Bitcoin örneği.	15
Şekil 2.8: Açık ve kapalı blokzincirlerin yapısı.	16
Şekil 2.9: Kapalı blokzincir yapısı.	17
Şekil 2.10: Konsorsiyum blokzincir yapısı.	18
Şekil 2.11: Blokzincir teknolojisinin uygulandığı sektörler.	23
Şekil 3.1: Teknoloji kabul modeli yapısı.	31
Şekil 4.1: Katılımcıların mesleki tecrübeleri.	43
Şekil 4.2: Katılımcıların cinsiyeti.	43
Şekil 4.3: Karar analiz yöntemleri.	45
Şekil 4.4: Üç aşamalı analitik hiyerarşi yapısı.	46
Şekil 4.5: Problemin amacı ve hiyerarşi modeli.	50

SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOKZİNCİR TEKNOLOJİLERİNİN ROLÜ

ÖZET

1991 yılında temelleri atılan ve 2008 yılında Bitcoin ile öne çıkan blokzincir teknolojileri, günümüzde çeşitli sektörlerde kullanılmakta olup önemli bir yere sahiptir. Değişen rekabet koşulları nedeniyle, şirketlerin güvenli bir sisteme uyum sağlama ihtiyacı, tedarik zinciri yönetiminde blokzincir teknolojilerinin kullanımının ve etkinliğinin artmasına yol açmıştır. Blokzincir teknolojilerinin; kurulum maliyetlerinin yüksek olmasına karşın, tedarik zincirinde operasyon süreçleri dâhil birçok aşamada maliyetleri azalttığı ve karbon ayak izinin azaltılmasına destek verdiği görülmüştür. Buna ek olarak, sürdürülebilir işlem süreçleri ile blokzincir teknolojilerinin entegre şekilde çalışması şirketlere büyük ölçüde fayda sağlayacaktır. Bu çalışmada blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması ve bu etkilerin önem ağırlıklarına göre sıralanması amaçlanmaktadır. Detaylı literatür taraması sonucunda üç ana kriter (etki) ve dokuz alt kriter (etki) elde edilmiş ve çalışmanın kavramsal modeli (karar hiyerarşisi) oluşturulmuştur. Çalışmanın, yargısal örnekleme metodu kullanılarak belirlenen örnekleme tedarik zinciri süreçlerinde blokzincir teknolojileri kullanımı konusunda uzman kişilerden oluşmaktadır. Verilerin elde edildiği anket formları çalışmanın metodolojisine uygun bir şekilde hazırlanmış ve eksiksiz doldurulan otuz bir adet anket formu çalışmaya dâhil edilmiştir. Anket sonuçlarından elde edilen veriler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ana ve alt kriterlerin önem ağırlıkları bulunmuş ve söz konusu kriterler hiyerarşik yapıda sıralanmıştır. Elde edilen bulgulara göre en önemli alt kriterin güvenilirlik (K4) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla gizlilik (K7), verimlilik (K2), izlenebilirlik (K5), şeffaflık (K6), çevresel ayak izi (K9), karbon emisyonu (K8), hız (K3) ve maliyet (K1) kriteri izlemiştir. Çalışmanın sonuçları ana kriterler kapsamında değerlendirildiğinde en önemli ana kriterin teknolojik etkiler olduğu ve diğerlerinin, sırasıyla ekonomik etkiler, çevresel etkiler olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda geleneksel sistemlerden farklı olarak blokzincir teknolojilerinin, sürdürülebilir tedarik zinciri süreçleri üzerinde ekonomik etkisinden ziyade teknolojik etkisinin daha baskın olduğu ve süreçlerin daha güvenilir bir şekilde yürütülmesinde etkin rol oynadığı savunulmaktadır. Bu çalışmanın blokzincir teknolojilerinin etkileri üzerine ileride yapılacak benzer çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, Blokzincir teknolojileri, Tedarik zinciri yönetimi, AHP

THE ROLE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

SUMMARY

Blockchain technologies, whose foundations were laid in 1991, and which gained prominence with Bitcoin in 2008, are now used in various sectors and holds an important place. Due to changing competitive conditions, companies' need to adapt themselves to a secure system has led to the increased use and effectiveness of blockchain technologies in supply chain management. Despite the high setup costs of blockchain technologies, it has been observed that they reduce costs in many stages, including operational processes in the supply chain, and support the decrease in carbon footprint. In addition, the integration of sustainable transaction processes with blockchain technologies will greatly benefit companies. This study aims to identify the impacts of blockchain technologies on sustainable supply chain management and to rank these effects according to their importance. A detailed literature review resulted in three main criteria (effect) and nine sub-criteria (effect) were obtained, and the conceptual model (decision hierarchy) of the study was created. The sample of the study, determined by using the judgmental sampling method, consists of experts in the use of blockchain technologies in supply chain processes. The survey forms from which the data were obtained were prepared in accordance with the methodology of the study, and thirty-one completed survey forms were included in the study. The data obtained from the survey results were analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. As a result of the analysis, the importance weights of the main and sub-criteria were determined, and these criteria were ranked in a hierarchical structure. According to the findings, the most important sub-criterion was reliability (K4). This was followed by confidentiality (K7), efficiency (K2), traceability (K5), transparency (K6), environmental footprint (K9), carbon emissions (K8), speed (K3), and cost (K1). When the results of the study are considered within the scope of the main criteria, it was determined that the most important main criterion is technological impacts, followed by economic impacts and environmental impacts. In this context, it is argued that, unlike traditional systems, blockchain technologies have a more dominant technological impact than an economic impact on sustainable supply chain processes and play an effective role in ensuring that processes are carried out more reliably. It is assumed that this study will contribute to similar studies on the impacts of blockchain technologies in the future.

Keywords: Sustainable supply chain management, Blockchain technologies, Supply chain management, AHP

1. GİRİŞ

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), işletmelerin rekabet koşullarının artması ve sektördeki konumunun güçlendirilmesi amacıyla ortaya çıkan stratejik bir yaklaşım olarak benimsenmiştir (Akben ve Güngör, 2018). Tedarik zinciri, nihai üretici ve nihai tüketici arasındaki tüm iş akışının entegrasyonudur (Lambert ve diğ, 1998). 1960'lı yıllarda ortaya çıkan TZY kavramı, 1990 yılından itibaren TZY olarak adlandırılan lojistik ve tedarik zincirinin entegre edildiği bir süreç olarak ortaya çıkmıştır (Özdemir, 2004). TZY, işletmelere rekabet üstünlüğü (Çalışkan ve diğ, 2016), müşterilerin isteklerini önceden tahmin ederek stok durumunun azaltılması (Özdemir, 2004), operasyon süreçlerinin verimli hâle getirilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır.

Geleneksel tedarik zinciri yönetimi ekonomik verimlilik odaklıyken sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ise ekonomik, çevresel ve sosyal olarak üç boyuta odaklanır. Söz konusu bu üç boyutun, sürdürülebilirliği tetikleyerek blokzincir teknolojileri ile daha stratejik bir boyuta ulaşacağı düşünülmektedir (Saber ve diğ, 2019). Tedarik zinciri ağlarını sürdürülebilir hâle getirebilmek için blokzincirin sağlamış olduğu güvenilirlik, izlenebilirlik ve değiştirilemezlik ilkesi ile, yaşanabilecek olumsuz durumların ortadan kalkacağı ve sürdürülebilirliğe destek sağlanacağı düşünülmektedir (Saber ve diğ, 2019). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, diğer tedarik zinciri türlerine entegre edilen güncel bir yaklaşım olarak bilinmektedir.

Günümüzde verilerin toplanması ve saklanabilmesi ve bu verilerin üçüncü kişilerin eline geçmesinin engellenebilmesi her geçen gün zorlaşmaktadır. Dolayısıyla veri tabanlarının işletim sistemleri sürekli değiştirilmektedir. Veri boyutlarının büyük olması da bir engel teşkil etmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020). Blokzincir, Bitcoin'in temelini oluşturan dağıtık defter teknolojisidir (Wright ve Filippi, 2015). Bitcoin'in açık blokzincir yapısı kullanmasından dolayı veri güvenliği sorunları endişe yaratmıştır ve bu yüzden blokzincir teknolojisine yönelik ön yargıların oluşmasına yol açmaktadır. Blokzincir teknolojisi, tedarik zinciri süreçlerinin şeffaflığını öne çıkaran etkili bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Bai ve Sarkis, 2020). Küresel çapta rekabet artışı işletmeleri dijitalleşmeye doğru itmektedir. Dolayısıyla işletmelerin

rekabet üstünlüğü sağlaması için blokzincir teknolojilerini tercih etmesi hem müşteri memnuniyeti açısından hem de verimlilik açısından oldukça önemlidir. Blokzincir teknolojisinde ekonomik etkiler önemli rol oynamaktadır. Fakat STZ ise çevresel, sosyal ve ekonomik alanlarda aktif rol oynamaktadır. Blokzincir teknolojisinin, bu tedarik zinciri anlayışına entegre edilmesi hâlinde üç alana da pozitif etki edeceği öngörülmektedir. Buna ek olarak, sürdürülebilir tedarik zincirinde, müşteri güveni önemlidir. Blokzincir teknolojisinin benimsemiş olduğu değiştirilemezlik ilkesi de sistemin güvenilirliğini en üst noktaya taşımaktadır.

Bu çalışmada blokzincir teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Çalışmada sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde blokzincir teknolojilerinin hangi kriterler kapsamında etkili olduğu belirlenerek, uygulanacak olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile en etkili ve en az etkili kriterlerin bulunması hedeflenmiştir. Bu kapsamda detaylı bir literatür incelemesi yapılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda etkilerin hangi kriterler kapsamında gerçekleştiği ortaya çıkarılmıştır.

Günümüzde sürdürülebilirlik kavramı firmalar için büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışma blokzincir teknolojisi kullanımı ile sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine geçişin stratejik önemini ortaya koyarak hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara ışık tutmayı hedeflemektedir.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın bundan sonraki bölümü ikinci bölüm olup tedarik zinciri yönetimi ile ilgili tanım ve kavramları, tedarik zinciri türlerini ve tedarik zincirinin gelişim süreçlerini içermektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde blokzincir teknolojisi ile ilgili temel tanım ve kavramlar belirtilmiş, blokzincir teknolojisinin çeşitleri, yapısı, avantaj ve dezavantajları, kullanıldığı sektörler ve son olarak geleceği ele alınmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde konu ile ilgili literatüre yer verilmiş ve çalışmanın teorik altyapısı açıklanmıştır. Çalışmanın beşinci bölümünde çalışmanın metodolojisi detaylı bir şekilde anlatılmış ve analizlerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları blokzincir teknolojisi ve STZ kapsamında değerlendirilmiş, çalışmanın literatüre katkısı açıklanmış ve konu ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Küreselleşen rekabet ortamında firmaların rekabet gücünü artırmak, üreticiden nihai tüketiciye kadar mal ve hizmetlerin hızlı ve kontrol edilebilir bir şekilde ulaşmasını sağlamak amacıyla tedarik zinciri ağı oluşturulmuştur. Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) hammaddeyi temin edilen ürünlerin nihai tüketiciye ulaşmasında oluşan süreçlerin entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır (Lambert ve diğ, 1998).

TZY'nin ana hedefleri şu şekilde ifade edilebilir:

- Ürün hatalarını ve üretim maliyetlerini en aza indirmek.
- Müşteri memnuniyet değerini artırmak.
- Yasalara aykırı ihlaller sonucu karşılaşılabilecek çalışan kaybı, değer kaybı ve idari para cezaları gibi olumsuz durumları azaltmak.
- Depolama maliyetlerini azaltmaya çalışmak.

Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için tedarikçiler ve müşteriler arasındaki bilgi ve haberleşme akışının entegre bir şekilde artması gerekmektedir. Bu nedenle, haberleşme ve bilgi paylaşımına bağlı rekabet de söz konusu olacaktır (Kehoe ve Boughton, 2001, s. 516).

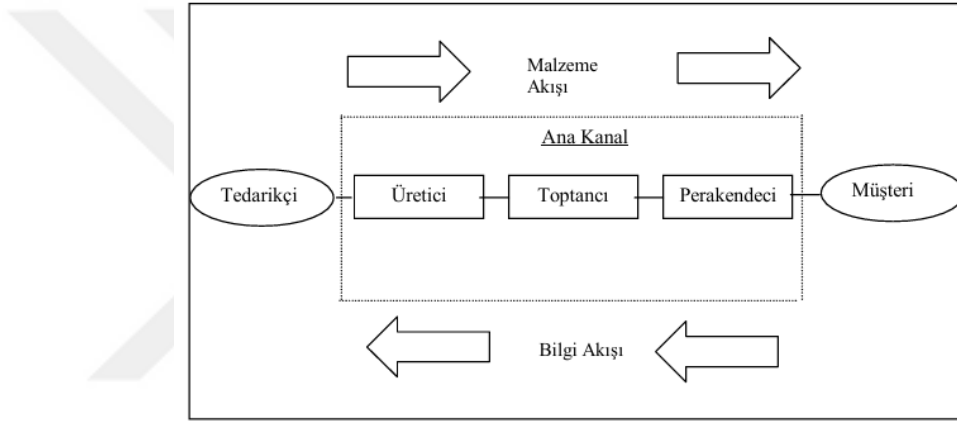
TZY sisteminde verimlilik ve maliyet arasında denge kurulması amaçlanmaktadır. Şirketlerin hatalı planlamaları ve sürecin doğru yönetilememesi bazı sıkıntılar yaşanmasına sebep olur. Firmaların sektörde kalıcı olabilmeleri tedarik zincirinin düzenli hareketine bağlıdır (Başkol, 2011, s. 15).

2.1 Tedarik Zinciri Kavramı

Literatürde farklı tanımları olan tedarik zincirinin en genel anlamı bir ağ yapısı olmasıdır (Erdoğan, 2025, s. 60). Tedarik zinciri, hammaddenin temin edilmesinden ürünlere dönüştürülmesine ve bitmiş ürünlerin nihai tüketiciye ulaştırılmasına kadar olan tüm aşamaları kapsayan yapısal bir ağıdır (Lee ve Billington, 1992, s. 66).

Tedarik zincirinin temel bileşenleri; hammaddeyi tedarik edenler, üreticiler, depolar ve distribütörler, perakendeciler ve ürünün nihai tüketicisi olarak ifade edilir (Kopczak, 1997).

Şekil 2.1’de gösterildiği gibi tedarik zinciri ağ akışında, tedarikçiden nihai tüketiciye doğru bir ürün dönüşümü gerçekleşirken, ters yönde de nihai tüketiciden tedarikçiye doğru, ürün hakkında geri bildirimler ve memnuniyet durumu gibi bilgi akışları bulunmaktadır. Ana kanal; üretici, toptancı ve perakendeciden oluşmaktadır. Bu kanal bitmiş ürünlerin müşteriye ulaştırılmasında aracı rolü üstlenmektedir. Tedarik Zinciri (TZ) için her eleman önemlidir. Ağda herhangi bir elemanın çıkması zincir akışının bozulmasına sebep olmaktadır.



Şekil 2.1: Tedarik zinciri ağ akışı.

Kaynak: Özdemir, 2004, s. 89

2.1.1 Tedarik zinciri yönetiminin gelişim süreci

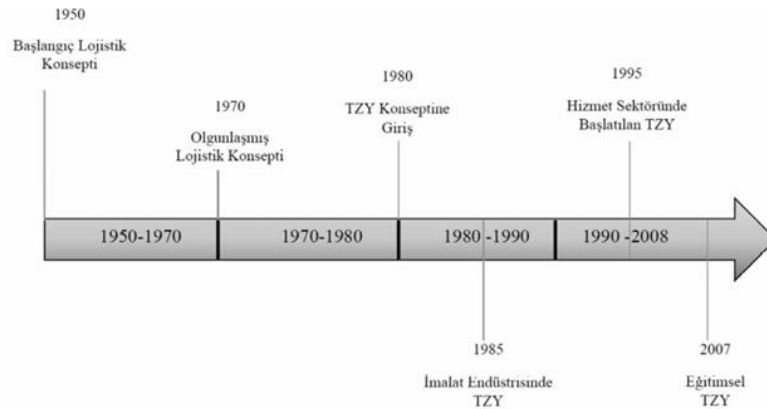
Tedarik zinciri yönetiminin 1960’lı yıllara dayandığı ifade edilmektedir (Özdemir, 2004). 1960 yılında TZY’nin ilk aşaması olarak adlandırılan fiziksel dağıtım aşaması Bowersox (1969) tarafından dağıtım fonksiyonunun şirket sınırlarının ötesinde gerçekleştirilen kanallar aracılığıyla entegre edilen ve rekabetçi avantaj sağlayan bir süreç olarak ileri sürülmüştür. 1970’li yıllarla birlikte Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) sistemi tanıtılmıştır. Bu sistem ile şirket yöneticileri; ürün kalitesi, maliyet, ürün geliştirme ve ürünlerin teslimat süreleri gibi faktörlerin stratejik önemini kavramışlardır (Bowersox, 1969’dan aktaran Özdemir, 2004). Şirketler, üretim, pazarlama ve finansal planlama süreçleriyle entegre çalışacak merkezî bir tedarik zinciri ve dağıtım birimi oluşturmuşlardır. Bu dönemde, tek bir sistemin artan maliyetlerini düşürmek yerine bütüncül lojistik hizmet maliyeti yaklaşımı

benimsenmiştir. Sonuç olarak, tedarik zinciri yönetiminin ilk basamağı olan fiziksel dağıtım adımına başlanmıştır (Özdemir, 2004).

1980-1990 yılları küresel rekabetin artmaya başladığı dönemdir. Bu yıllarda firmalar, ürünlerini düşük maliyetler ile üreterek, yüksek kaliteli ürünleri piyasaya sunmak durumunda kalmışlardır. Bu dönemde ayrıca tedarik zinciri yönetiminin ikinci adımı olan lojistik aşamasına geçilmiştir (Özdemir, 2004). Houlihan (1985) şirketlerin stratejik durumu ile lojistik potansiyeli bir bütün hâline getirip tedarik zincirini de bu sistemin içerisine entegre ederek tedarik zinciri kavramını ilk kullanan kişi olmuştur.

1990 yılı ve sonrasında, ürün odaklı süreçlerin yerini müşteri odaklı süreçler almıştır. Çünkü, müşteri odaklı çalışmak firmaları rekabette avantajlı konuma getirmektedir. Bu dönemde, nihai tüketicinin ürünle ilgili geri bildirimleri, teslimat hızını değerlendirmesi ve iade süreçlerinin yönetilmesi gibi unsurlar önem kazanmıştır. Küreselleşme ve dijitalleşmeyle tedarik zinciri yönetimi ve lojistik daha baskın şekilde ortaya çıkmıştır (Shukla ve diğ, 2011, s. 2061; Costinot ve diğ, 2011, s. 111).

Sonuç olarak, tedarik zinciri yönetimi; dönemin ekonomik durumu, demografik yapısı ve politik süreçleri doğrultusunda gelişip ilerlemiştir. Bu durum tedarik zincirinin geçmişten geleceğe uzanan köklü yolculuğunun gelişim içinde ve yenilikler getirmeye devam eden bir yönetim süreci olduğunu göstermektedir. Şekil 2.2’de TZY’nin tarihsel gelişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.2: TZY'nin tarihsel gelişim skalası.

Kaynak: Habib ve Jungthirapanich, 2008, s. 1027

2.1.2 Tedarik zinciri yönetimi çeşitleri

Bu bölümde tedarik zinciri yönetimi çeşitlerinden sırasıyla yalın tedarik zinciri yönetimi, çevik tedarik zinciri yönetimi, tersine tedarik zinciri yönetimi, yeşil tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi kavramlarının tanımları ve ortaya çıkış süreçleri açıklanmıştır.

Yalın tedarik zinciri yönetimi: Yalın üretim, Toyota şirketinden Taiichi Ohno ve Shigeo Shingo tarafından kurulmuş olan Toyota Üretim Sistemiyle (TÜS) ortaya çıkan bir kavramdır (Pavnaskar ve diğ., 2003). Yalın paradigma, atık ve israfi önlemek amacıyla benimsenen bir tedarik zinciri süreci olarak ortaya çıkmıştır. Yalın tedarik zinciri yönetimi ise yalın felsefe kapsamında süreç optimizasyonunu, israftan kaçınmayı ve sadeleşme faaliyetlerine odaklanmayı seçen bir süreçtir (Akben ve Güngör, 2018).

Yalın tedarik zinciri süreci doğru şekilde yönetilirse işletme içinde maliyetlerde düşüş sağlanırken verimlilikte artış görülecektir. Pavnaskar ve diğ. (2003) yalın üretim süreci ile ilgili çalışmalarında, yalın tedarik zincirinin dünya genelinde başarılı uygulamalara imza attığını; gelişmiş ürün yelpazesi, maliyetlerde düşüş, verimlilik artışı, çevre dostu ürün geliştirilmesi gibi hususlarda işletmelere faydalar sağladığına dikkat çekmişlerdir.

Çevik tedarik zinciri yönetimi: Çevik tedarik zinciri yönetimi, müşteri taleplerine karşı hızlı cevap oluşturma ve değişen pazara karşı esnek olabilme şeklinde tanımlanmaktadır (Kerse ve Tazegül, 2016). 1990 yılında, pazar koşullarının dalgalanmalar yaşadığı dönemde ortaya çıkan çeviklik stratejisi piyasanın dalgalanmalarını kontrol edebilmek amacını taşımaktadır. (Mangan ve Lalwani, 2016, s. 64). İşletmelerin çeviklik stratejisini başarıyla uygulayabilmesi, rekabetçi pazar bilgisine sahip olması gerekmektedir (Christopher, 2000).

Çevik tedarik zinciri özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (Christopher ve diğ., 2004, s. 8; Christopher, 2000):

- Tahmin odaklı olmak yerine, talep odaklı olmaktadır.
- Hizmet seviyesini maksimum düzeyde tutmaktadır.
- Tedarikçi kaynaklı sorunlar ya da müşterinin azalan talepleri veya ani iptaller meydana gelebileceğinden firmalara daha esnek anlaşmalar yapılabilmesi için olanak sağlamaktadır

- Pazara karşı üstün bir bilgi hâkimiyeti ve oluşabilecek pazar dalgalanmalarına karşı tedarik hâkimiyeti sağlamaktadır.

Çevik tedarik zinciri ile yalın tedarik zinciri kavramı arasındaki temel farklardan en ayırt edici olanı, yalın tedarik zincirinin daha az israf kavramını benimseyerek faaliyet göstermesidir. Yalın tedarik zinciri yönetiminde minimum sermaye kullanımı kritik öneme sahipken, çevik tedarik zinciri yönetiminde ise hızlilik ön plandadır (Christopher, 2000, s. 37).

Tersine tedarik zinciri yönetimi: Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi (TTZY) müşterinin ürünü iade etme süreci ile oluşturulmuş bir sistemdir (Ilgin ve Gupta, 2013). TTZY’de devlet tarafından zorunlu kılınan çevre düzenleme faaliyetleri maliyetleri artırdığı için, işletmeler iade edilen ürünler ve satılmayan ürünler için verimli geri dönüşüm sistemleri oluşturmaktadır (Prahinski ve Kocabasoglu, 2006). TTZY’nin ortaya çıkışı sayesinde daha esnek iade sistemleri oluşmuş ancak bu durum işletmeler için finansal bir endişe yaratmıştır. Bu endişenin giderilmesi için iyi tasarlanmış ve yönetilebilen bir tersine tedarik zinciri ağının varlığı iade işlemleri için avantajlı bir durum oluşturmaktadır (Ilgin ve Gupta, 2013).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY), ürünü geri dönüştüren ve tüm süreci çevreye duyarlı hâle getiren, müşterilere hizmet sunma yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). İşletmelerin YTZY’yi benimseyerek kârlılık oranını artırdığı, kaynakları etkin şekilde kullandığı ve hizmet anlayışının iyileşmeye başladığı ifade edilmektedir (Zhu ve Sarkis, 2004). Yeşil tedarik zincirinin ortaya çıkış sebebi sadece maliyetleri azaltmakla sınırlı değildir. Aynı zamanda ekolojik maliyetleri de hesaba katmaktadır (Bajdor, 2012, s. 243). Geleneksel tedarik zinciri yapısından farklı olarak yeşil tedarik zinciri, çevreye zarar verebilecek atıkların da bu süreçten arındırılmasını amaçlamaktadır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). Hervani ve diğ. (2005) çalışmalarında YTZY’nin yeşil kavramının tedarik zinciri süreçlerine eklenerek faaliyet sürdürdüğünü ve yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım ve tersine lojistik bileşenlerinin toplamından meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Yeşil tedarik zinciri yönetimi 5 ana başlık altında değerlendirilmektedir.

- Yeşil satın alma: YTZY’nin en önemli faaliyeti olarak değerlendirilir (Zhu ve diğ, 2007). Tedarik edilen malzemelerin sürdürülebilir olması için, tehlikeli

maddelerin yok edilmesi ya da azaltılması, atıkların en aza indirgenmesi ve geri dönüşümün büyük bir rol oynaması amaçlanmaktadır (Ivascu ve diğ, 2015).

- Yeşil üretim: Ürünün tasarlanmasında ve üretim süreçlerinde çevreye sunulan verimlilik önemli bir rol oynamaktadır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). Çevresel uygulamalar sayesinde malzeme israfı en aza indirgenmektedir. Bu durumda şirketler malzeme yönetim sürecini daha masrafsız şekilde ilerletmektedir (Zhu ve diğ, 2017).
- Yeşil dağıtım/pazarlama: Çevre dostu ürünlere ilgi duyulmaktadır. Dolayısıyla müşterilerde algıda seçicilik oluşturmuştur. Çevre dostu ürünler daha pahalıdır. Pahalı ürünler ise kişileri daha çok memnun etmektedir (Teixeira ve diğ, 2016).
- Yeşil paketleme: Yeşil tedarik zincirinde paketleme kriterleri performans verimliliğini artırmaktadır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008). Bu nedenle yeşil paketlemede ürün maliyetlerinin düşmesi ve verimliliğin artması önemlidir (Laari ve diğ, 2017).
- Tersine lojistik: Ürünlerin geri dönüştürülebilmesi, yeniden onarılması, kullanılabilmesi ve imha edilmesinden dolayı yeşil tedarik zincirinin ana başlığı olarak sayılmaktadır. Ömrünü tamamlamış bir ürünün tekrar çevreye kazandırılması şirketleri daha verimli bir tedarik zinciri süreci akışına teşvik etmektedir. (Teixeira ve diğ, 2016).

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi: Sürdürülebilirlik, kurumsal hayatta önemli bir konudur. Şirketler için gerek tedarik zinciri süreçleri gerekse işletme yönetim faaliyetleri açısından bu kavram stratejik açıdan bir disiplin süreci hâline gelmiştir (Gedik, 2021). Sürdürülebilirlik, müşterilerin ihtiyaçlarından ve ortak paydaşların gereksinimlerinden hareketle ekonomik, sosyal ve çevresel olarak üç boyutta ele alınmaktadır. Şirketlerin bu üç boyutu verimli şekilde yönetebilmeleri için, bu ortamda rekabet gücünü korumak amacıyla sadece malzeme tedariki ve sermaye akışı süreçleri gibi ekonomik etkileri değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal etkileri de dikkate almaları çok önemlidir (Seuring ve Müller, 2008). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin (STZY) şirketler için 4 temel kolaylaştırıcı yönü olduğu ifade edilmiştir (Carter ve Rogers, 2008; Carter ve Liane Easton, 2011, s. 49).

- Strateji: Şirketlerin kurumsal sürdürülebilirlik stratejisinin entegre şekilde desteklenerek STZY için uyumlu hâle getirilmesi gerekmektedir.

- Risk yönetimi: STZY için acil durum planlamasının uygulanması ve Sürdürülebilir Tedarik Zincirinde (STZ) sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan oluşabilecek etkileri anlamlandırıp, yönetilebilmesidir.
- Kurumsal kültür: Şirketlerin kültür değerine sahip olan toplumdan oluşmasıdır.
- Şeffaflık: STZ’de operasyonel süreçlerin izlenebilmesi, gözden kaybolmaması ve önemli paydaşlar ile etkin iletişim kurulmasıdır.



2.2 Blokzincir Teknolojisi

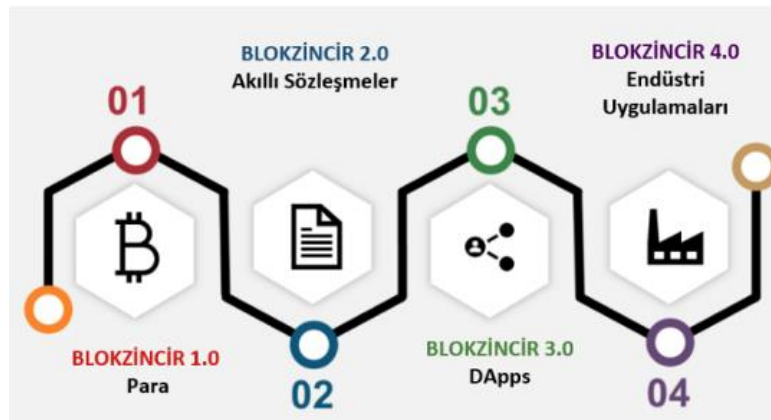
Çalışmanın bu bölümünde blokzincir teknolojisi kavramsal olarak ele alınmış, blokzincir teknolojinin çeşitlerine değinilmiş ve tedarik zinciri süreçlerindeki uygulama örnekleri ile bu teknolojinin tedarik zinciri ve diğer sektörlerdeki geleceği açıklanmıştır.

İlk olarak finans sektörü ile karşımıza çıkan blokzincir teknolojisi, günümüzde her alanda adını sıkça duymaya başladığımız önemli bir kavram hâline getirilmektedir. 1991 yılında Haber ve Stornetta “Dijital Bir Belgeye Zaman Damgası Nasıl Vurulur?” adlı çalışmalarıyla belgelerin zaman damgası kullanarak gizli kalmasını ve birbirlerine bağlanarak bir zincir oluşturmasını incelemişlerdir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018; Padmavathi ve Rajagopalan, 2021). Haber ve diğ. (1992) ise zaman damgası tasarısına ek olarak Merkle Ağaçları kavramını ortaya çıkarmışlardır (Haber ve diğ, 1992’den aktaran Padmavathi ve Rajagopalan, 2021). Merkle Ağaçları kavramı, zaman damgalı belgeleri şifrelenmiş biçimde daha güvenli bir blokzincirde toplayarak sistem verimliliğini artırmıştır (Padmavathi ve Rajagopalan, 2021). 2005 yılında kriptografik bir savunucu olan Hal Finney tarafından Reusable Proof of Work (RPoW) kavramı ortaya çıkarılmıştır. RPoW, kripto para biriminin hesaplanması zor olduğu için tasarlanmıştır. Bu sistemin ortaya çıkışı verilerin sunucuya güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlamayı ve çift harcama sorununu engelleyerek işlemlerin tekrarlanmasının önüne geçilmesini amaçlamaktadır (Padmavathi ve Rajagopalan, 2021). Blokzincir kavramı blok (block) ve zincir (chain) kavramlarının birleşimi ile oluşmuştur. Blok kelimesi, verilerin gizli tutulduğu dağıtık defter teknolojisini ifade etmektedir. Oluşturulan bloklar özel şifrelemelerle (hash) birbirine bağlanmakta ve değiştirilemez bu sistem zincir olarak ifade edilmektedir (Beştaş, 2022, s. 825). Blokzincir teknolojisinde eşler arası (Peer-to-Peer: P2P) işlem ağı kullanılır ve bu sayede yapılan işlemler görüntülenebilir fakat geçmişte yapılan işlemler değiştirilemez (Li ve diğ, 2019, s. 1; Berdik ve diğ, 2021). Blokzincirin merkezî olmayan yapısı ile ağa katılan iş birlikçiler ve veriler arasında bilgi paylaşımı yapılabilmektedir (Ok ve Alakaş, 2023, s. 234).

Blokzincir teknolojisi; ağ güvenliği, akıllı sözleşmeler, veri gizliliği gibi alanlarda kapsamlı uygulamalara sahiptir (Szabo, 1997). Bu nedenle sadece kripto para sektöründe değil; günümüzde lojistik, gümrük, tedarik zinciri, eğitim, sağlık gibi

alanlarda da sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Blokzincir teknolojisi; ağdaki verileri değiştirilemeyen, kopyalanamayan ve şifrelenmiş bloklar hâlinde, dağıtık bir defter olarak kaydeden bir veri sistemidir (Köseoğlu ve Ada, 2023, s. 30). Blokzincirde, ağa dâhil olan kullanıcılar yapılan işlemlerin tümünü görüntüleyebilmektedir. Bu işlemlerin doğrulanarak sistemde kalıcı olarak depolanması sağlanmaktadır (Ceylan ve Işık, 2023, s. 131). Dolayısıyla yapılan işlemler için üçüncü kişilerin doğrulamasına ve onayına ihtiyaç duyulmaz. Blokzincir tabanlı bir sistem, merkezî tabanlı sistemlere göre daha güvenilirdir (Ceylan ve Işık, 2023, s. 135).

Blokzincir teknolojisinin gelişim süreci 4 aşamaya ayrılmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla; Blokzincir 1.0, Blokzincir 2.0, Blokzincir 3.0 ve son aşama olan Blokzincir 4.0'dır. Blokzincir 1.0, 2008 yılında Satoshi Nakamoto'nun Bitcoin'i ortaya çıkardığı ve sistemin kripto paralar için kullanılmaya başlandığı süreçtir (Takoğlu ve diğ., 2019, s. 263; Ceylan ve Işık, 2023, s. 136). Blokzincir 2.0 ile ortaya çıkan akıllı sözleşmeler ile finansal işlemlerin daha gelişmiş bir şekilde yürütülmesi sağlanmıştır (Mohanty ve diğ., 2022). Blokzincir 3.0 sürecinde ise blokzincir uygulamaları sadece finans alanıyla sınırlı kalmamış, farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreçte daha güvenli dağıtılmış uygulamalar (Decentralized Applications: DApps) geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan ve yeni bir süreç olan Blokzincir 4.0 ise Endüstri 4.0 uygulamalarını kapsamaktadır (Mohanty ve diğ., 2022). Şekil 3.1'de Blokzincir teknolojisinin gelişim süreçleri gösterilmiştir.

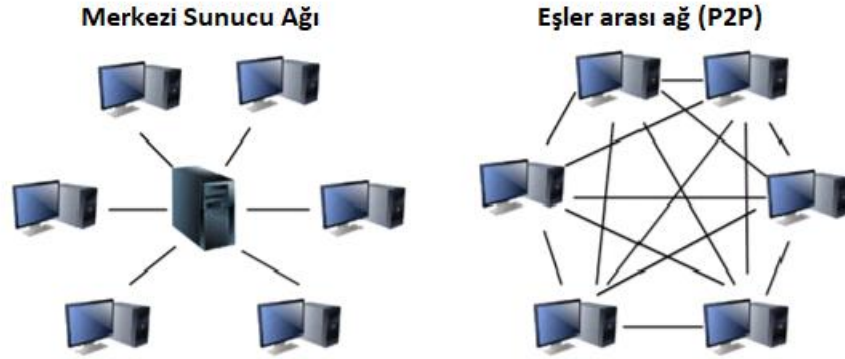


Şekil 2.3: Blokzincir teknolojisinin evrimleşme süreci.

Kaynak: Mohanty ve diğ., 2022, s. 2

Şekil 2.4'te merkezî ağ yapısı ve eşler arası ağ yapısı gösterilmiştir. Blokzincir teknolojisinde eşler arası işlem ağı (P2P) kullanılmaktadır. P2P'de mesaj sadece

alıcıya değil, ağı katılan herkese gönderilmektedir (Mendi, 2021, s. 184). Bu nedenle P2P merkezî olmayan bir işlem ağıdır ve verilerin paylaşım verimliliğini artırırken oluşabilecek yüksek maliyetleri de en aza indirmektedir (Ceylan ve Işık, 2023, s. 134).



Şekil 2.4: Merkezî ağ ve eşler arası ağ.

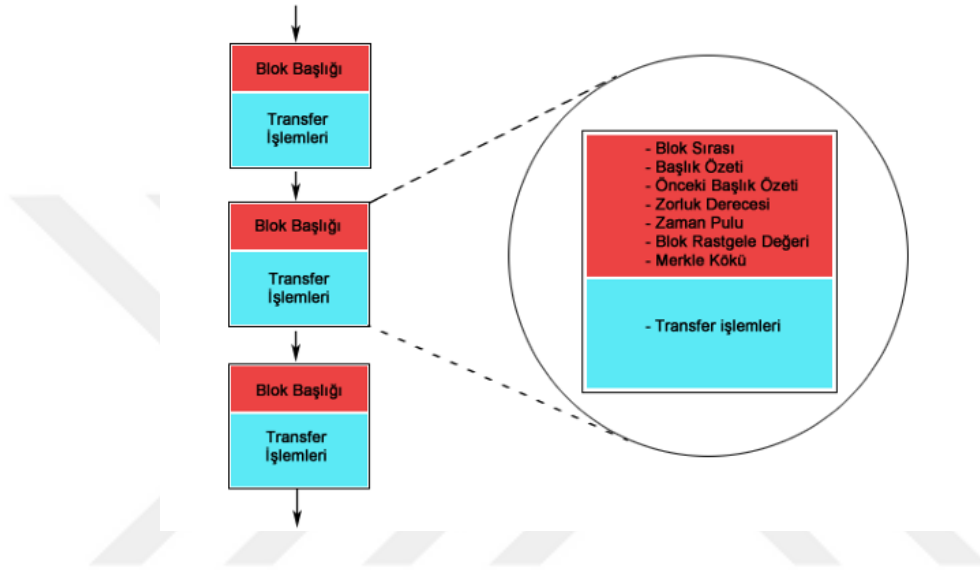
Kaynak: Series, 2020, s. 3

2.2.1 Blokzincir teknolojisinin yapısı

Blokzincirin yapısı teoride karmaşık ve zor görünmektedir. Fakat uygulama aşamasında mantığının kolay olduğu anlaşılmaktadır. Blokzincir, her bir yapı taşının bir araya gelmesiyle oluşturulan bloklar sayesinde meydana gelmektedir. Bir araya getirilen bloklar, ağı dâhil olmayan başka bir kullanıcının verileri değiştirmesini imkânsız hâle getiren güvenli ve şifrelenmiş şekilde birbirine bağlanmaktadır (Mubarik ve diğ., 2021, s. 1029). Zincire eklenen her yeni blok, kendisinden önceki bloğa ve güvenlik protokolü için ağdaki düğüme eklenir. Döngü bu şekilde devam etmektedir (Saberî ve diğ., 2019, s. 2119). Blokzincirde bir bloğa bağlı başka bloklar eklenemez, böyle bir durumun oluşması hâlinde bu olay fork (çatallaşma) olarak adlandırılır. Çatallaşmanın olduğu kısım tespit edilerek zincirin oluşmasına devam edilir (Kırbaş, 2018, s. 78).

Bağlı bulunan zincirdeki blok başlığında herhangi bir değişiklik yapılması, diğer blokların başlıkları arasında bir uyumsuzluk yaratmaktadır. Bu durum, en baştaki bloğa geri gidilmesine sebep olabilir. Bu nedenle blokzincirde geriye dönük ekleme ve silme işlemleri engellenmektedir. Bu yönüyle blokzincirin en önemli özelliği güvenli yapı içermesidir (Singh ve Singh, 2016).

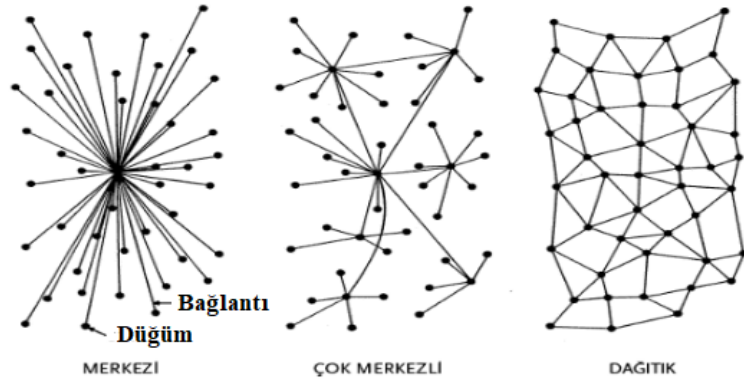
Bloklar kendinden bir önceki bloğun özetini içerir ve bir zincir hâlini alırlar. Bir zincirdeki bloğun bilgilerinin değiştirilmesi istenirse zincirdeki bir önceki bloklara gidilerek bunların değiştirilmesi gerekecektir. Fakat blokzincirde bloklar oluşturulurken iş ispatı istenmektedir, bu nedenle zincirdeki her bir blok içinde iş ispatı gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi büyük bir işlem gücü gerektirdiğinden, gerçekleşmesi mümkün değildir (Çarkacıoğlu, 2016, s. 43). Şekil 2.5'te blokzincir teknolojisinin veri yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Blokzincir teknolojisinin veri yapısı.

Kaynak: Kırbaş, 2018, s. 78.

Blokzincir teknolojisi dağıtık bir ağ yapısına sahiptir. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi merkezî bir ağ yapısında tek bir merkeze bağlı düğümlerin bulunması siber saldırıların daha fazla meydana gelmesine ve veri güvenliğinin tehlike altında olmasına sebep olur (Tian, 2016). Merkezî ağ yapısını genellikle bankalar kullanmaktadır (Taş ve Kiani, 2018, s. 370). Çok merkezli ağ, başka bir deyişle merkezî olmayan ağ; yapısında birden fazla merkeze bağlı düğümlerin oluşması ile meydana gelmektedir. Bu ağ yapısında da bir merkeze yapılan saldırı diğer ağ yapısını da bozarak sistemdeki iletişimi yok etmektedir. Dağıtılmış bir ağ yapısında, veri merkezlerinin zincir oluşturarak sistemdeki açıklığı yok etmesiyle güvenlik sorunlarının ve iletişimdeki aksaklıkların giderileceği düşünülmektedir (Baran, 1964).



Şekil 2.6: Ağ türleri yapısı.

Kaynak: Baran, 1964, s. 2

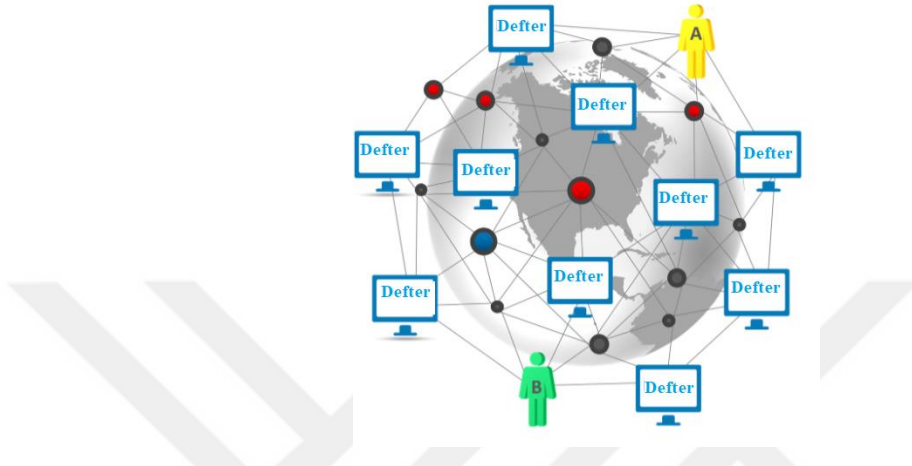
2.2.2 Blokzincir teknolojisi çeşitleri

Blokzincir, ağa katılan tüm kişiler için veri güvenliği ve gizliliği sağlayan dağıtık bir yapıya sahiptir (Seebacher ve Schüritz, 2017). Blokzincir teknolojisi, blokzincir yapısı geliştikçe ve ihtiyaçların karşılanabilmesi hâlinde çeşitlenmiştir (Zhang ve diğ, 2019, s. 11). Başlangıçta halka açık bir yapıda ortaya çıkan blokzincir yapısının ilk uygulama örneği Bitcoin'dir. Dağıtık defter teknolojisi olarak bilinen blokzincir teknolojisi; kullanım şekli, amacı ve kullanılacağı yerler farklılık gösterdiğinden blokzincir çeşitlendirilmiştir (Ceylan ve Işık, 2023). Dolayısıyla blokzincir teknolojisi; açık, kapalı ve konsorsiyum blokzincir olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır.

Açık (public) blokzincir: Halka açık ve ilk uygulaması Bitcoin ile gerçekleştirilmiş olan bir blokzincir türüdür. Günümüzde hâlâ yaygın olarak kullanılan bu türde, herkesin gerçekleşen işlemleri okuma yetkisi bulunmaktadır (Zhang ve diğ, 2019, s. 11). Bu nedenle şeffaf bir yapı sergilemektedir. Açık blokzincir halkın katılabildiği tüm platformlarda kullanılabilir. Kripto para uygulamaları, oylama sistemleri, kamu planlamaları ve sağlık hizmet kayıtları kullanım alanları arasındadır. Açık blokzincir, mutabakat onayı gerektirmese de verimliliği düşük bir tür olarak kabul edilmektedir (Ceylan ve Işık, 2023). Tek bir merkezin onayına gerek duyulmadığı için herkes bu ağ yapısına sahip sistemlere katılabilmekte ve onaylama işlemlerini ağda olan tüm katılımcılar yapabilmektedir. Açık blokzincirler, işlem maliyetlerini yükseltmesi ve yüksek enerji tüketimi ile bilinmektedir (Sarioğlu, 2022).

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi açık blokzincirlerde fazla sayıda düğüm olduğu için veri işlem hızının bloklara erişmesi zaman aldığından işlem verimliliği düşüktür (Zheng ve diğ, 2018, s. 358). Açık blokzincirlerin en önemli özelliği belirli bir merkezinin

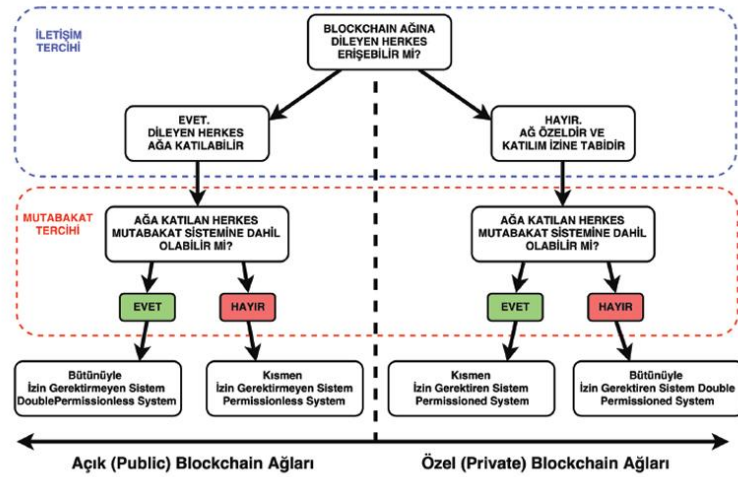
olmamasıdır. Kullanıcılar yapılan işleri teyit edebilmektedir. Bu durum blokzincirin önemli bir özelliği olan şeffaflığı ön plana çıkarmıştır. Açık blokzincirde kullanıcılar oluşturulan ve paylaşılan her bilgiyi görebilmekte fakat hiçbir kişisel veriye ulaşamamaktadır (Kaya, 2019). Bu yapıya en uygun örnekler, Ethereum ve Bitcoin'dir (Özyüksel ve Ekinci, 2020, s. 87).



Şekil 2.7: Açık (public) blokzincir: Bitcoin örneği.

Kaynak: IMF, 2016, s. 20

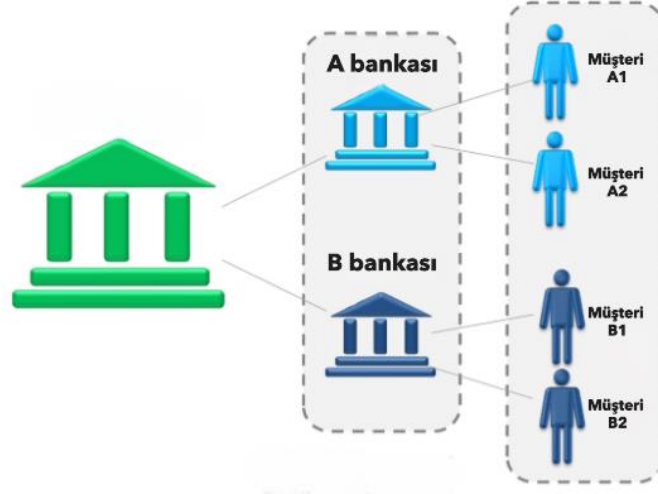
Kapalı (private) blokzincir: Kapalı blokzincirler, özel blokzincirler olarak da adlandırılmaktadır. Kapalı blokzincirlerde veri yönetim merkezi vardır. Ağdaki bloklar veri merkezine bağlıdır ve buradan kontrol edilmektedir. Mutabakat protokolleri açık blokzincirlere göre farklıdır ve doğrulama işlemleri için halkın katılımına ihtiyaç duyulmamaktadır (Esmailian ve diğ., 2020). Kapalı blokzincir yapılarında, ağa katılan kullanıcıların işlemlerle ilgili bilgilerinin belirli bir seviyeye kadar paylaşılması istenmektedir (Schmidt ve Wagner, 2019, s. 3). Şekil 2.8'de açık ve kapalı blokzincirlerin uygulanabilme süreç yapıları gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Açık ve kapalı blokzincirlerin yapısı.

Kaynak: Ünsal ve Kocaoğlu, 2018, s. 58

Şekil 2.9’da örnek kapalı blokzincir yapısında da gösterildiği gibi tek bir merkezî ağa bağlı oldukları için süreç açık blokzincirlerden farklı olarak şu şekilde ilerlemektedir: Veriler bir merkezî ağ yapısından, merkezî ağa bağlı kullanıcılara aktarılır ve bu kullanıcılardan da verileri kullanmak isteyen kişilere iletilerek süreç her işlemde tekrarlanır. Bu gibi kapalı blokzincir yapıları genellikle bankacılık sektöründe (Ceylan ve Işık, 2023) ve kritik verilerini korumak isteyen sağlık, ilaç, lojistik, finans gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Açık blokzincirlere göre daha hızlı işlem gerçekleştirildiği için tercih edilmektedir. Veri zincirinde paylaşılan bilgilerin görüntülenmesi ve okuma izni merkeze bağlıdır (Zheng ve diğ, 2018). Bu blokzincir yapısında, işlem verimliliği ön planda tutulduğu için büyük şirketlerin verimlilik konusunda daha tedbirli ve seçici olması beklenmektedir.

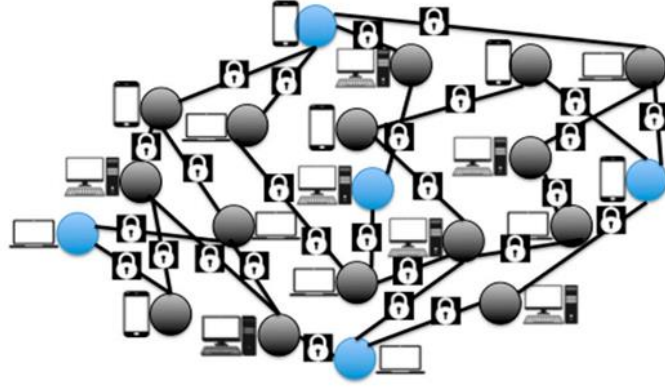


Şekil 2.9: Kapalı blokzincir yapısı.

Kaynak: IMF, 2016, s. 20

Konsorsiyum blokzincir: Konsorsiyum blokzincir, açık ve kapalı blokzincir çeşitlerinin entegre edilmiş hâli olarak bilinmektedir. Yetkilendirilmiş kişi veya kurum tarafından veriler açık ya da kapalı olabilir (Ünal ve Uluyol, 2020, s. 169). Sistemde verilere erişim sağlayabilmek ve mutabakat sürecine katılabilmek için ağa dâhil olanların izin sahibi olmaları gerekmektedir (Özyüksel ve Ekinci, 2020). Dolayısıyla konsorsiyum blokzincir yarı merkezî bir sistem içermektedir (Zheng ve diğ, 2018, s. 358). IBM firmasının Hyperledger Fabric isimli projesi ve Singapur'un uluslararası ticareti canlandırmak, üretici ve tüketici arasındaki kontrolü aracısız şekilde sağlayabilmek için kullandığı Fast Track Trade adlı uygulaması konsorsiyum yapısını içeren iki önemli platformdur (Ünal ve Uluyol, 2020; Özyüksel ve Ekici, 2020).

Şekil 2.10'da konsorsiyum blokzincirin örnek yapısı gösterilmiştir. Bu yapıların özel blokzincir ve açık blokzincirlerden farkı, sadece temsilci olan düğümlerin (mavi noktalar) ağa yazma yetkisinin bulunmasıdır. Bir diğer adı ise federasyon blokzinciridir (Idrees ve diğ, 2021, s. 5).



Şekil 2.10: Konsorsiyum blokzincir yapısı.

Kaynak: Idrees ve diğ, 2021, s. 6

Çizelge 2.1: Blokzincir çeşitleri arasındaki karşılaştırmalar.

Özellikleri	Açık blokzincir	Konsorsiyum blokzincir	Kapalı blokzincir
Mutabakatın belirlenmesi	Tüm katılımcılar	Seçilen düğüm kümesi	Bir kuruluş
İzin okuma	Kamu (halk)	Halka açık ya da kısıtlı	Halka açık ya da kısıtlı
Değişmezlik	Neredeyse imkânsız	Değiştirilebilir	Değiştirilebilir
Verimlilik	Düşük	Yüksek	Yüksek
Merkezî	Hayır	Kısmi	Evet
Mutabakat süreci	İzinsiz	İzinli	İzinli

Kaynak: Zheng ve diğ, 2018, s. 358.

Çizelge 2.1’de açık blokzincir, kapalı blokzincir ve konsorsiyum blokzincir yapıları karşılaştırılmıştır. Buna göre lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde en uygun blokzincir çeşidi konsorsiyum blokzincir olurken kamu bünyesinde gerçekleştirilecek ve gizli tutulması önemsenen bilgilerin olduğu bir sistemde kapalı blokzincir yapısının tercih edilmesi beklenmektedir.

2.3 Blokzincir Teknolojisinin Özellikleri

Blokzincir teknolojisi, gün geçtikçe birçok sektörde kullanılarak önem kazanmaya devam etmektedir. Blokzincirin belirli sektörlerde kullanılma sebeplerinin başında işlemlerin tüm katılımcılara eşit şekilde sunulması ve katılımcıların izlemelerinin

güvenli ve sorunsuz gerçekleştirilmesi gelmektedir. Blokzincir teknolojisinin sektörlerde büyük ilgi görmesinin başlıca nedeni, sürdürülebilirlik ve izlenebilirlik açısından cazip olmasıdır (Ceylan ve Işık, 2023). Geleneksel sistemlerde veri hacmi büyüdükçe sistemsel aksaklıklar, hızın azalması ve verimliliğin düşmesi gibi sorunlar gündeme gelmektedir. Blokzincir tabanlı sistemlerde ise verimlilik, hız gibi sistemsel sorunlar, minimize edilerek en aza indirgenmiştir. Günümüzde artan rekabet ortamında şirketler, sürdürülebilir ve büyüme odaklı olmaktadır. Bu nedenle özellikle tedarik zincirinde izlenebilirlik konusuna önem verilmektedir. Blokzincir, izlenebilirlik noktasında üstün bir çözüm sistemi sunmaktadır. Sistemdeki veri girişinden çıkışına kadar, eksik ya da hatalı tüm işlemlerin izlenmesini sağlamaktadır (George ve diğ, 2019, s. 1; Min, 2019).

Blokzincir teknolojisinin en temel özelliklerinden biri olan dağıtık bir yapıda olması verileri tek bir yerde depolamak yerine, dağıtık şekilde kaydetmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020, s. 168). Oluşturulan bloklar arasındaki özel şifrelemeler sayesinde veriler değiştirilemez. Bu yüzden verilerin ele geçirilmesi imkânsızdır. Güçlü bir güvenlik sistemine sahip olan Blokzincir teknolojisi, veri hırsızlığına karşı üstün bir koruma sağlamaktadır (Bag ve diğ, 2020, s. 108). Geleneksel sistemlerde, veriler için çeşitli güvenlik önlemleri alınır. Yüksek kurulum maliyetleri yüzünden blokzincir teknolojisinden kaçınılmaktadır. Dolayısıyla oluşan Distributed Denial of Service - Dağıtılmış Hizmet Reddi (DDoS) siber saldırılarına karşı şirketler savunmasız olurlar. Blokzincir tabanlı sistemlerin ise dağıtık yapısından dolayı DDoS saldırılarına karşı esnek bir yapısı bulunmaktadır (Ünal ve Uluyol, 2020). Blokzincirde gerçekleşen her bir transfer işlemi katılımcılar tarafından açık şekilde paylaşılmaktadır. Bu bağlamda işlemler şeffaflık ilkesi ile sunulmaktadır. Ağa dâhil olan katılımcılar, işlemleri onaylayarak başarılı şekilde transfer işlemini gerçekleştirmiş olurlar (Tekin ve diğ, 2020, s. 576). Blokzincir kullanmayan geleneksel sistemler ise işlemlerin değiştirilmesine, güvensizliğe ve veri hırsızlığına yol açabilmektedir. Blokzincir, verilerin birbirlerine eklenmesiyle büyür ve sistemdeki eski veriler kilitlenir. Böylelikle herhangi bir siber saldırıya karşı kendisini koruma altına alır (Ünal ve Uluyol, 2020).

Blokzincirin doğrulanabilirlik özelliğinde, tüm katılımcıların kendilerine ait dijital imzaları bulunmaktadır. Bu kişiselleştirilmiş imzalar sayesinde işlemler onaylanmaktadır. Fakat bu imza işlemleri karmaşık olduğu ve uzun sürdüğü için işlem

hızı düşmektedir. Buna karşılık merkezi ağ yapılarında tek sefer imza alındığından, işlem verimliliği hızı artmakta ve katılımcıların isteklerine bağlı olarak kimlikleri gizli tutulabilmektedir (Topcu ve Sarıgül, 2020, s. 30; Ünal ve Uluç, 2020). Blokzincirin, Bitcoin ve kripto para ile ortaya çıkan temel özelliği anonimliğidir. Kullanıcılar, gerçek kimliklerini devre dışı bırakıp blokzincire üye olarak farklı bir kimlik oluştururlar. Bu durumda kişilerin sadece dijital kimliklerini paylaşması yeterlidir. Bu durumda katılımcıların kendilerini güvence altına almaları sağlanır (Ünal ve Uluç, 2020). Ağda yeni olan katılımcılar yeni blok eklenmesine sebep olmaktadır. Artan katılımcı sayısı blokzincirin güvenliğini de sağlamaktadır (Tekin ve diğ., 2020). Blokzincir teknolojisinin, günümüze uzanan oluşum evresinde sunduğu özellikler arasında eksiklik, değişmezlik ve tutarsızlık ilkeleri yoktur. Aksine katılımcılara daha güvenli bir platform sunulmaktadır. Geleneksel veri tabanlarında aracı kişilere bağlı kalınarak sistem akışı sürdürülmektedir. Blokzincir tabanlı veri sisteminde ise durum tam tersidir. Merkezi bir aracı kurum ya da kişi yoktur. Bu da blokzincir tabanlı veri sistemlerini ön plana çıkartmaktadır (Tekin ve diğ., 2020). Blokzincirle ortaya çıkan önemli hususlardan biri de akıllı sözleşmelerdir. Ticari alışverişlerde oluşan riskleri en aza indirmek veya risklerin ortadan kalkmasını sağlamak amaçlanmaktadır (Hofmann ve diğ., 2017, s. 47). Akıllı sözleşmelerin, blokzincir veri tabanına katkılarının en önemlisi hız ve işlem kolaylığı sağlamasıdır. Akıllı sözleşmeleri ortaya çıkaran blokzincir tabanlı uygulamalar arasında Ethereum, Hyperledger ve benzeri sistemler bulunmaktadır (Tekin ve diğ., 2020, s. 576; Clack ve diğ., 2016, s. 2). Akıllı sözleşmelerde, sözleşmenin içeriği, şartları ve istenilen tüm bilgiler yer almaktadır. Böylece sonraki işlemler otomatikleşmektedir (Buterin, 2014; Wright ve Filippi, 2015, s. 12).

2.4 Blokzincir Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları

Blokzincir dağıtık ağ yapısı sayesinde herhangi bir merkezi sisteme gerek duymamaktadır. Aracı kuruma gerek kalmadan katılımcılar ağ üzerinde paylaşım yapabilmektedir. Dolayısıyla blokzincir, maliyetlerin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Katılımcılara, bilgilerini ve işlemlerini kontrol etme yetkisi verilmektedir. Zincirde yapılan hataların tekrar kontrol edilmesine ve düzeltilmesine yardımcı olmaktadır. Veriler ağı işlendikten sonra değiştirilemez, kopyalanamaz ve silinemez olduğunda kullanıcılar şeffaflık ve değişmezlik ilkelerinin avantajlarından

yararlanmaktadır. Güvenlik sistemi, P2P yapısı sayesinde çevrim içi ve çevrim dışı üstün bir koruma sağladığı için, kamu kuruluşları ve şirketler açısından önemlidir. Aksi hâlde veri hırsızlığı şirketlerde büyük kayıplara yol açabilmektedir. İşlemlerin hepsi dijital olarak etiketlenir ve bunların kopyası oluşturulur. Dolayısıyla geçmişteki işlemlere rahatlıkla ulaşılabilir. Bu durum blokzincirdeki izlenebilirliği ortaya çıkarmaktadır. Blokzincirle birlikte ortaya çıkan akıllı sözleşmeler sayesinde kullanıcılara güvenli ödeme sistemi sunulmaktadır (Ceylan ve Işık, 2023, s. 140; Külahlı ve Çağlayan, 2022, s. 60). Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirinde kullanılmaya başlandığından beri insan kaynaklı hataların azaldığı, gümrükleme işlem süreçlerinin hızlandığı ve operasyon süreçlerinin takip edilebilirliğinin arttığı gözlenmiştir (Cankül ve Kızıldaş, 2020, s. 248). Blokzincirin, izlenebilirlik noktasında tedarik zincirine etkisi büyüktür. Örneğin bir ürünün üretim aşamasından varış noktasına ulaşmasına kadar gerçekleşen her bir adım izlenmektedir. Dolayısıyla ürün ile ilgili oluşacak bir sorunun hangi aşamada ortaya çıktığı kolayca tespit edilmektedir. Geleneksel tedarik zincirinde ise bu durumun tespit edilmesi imkânsızdır. Ürünlerin geri toplanmasında çok maliyetli bir durum açığa çıkacaktır. Malik ve diğ. (2021) çalışmalarında blokzincir teknolojisinin, geliştirilmiş denetim, maliyetlerde azalış, üstün veri sistemi ve güvenlik konusunda avantajları olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 2.2’de blokzincir teknolojilerinin avantajlarını içeren seçilmiş çalışmalara yer verilmiştir. Söz konusu çalışmalarda yer alan avantajlar beş başlık altında toplanmıştır.

Çizelge 2.2: Blokzincir teknolojisi avantajları.

Stratejik	Organizasyonel	Ekonomik	Bilgisel	Teknolojik
Şeffaflık	Güvenin artması	Maliyetin düşürülmesi	Üstün veri kalitesi ve verilerin bütünlüğü	Esneklik
Dolandırıcılıktan ve manipülasyondan kaçınma	Şeffaflık ve denetlenebilirlik	Spam iletilere karşı daha fazla esneklik ve DDoS saldırıları	İnsan hatalarını azaltmak	Güvenlik
Yolsuzluğun azaltılması	Tahmin yeteneğini artırmak	Bilgiye ulaşma	Gizlilik	Kalıcılık ve değişmezlik

Çizelge 2.2 (devam): Blokzincir teknolojisi avantajları.

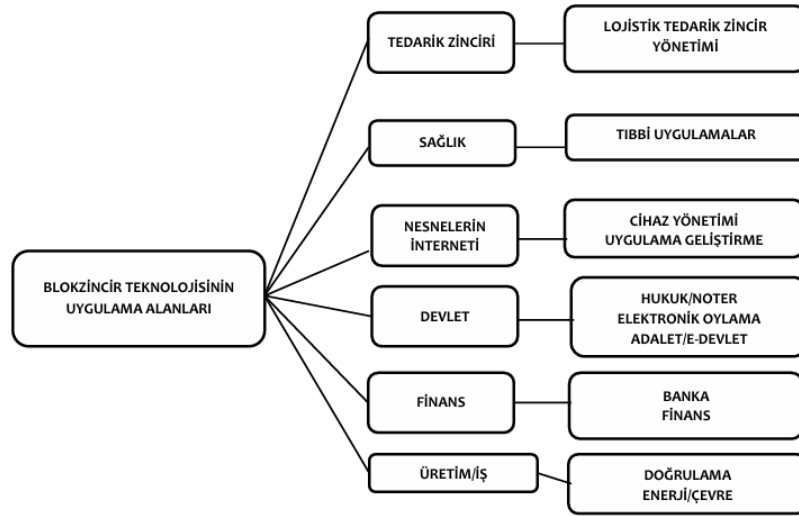
Stratejik	Organizasyonel	Ekonomik	Bilgisel	Teknolojik
-	Kontrolün artırılması	-	Güvenilirlik	Azalan enerji tüketimi

Kaynak: Ølnesa ve diğ, 2017, s. 359; Potekhina ve Riumkin, 2017, s. 11-13.

Yeni kurulmaya çalışan teknolojilerin sağladığı avantajların yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Blokzincir teknolojisi için de durum böyledir. Blokzincir teknolojisinin uygulamaya geçirilmesi için yüksek sermaye gerekmektedir (Niranjanamurthy ve diğ, 2018, s. 13). Blokzincir teknolojisi için oluşturulan bir kanun olmaması bu teknoloji için dezavantajdır. Örneğin ağda meydana gelen bir siber saldırı için hangi mahkemeye başvurulacağı belirsizdir. Dolayısıyla blokzincir teknolojisinin kullanımı için yasal düzenlemeler gerekmektedir. Blokzincir teknolojisinde işlemler için geriye dönük doğrulama yapılması büyük veriler ile işlem yapılmasına yol açmaktadır. Bu durum performansı olumsuz etkilemektedir. Şirketlerin, bilgi işlem merkezleri güvenilir sistem arayışında oldukları için blokzincir teknolojisi akla gelen ilk uygulamadır. Fakat bu teknoloji hakkında donanımlı kişilerin az olması ve sistemi öğreten bir kullanım kılavuzu bulunmaması sebebiyle blokzincir teknolojisinin kullanımına geçiş askıya alınmaktadır (Ünal ve Uluyol, 2020, s. 174; Ceylan ve Işık, 2023). Bir işlemin tamamlanabilmesi için, zincire bağlı tüm düğümlerin doğru şekilde onaylanması ve blok oluşması gerekmektedir. Bu durum ise sistemin yavaşlamasına neden olmaktadır (Ceylan ve Işık, 2023). Blokzincir teknolojisi, daha çok finans alanındaki çalışmalar kapsamında incelenmiştir. Diğer sektörler için sınırlı sayıda çalışmanın bulunması bilgi eksikliğine neden olmaktadır (Tandon ve diğ, 2021, s. 17).

2.5 Blokzincir Teknolojisinin Uygulandığı Sektörler

Blokzincir teknolojisi, farklı birçok sektörde gelecek için umut vaat eden bir uygulamadır (Ceylan ve Işık, 2023, s. 142). Blokzincir teknolojisine geçilmesi basit gibi görülse de aslında bu teknoloji zor ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle çoğu sektörde pilot uygulamalar ile geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Şekil 2.11’de blokzincir teknolojisinin kullanım alanları gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Blokzincir teknolojisinin uygulandığı sektörler.

Kaynak: Idrees ve diğ, 2021, s. 13.

Finans sektörü: Blokzincir teknolojisi ilk dijital para birimi olan Bitcoin’i desteklemek için ortaya çıkmıştır (Idrees ve diğ, 2021). Daha sonra çok çeşitli alanlarda uygulanmaya başlanmıştır (Singh ve diğ, 2021). Finans sektöründe kısa sürede çok fazla işlem yapılmaktadır. Bu işlemlerin takip edilebilmesi zordur. Blokzincir tabanlı finansal işlemlerde ise süreçler şeffaftır ve bunların takip edilmesi kolaydır çünkü üçüncü taraf kişilere ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yüzden işlem maliyetleri düşer, daha yüksek hız ve verimlilik sağlanır (Ceylan ve Işık, 2023, s. 143; Idrees ve diğ, 2021, s. 16). Günümüzde siber saldırıların artmasıyla birlikte, kişilerin kimliklerinin açığa çıkması güvenilirliğin azalmasına sebep olmaktadır. Blokzincirin finans sektöründe kullanılmasıyla güvenlik açığı ortadan kalkmaktadır. Bu yüzden verilerin kopyalanması ya da değiştirilmesi söz konusu değildir. Blokzincir teknolojisinin güvenli bir yapı sunması nedeniyle finans sektörünün blokzincir teknolojisine ilgisi gün geçtikçe artmaktadır (Vurdu, 2021).

Tedarik zinciri sektörü: Geleneksel tedarik zincirinin şeffaf olmaması üretici ve tüketicinin güven eksikliğini ortaya çıkarmakta ve bununla birlikte işlem sürelerinde hızın azalması maliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir (Yavuz ve Avunduk, 2021). Tedarik zinciri süreçlerinde belgelerin takip edilememesi, evrakta sahtecilik yapılmasına ve belgelerin çalınmasına neden olmaktadır. Bu durum sistemde takip edilebilirliğin ve yüksek güvenlik önlemlerinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Blokzincir teknolojisinin sunabildiği hizmetleri tedarik zincirine entegre edebilmek

kolaydır. Blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerini yönetebilecek bir veri sistemi bulunmaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2019). Geleneksel tedarik zincirinde sevkiyatları ve depo sayımlarını takip etmek gün geçtikçe daha da zorlaşmaktadır. Blokzincir teknolojisinin tedarik zincirinde uygulanması ile insan kaynaklı hata oranları azalmaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2019, s. 2861). Ürün takip edilebilirliği kolaylaşmaktadır. Blokzincir teknolojisinin yüksek şifrelemeleri sayesinde evrakta sahteciliğin azaltılması ve bilgilerin değiştirilmemesi önemli bir imkândır. Tüketicinin herhangi bir sorununda, yaşanan sıkıntının kolayca tespit edilmesi ve tüketicinin mağduriyet yaşamaması işlem sürelerinin kısalmasına olanak sağlamaktadır.

Sağlık sektörü: Sağlık hizmetlerinde gizlilik, hasta kayıtlarının dışarıya kapalı olması, belirli sınırlar içinde bilgi ve veri paylaşımı hem kamu kuruluşları ve özel kuruluşlar hem de kişi/kişiler açısından önemlidir. Nüfus sayılarındaki artış ve azalışlar sonucunda kişilerin kimliklerinin manuel olarak tespit edilmesi, işlemleri zorlaştırmaktadır. Örneğin 2019 yılında dünya çapında yaşanan küresel salgın ile hayatını kaybeden kişilerin kimlik tespitinin ve veri girişlerinin manuel şekilde yapılması sağlık kurumlarının işlerini zorlaştırmış ve sistemde aksaklıklara sebep olmuştur. Blokzincir teknolojisinin, sağlık sektörüne adapte edilmesiyle sağlık verileri bir merkezî sisteme bağlı kalmak yerine, sisteme katılmış tüm katılımcılar tarafından kontrol edilebilen bir ağ merkezi şeklini almıştır (Ceylan ve Işık, 2023, s. 146). Sistemin merkeze bağlı kalması, merkezdeki kullanıcılar dışında kimsenin veri girişlerini değiştirememesini ve kısıtlı bilgi paylaşımını sağlamıştır. Tüm katılımcıların sistemi kontrol edebilmesi, ağdaki katılımcıların veri girişlerini değiştirebilmesine, değişen verilerin tüm kişiler tarafından görüntülenebilir olmasına ve hasta hakkında tüm bilgilere ulaşılmasına zemin hazırlamaktadır. Blokzincir, sağlık sektöründeki finans akışını da bir aracı kurum olmadan yönetebilmektedir. Sağlık sektöründeki sıkıntıların başında sahte ilaçların denetimsiz şekilde piyasaya sürülmesi gelmektedir. Blokzincir teknolojisi ile ilaçlar üretimden tüketiciye ulaşana kadar her aşamada doğrulanmakta ve takip edilmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020). Fakat blokzincir teknolojisinin başarılı şekilde sürdürülebilmesi için finans sağlayıcılarının, sağlık araştırmacılarının ve sağlık bakanlıklarının sektörde dönüşümlü ve aktif iş birliği içerisinde rol oynamaları gerekmektedir (Idrees ve diğ, 2021).

Nesnelerin İnterneti (IoT): Dijitalleşen dünyada birçok işlemin internet üzerinden yapılması ve akıllı cihazların yaygın kullanılması ile IoT kullanımına yönelik

alışmalar artmıştır (Idrees ve diğ, 2021). Önümüzdeki yıllarda IoT cihazlarının kullanımının milyonları aşacağı belirtilmektedir. Dağıtık bir yapıya sahip olan IoT herhangi bir siber saldırıya karşı güvenlik duvarını tehlikeye atabilecek durumlar için blokzincir üzerinden güvenli mesajlaşma duvarı oluşturabilir (Idrees ve diğ, 2021; Kırbaş, 2018). Bu dağıtık yapının merkezinde bir sisteme girmeyi gerekli görmeyen kişi veya kurumlar bulunmaktadır. Nesnelerin interneti için önemli bir proje olan IOTA projesi, altyapı olarak blokzincir tabanlı bir sistem yerine Tangle isimli bir veri sistemi kullanmaktadır. IOTA projesi dağıtık ve ölçeklenebilir bir sistem kullandığı için nesnelerin açık muhasebe defteri olarak adlandırılmaktadır (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018). Fakat blokzincir, nesnelerin interneti için önemli bir veri sistemidir. Çünkü kimlik doğrulaması sayesinde diğler cihazlar ile güvenli şekilde iletişim kurabilmektedir (Ceylan ve Işık, 2023). Sonuç olarak, blokzincir teknolojisinin nesnelerin interneti uygulamaları için ilerleyen yıllarda fırsat alanı yaratacağı düşünülmektedir (Tunca ve Sezen, 2020).

Devlet/Kamu sektörü: Blokzincir teknolojisi devlet sektöründe pek çok alanda faaliyet göstermektedir. Bunların başında, oylama işlemleri, dijital kimlik ve pasaport işlemleri, vergi sistemi, e-Devlet uygulamaları, adalet sistemi ve tapu-noter işlemleri gelmektedir (Kırbaş, 2018; Ceylan ve Işık, 2023). Blokzincir teknolojisi oylama işlemlerinde güvenilir ve şeffaf bir sistem sağlar. Oy kullanma işlemleri sırasında kimlik tespiti de blokzincir sayesinde güvenli şekilde gerçekleştirilir. Sistem sayesinde, oy vermesi yasak olan kişiler tespit edilerek engellenmektedir (Namasudra ve diğ, 2021). Oylama işlem süreleri sona erdiğinde, sistemdeki muhtemel güvenlik sorunlarından ötürü verilere erişilerek oyların değıştirilmesi gibi olası sorunların çözümünde blokzincir teknolojileri tercih edilmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020). Oylama işlemlerinin sayım aşamasında ise veriler otomatik kaydedilip depolandığı için sonuçlar da çok hızlı şekilde açıklanmaktadır (Ceylan ve Işık, 2023). Dijital kimlik ve pasaport işlemlerindeki süreçler uzun zaman almaktadır. Bu durumda blokzincir teknolojisinin kullanılmasıyla süreçlerde aksama yaşanmadan vatandaşların kimlik bilgileri güvenilir şekilde paylaşılır ve depolanır. Blokzincir teknolojisi, vergi sisteminde de önemli gelişmelere sebep olabilir (Ceylan ve Işık, 2023). Vergi kayıtlarının güvenli şekilde tutulmasını sağlar. Gözden kaçırılan insan kaynaklı hata oranlarını en aza indirir. Vergi kaçakçılığını engeller (Vurdu, 2021). Ortak bir ağı

katılım sağlanarak yapılacak olan işlemlerde vergi dairesi ve mükellefler arasında daha hızlı ve etkili iletişim kurulmasına olanak sağlar (Ceylan ve Işık, 2023).

e-Devlet uygulamalarında, vatandaşların kayıp, çalıntı gibi olumsuz durumlar yaşaması hâlinde, blokzincir teknolojisi bilgileri güvenli şekilde depoladığı için bu gibi durumların yaşanması olasılığı düşmektedir (Ceylan ve Işık, 2023). Blokzincir teknolojisi merkezî olmayan bir yapıya sahiptir. Bu da güvenli bir alan sağlamaktadır. Adalet sisteminde kullanılması güvenilirlik açısından bir avantaj oluşturur. Yürütülen dava dosyalarının takip edilebilirliği blokzincir teknolojisi ile kolaylıkla sağlanır. Böylece geçmiş dönemdeki dosyalara kolaylıkla ulaşabilme imkânı sunulur (Ceylan ve Işık, 2023). Blokzincir teknolojisi, bir ağ oluşturduğu için bu ağa katılan avukat, hâkim ve savcılar birbirleri ile etkili iletişim içerisinde olur ve işlemler aksamadan hızlı, güvenilir şekilde ilerler. Tapu işlemlerinde kullanılan blokzincir teknolojisi hem özel sektöre hem de kamu sektörüne entegre edilebilmektedir. Özel sektörde kira sözleşmeleri blokzincir teknolojisi kullanılarak yapılabilir, bu sayede geçmiş kira sözleşmelerinde silme işlemi ya da evrakta hata ihtimali en aza indirilir. Dolayısıyla kiracı ve mal sahibi mağdur olmamaktadır. Tapu işlemleri veri ağına kaydedilerek paydaşların ve kurumların belgelere erişebilmesi kolaylaştırılmakta, anlaşmazlıkların ve üçüncü kişilere ihtiyacın önüne geçilebilmektedir (Kakavand ve diğ., 2017). Fakat bazı alanlar için devlet kontrolü ve kanunlar ile ilgili hususlarda blokzincir teknolojisinin uygulanabilmesinin zor olacağı düşünülmektedir (Vurdu, 2021).

Üretim/İş sektörü: Bir üretim ağının; doğru planlama, operasyon süreci, finans sağlayıcıları, kişilerin ve makinelerin performansı, üretim optimizasyonu ve sürecin takip edilebilirliği gibi pek çok noktaları vardır (Idrees ve diğ., 2021). Bu süreçlerin belli aşamalarında bazı aksaklıklar yaşanabilmektedir. Örneğin ürünün takip edilememesi, veri gizliliği ve siber saldırılar süreçlerde endişe oluşturur. Blokzincir teknolojisinin üretim süreçlerine katkısı, oluşturduğu özel şifreler sayesinde verilerin üçüncü kişilerin eline geçmesine izin vermemesidir (Idrees ve diğ., 2021). Bu sistem sayesinde ürün imalat aşamasından ihracat sürecine kadar takip edilebilmektedir.

Blokzincir teknolojisi, çevre ve enerji sektöründe de büyük bir gelişme sağlar (Ceylan ve Işık, 2023, s. 147). Sürdürülebilirlik konusunda, blokzincir teknolojisinin ön planda olması enerji sektöründe de süreci destekler. Çünkü, blokzincir teknolojisi maliyetleri azaltan bir veri sistem ağına sahiptir. Bu nedenle çevre sektöründe karbon ayak izi ile ilgili süreç doğru şekilde takip edilebilir. Enerji sistemlerinde ise enerji tüketim

oranlarının maliyeti azaltacağı düşünülmektedir (Idrees ve diğ, 2021; Ceylan ve Işık, 2023).

2.6 Tedarik Zinciri Yönetiminde Blokzincir Teknolojisi Uygulamaları

TZY, ürünlerin üretim aşamasından teslimat aşamasına kadarki sürecin yönetimini düzenlemektedir. TZY’de bu süreci kontrol edebilmek günümüz şartları için zorlaşmaktadır. Bu nedenle blokzincir tabanlı çözümler süreçleri daha güvenilir hâle getirmiştir. Sağlık, gıda, tarım gibi sektörlerin tedarik zinciri süreçlerinde birkaç pilot uygulaması ve günümüzde devam eden uygulamaları vardır. Çalışmanın bu kısmında tedarik zinciri alanındaki blokzincir teknolojisinin uygulama örnekleri incelenecektir.

Sağlık sektöründeki sahte ilaç üretimi ve piyasaya sürülmesi gün geçtikçe küresel bir tehlike durumu oluşturmuştur (Happer, 2025). MediLedger ve Modum.io blokzincir tabanlı bir uygulamadır. İlaç sektöründe yaşanan sahtecilik için çözüm olarak sunulan MediLedger bu durumu engellemek için hizmet vermektedir. Yaşanan sahtecilik üreticiden tüketiciye kadar sıkıntı yaratmıştır. Blokzincir teknolojisinin izlenebilirliği sayesinde bu uygulama ile sahteciliğin önüne geçileceği düşünülmektedir. Sağlık sektörü için uygulanan Modum.io ise ilaçların uygun sıcaklıkta, üreticiden tüketiciye kadar uzanan tedarik sürecinin yönetilmesini sağlamaktadır. Blokzincir teknolojisi ve IoT birleştirilerek ilaç lojistik süreci sürdürülmektedir (Happer, 2025). Gıda sektörü günümüzde önemli bir konuma gelmiştir. Yiyeceklerin taze olarak temin edilip müşteriye ilk günkü gibi ulaştırılması gerekmektedir. Fakat her sektörde olduğu gibi bu sektörde de güvenilirliğin azalmasından IBM Food Trust ve Walmart iş birliği ortaya çıkmıştır. IBM Food Trust ilk olarak gıda güvenilirliği için ortaya çıkarılmış olsa da bu proje aslında blokzincir teknolojisi sayesinde tedarik zincirinde ürünlerin menşeinin nasıl takip edileceğini göstermiştir (Happer, 2025). Bu durumun en güzel örneği ise et ve süt ürünlerinin çabuk bozulmasından dolayı, IBM Food Trust gerçek zamanlı olarak, bozuk gıdaların kaynağının belirlenmesinde geçen süreyi günlerden saniyelere indirmeyi başarmıştır (Kamath, 2018).

Everledger IBM öncülüğünde kurulan, elmasların ve lüks ürünlerin gerçeklik doğrulamasını akıllı sözleşmeler kullanarak diğer paydaşlar ile şeffaf bir şekilde paylaşan bir şirkettir. Her bir elmasa ait karat ağırlığı, renk, berraklık ve menşe yeri bilgileri ile dijital parmak izleri oluşturularak, dağıtılmış bir blokzincir kimliği meydana getirilir. Dijital parmak izlerinin oluşturulması sayesinde herhangi bir elmas

ya da lüks ürün için sistemdeki bilgiler değiştirilemez. Bu durumda oluşabilecek sahtecilik gibi durumların önüne geçilmektedir (Everledger, 2020).

IBM ve A.P. Moller - Maersk iş birliği ile ortaya çıkan TradeLens projesi 2018 yılında deniz taşımacılığındaki belgeleri dijitalleştirerek daha güvenli bir küresel ticaret üzerine tasarlanmış blokzincir platformudur (Hershko, 2022). TradeLens projesi, tedarik zincirinde operasyon sürecinin şeffaflığını artırmayı amaçlamıştır (Suyambu ve Anand, 2020). Küresel tedarik zinciri sektörünün dijitalleşmesi amacıyla kurulan ve çığır açacak bir vizyon sağlayabileceği düşünülen projenin, uygulanabilmesine rağmen küresel çapta bir iş birliği sağlayamadığı için 2022 yılının sonunda sonlandırılmasına karar verilmiştir (Hershko, 2022).

2.7 Blokzincir Teknolojisinin Geleceği

Blokzincir teknolojinin, finans sektörü başta olmak üzere birçok sektörde yenilikler yaratması beklenmektedir (Nakamoto, 2008). IEEE ve ISO gibi teknoloji alanındaki standartlar konusunda çalışan kuruluşlar blokzincir konusunda standardizasyonu geliştirmeye başlamıştır. Önemli şirketler (Microsoft ve IBM) blokzincir tabanlı altyapılar geliştirerek bunları firmaların kullanımına sunmuşlardır. Dünya çapında tanınmış şirketlerin blokzincir teknolojisi için yatırım yapmaları ve teknolojiyi desteklemeleri küresel dijitalleşmenin geleceğine dair olumlu beklentiler içinde olduklarını göstermiştir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018). Blokzincir teknolojinin finans sektöründeki gelişmelerinden dolayı tedarik zinciri içinde firmaların ortak altyapılar oluşturması TZ'nin dijitalleşmesini büyük oranda etkilemekte ve gelecek yıllar içerisinde blokzincir teknolojinin potansiyelinin artarak devam edeceği düşünülmektedir (Külahlı ve Çağlıyan, 2022). Külahlı ve Çağlıyan (2022) çalışmalarında blokzincir teknolojinin TZ'ye entegre edildiği zamanki geleceği hakkında sistematik literatür incelemesi yapmışlardır. Literatürde konu kapsamında çalışmaların az olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma tedarik zincirinde uygulama alanları, tür çeşitliliğinin geniş alanlarda uygulanabileceği konusunda fikir vermiştir. Tedarik zincirinin tür çeşitliliği üç şekilde ifade edilmiştir:

- Rekabet avantajı: Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirinde uygun bir yönetim modeli oluşturursa işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olabilir (Zheng ve Lu, 2021, s. 12).

- Zorunlu adaptasyon: Blokzincirin tedarik zinciri süreçlerindeki olumlu etkisinden dolayı gelecekte işletmeler kendilerini bu teknolojiye doğrudan sahip olmak zorunda hissedebilir (Külahlı ve Çağlıyan, 2022).
- Güvenilirlik: Gıda ürünleri ve tıbbi ürünlerin tedariğinin sağlanması ve tüketiciye güvenilir şekilde ulaşması blokzincir teknolojisinin kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bu sayede gelecekte işletmelerin blokzincir tabanlı tedarik zinciri sistemine entegre olabileceği düşünülmektedir (Külahlı ve Çağlıyan, 2022).

Sonuç olarak, blokzincir teknolojisi finans sektöründe ortaya çıkmış ancak diğer sektörlerde de entegre edilebilen, çığır açan bir teknoloji olarak nitelendirilebilir. Sistemdeki eksiklikler (enerji tüketimi, hızı ve güvenlik açıkları) giderilirse kişiler, kamu kurumları ve özel şirket çalışanları açısından daha sistemli, düzenli ve kontrol edilebilir blokzincir tabanlı altyapıların rahatlıkla oluşturulabileceği düşünülmektedir.

3. TEORİK ALTYAPI VE LİTERATÜR

Bu kısımda öncelikle çalışmanın teorik altyapısını oluşturan Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ve İşlem Maliyeti Teorisi (İMT) ve Eko-Verimlilik Teorisi açıklanmıştır. Ardından konu ile ilgili derinlemesine literatür taraması yapılarak elde edilen yerli ve yabancı bilimsel çalışmalara yer verilmiştir.

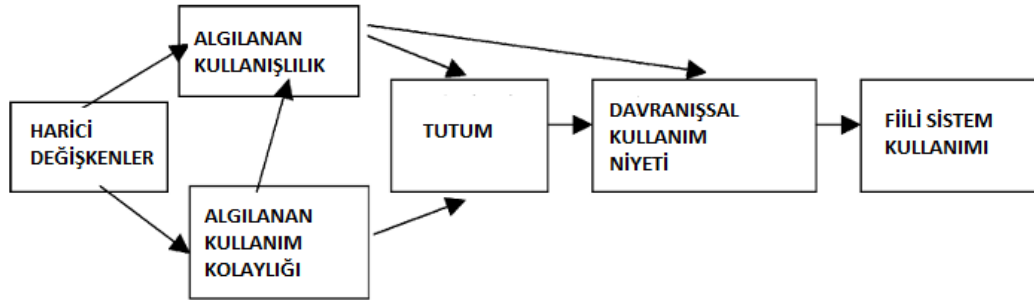
3.1 Teknoloji Kabul Modeli

Teknoloji Kabul Modeli (TKM), Fred D. Davis tarafından 1989 yılında tanıtılmıştır (Davis, 1989). Bu model, psikoloji temeline dayanan Gerekçeli Eylem Teorisi ve Planlı Davranış Teorisinden türetilmiştir. Bu sayede kişilerin teknoloji hakkındaki görüşleri daha net şekilde ifade edilmektedir (Marangunić ve Granić, 2015). TKM'nin ortaya çıkışı Bilgi Teknolojilerine (BT) dayanmaktadır. BT maliyetli bir sistemdir (Legris ve diğ., 2003). TKM, kişilerin sistemi kullanıp kullanmamalarının isteklerine bağlı olduğunu ve bu isteklerin sistemde algılanan yarar ve algılanan kullanım kolaylığı olmak üzere iki inanç sisteminden etkilendiğini öne sürmektedir (Lin ve diğ., 2007).

Algılanan yarar, kişilerin bir sistemi iş performansını daha iyi sürdüreceklerine inandıkları ölçüde kullanma ya da kullanmama eğilimidir. Dolayısıyla yarar algısı, söz konusu sistemin kullanıldığı takdirde iş performans sürecinde bir artış olacağına inanma odaklıdır. Algılanan kullanım kolaylığı ise kişilerin sistemi kullanırken o uygulamanın fayda sağlayacağını düşünmesidir (Davis, 1989). Fakat sistemin kullanımı zor olduğu için, uygulamayı kullanmak gereken çabadan daha zor olarak değerlendirilebilir. Yani bir sistemi kullanırken az çaba harcayarak daha iyi bir performans elde edilebileceğine inanılır. İki ayrı inanç sistemi olarak değerlendirilse de algılanan kullanım kolaylığının algılanan yarardan teorik olarak faydalandığı belirtilmiştir (Davis, 1989).

Fred D. Davis kısa bir zaman sonra TKM II olarak literatüre yeni bir model sunmuştur. Bu yeni model öznel değerleri de içermektedir. Uzun dönem araştırmalar yapılarak modelin geçerliliği test edilmiştir. TKM ve TKM II modelleri bir sistem kullanımının

yaklaşık %40'ını açıklamaktadır (Legris ve diğ, 2003). Şekil 3.1'de TKM'nin yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Teknoloji kabul modeli yapısı.

Kaynak: Legris ve diğ, 2003, s. 193

Literatürde TKM kapsamında birçok çalışma bulunmaktadır. Saberi ve diğ. (2019) çalışmalarında blokzincir teknolojileri ve sürdürülebilir tedarik zinciri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Tedarik zincirinde izlenebilirlik, şeffaflık ve güvenilirlik sorunlarının giderilmesi için blokzincir kullanımına değinilmiştir. Çalışmada kurum içi, kurumlar arası, teknik ve dış engeller, blokzincir teknolojisinin benimsenmesindeki zorluklar olarak sınıflandırılmıştır. Jain ve diğ. (2023) çalışmalarında Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi için en uygun TKM'yi belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada beş farklı kabul teorisinin değerlendirilmesi için Bulanık AHP ve Bulanık VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda Birleşik Teknoloji Kabul ve Kullanım Teorisi modelinin belirlenen kriterler kapsamında en uygun teori olduğu belirlenmiştir.

3.2 İşlem Maliyeti Teorisi

1937 yılında Ronald Coase'un temellerini oluşturduğu İşlem Maliyeti Teorisi (İMT) sonrasında Williamson'ın çalışmalarıyla geliştirilmiştir (Williamson, 1979). Williamson (1979) bu teoriyi insan davranışlarına göre temellendirmiştir. İMT'nin temel amacı, üretim süreçlerindeki maliyetler yerine, işlem maliyetlerinin en aza indirgenmesi ve tasarruf edilmesidir (Williamson, 1985). İMT, tedarik zinciri yönetimi ve işletme alanlarında temel bir konuma sahiptir (Grover ve Malhotra, 2003; Ketchen ve Hult, 2007). İMT, sınırlandırılmış rasyonellik ve fırsatçı durum olarak iki varsayımı ele almaktadır. Bu davranışçı varsayımların altında maliyetler için sözleşme öncesi ve sonrası yaşanan sorunlar iki şekilde sınıflandırılmaktadır (Schmidt ve Wagner, 2019).

Bunlar;

- Ex-Ante: Bir sözleşmenin onaylanmadan önceki durumunu ifade eder. Bu dönemde kişilerin yaşanan tüm süreç koşullarını önceden tahmin edip harcanacak miktarı belirlemesi istenir (Grover ve Malhotra, 2003; Schmidt ve Wagner, 2019). İşletmeler kendi çıkarları uğruna sözleşme öncesinde bilgileri gizleyerek fırsatçı bir davranış sergileyebilir. Bu nedenle blokzincir teknolojileri gibi uygulamaların bu tür durumlara izin vermeyeceği düşünülmektedir (Schmidt ve Wagner, 2019).
- Ex-Post: Sözleşme sonrasındaki dönemi kapsamaktadır. Sözleşme yapıldıktan sonra performans izlenerek maliyetler takip edilmektedir. Bu dönemde yaşanan aksaklıklar genellikle ex-ante sürecinde yer alan sözleşmedeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Ex-ante sürecinde olduğu gibi sözleşme sonrasındaki (ex-post) problemlerin blokzincir teknolojileri ile giderileceği ifade edilmektedir (Schmidt ve Wagner, 2019).

Literatürde İMT'ye dayanarak yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Erdoğan (2019) çalışmasında havacılık sektöründe işletmeler arasında yapılan sözleşme sürelerinde oluşan farklılıkların neden meydana geldiğini araştırmıştır. Çalışmada 41 yer hizmeti anlaşması İşlem Maliyeti Teorisi (İMT) çerçevesinde ele alınmıştır. Çalışmada yer hizmeti sözleşme sürelerinin İMT kapsamında sınırlı yetkin bir güce sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Schmidt ve Wagner (2019) blokzincir teknolojilerinin tedarik zinciri süreçlerini nasıl etkilediğini işlem maliyeti teorisi üzerinden değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda blokzincir teknolojisinin, işlem maliyetlerini ve işletmeler arasındaki fırsatçı davranış tutumunu azaltarak tedarik zinciri yönetimi ve işletme yönetiminin yapısını değiştirebileceğini ifade etmişlerdir. Demirhan ve Sadioğlu (2016) çalışmalarında İMT kapsamında devletin gerekliliği ile ilgili tartışmaları incelemiştir. Söz konusu çalışmada İMT kapsamında kamu yönetimi yaklaşımlarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, beklenen bir verimlilik yerine yeni işlem maliyetleri yaratma potansiyelinin daha açık olduğu sonucuna varılmıştır.

3.3 Eko-Verimlilik Teorisi

Eko-verimlilik, üretimden dağıtımına kadar geçen süreçlerde performans kullanımını optimize ederek israfın azaltılmasını ve bu sayede daha fazla ürünün oluşmasını

hedeflemektedir (Ehrenfeld, 2005). Eko-verimlilik anlayışı blokzincir uygulamalarını da desteklemektedir. Blokzincir teknolojisi insan kaynaklı hata oranlarının azaltılmasını sağlayabildiği için üretim performansını artırdığı ve bu nedenle eko-verimlilik anlayışının da benimsendiği düşünülmektedir (Kumar ve Iyengar, 2017). Park ve Li (2021) çalışmalarıyla sürdürülebilir şekilde kullanılan kaynakların blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerinde eko-verimliliği artırabileceğini öngörmüşlerdir.

Ada ve diğ. (2021) çalışmalarında eko-verimlilik yaklaşımı bağlamında döngüsel ekonomiyi ele alarak engelleri ve dijitalleşme süreçlerine etkilerini önemli bir sorun olarak tanımlamıştır. Sonuç olarak Endüstri 4.0'ın kullanımı ile birlikte eko-verimliliğin sağlanacağı ve rekabet gücünün artacağı yönünde çözümler sunmuşlardır.

3.4 Literatür

Bu kısımda blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri yönetimindeki uygulamalarını ve blokzincir teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerindeki etkilerini inceleyen bilimsel çalışmalara yer verilmiştir.

Blokzincir teknolojisi, sağlık, lojistik, tarım, gıda ve kripto para sektörlerinde kişilere kolaylık sağlayan bir sistemdir. Blokzincir teknolojisi, günümüz tedarik zinciri alanında yaygın olarak çalışmalarda bulunan teknolojilerden biridir. İhracatçıdan ithalatçıya kadar olan süreçlerin izlenebilir olması, blokzincirin güvenilirliğini artırarak bu teknolojinin, tedarik zinciri yönetiminde benimsenmesini sağlamıştır.

İrak ve Topcu (2020) tarafından yapılan çalışmada, dijitalleşmenin artmasıyla blokzincirin tedarik zinciri yönetimindeki uygulanabilirliği sistematik bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışma sonunda, blokzincirin tedarik zinciri yönetiminde kullanılmasının maliyetlerde azalmaya ve daha verimli bir sistem oluşturmaya yol açacağı belirlenmiştir. Külahlı ve Çağlıyan (2022) tedarik zinciri yönetiminde kullanılan blokzincir teknolojisinin sektörel uygulama alanlarını, karşılaşılan engelleri ve gelecek planlarını incelemiştir. Çalışmada derinlemesine literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, blokzincirin tedarik zinciri yönetimine entegre edilmesiyle sektördeki firmalar arasında rekabetçi bir ortamın oluştuğu belirlenmiştir. Queiroz ve diğ. (2020) çalışmalarında, TZY ve blokzincir uygulamaları arasındaki bağlantıyı derinlemesine literatür incelemesi yaparak açıklamıştır. Schmidt

ve Wagner (2019) çalışmalarını, işlem maliyetleri teorisine dayanarak açıklamışlardır. Tedarik zinciri operasyon maliyetlerinin blokzincir teknolojisine etkisini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Yapılan bu çalışma sonucunda, araştırmacılar literatüre altı kavramsal öneri sunmuşlardır.

Rogerson ve Parry (2020) yapmış oldukları çalışmada, tedarik zincirinde yaşanan eksikliklerden dolayı blokzincir uygulamalarının TZY’de oluşturacağı potansiyel etkilerinin bulunmasını amaçlamışlardır. Çalışmalarında keşifsel vaka analiz yöntemini kullanarak blokzincir uygulamalarını gözlemlemişlerdir.

Dutta ve diğ. (2020) blokzincirin tedarik zincirindeki iş süreçlerini tekrar geliştirerek güvenli bir sistem oluşturmada çok büyük bir potansiyele sahip olduğunu tespit etmiştir.

Varriale ve diğ. (2020) tedarik zincirinde kullanılan blokzincir uygulamalarının sürdürülebilirliği kapsamında derinlemesine literatür taraması yaparak 37 çalışmayı analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda literatürdeki boşluklar vurgulanmıştır. Bai ve Sarkis (2020) tarafından yapılan çalışmada, blokzincir uygulamaları için tedarik zinciri seçimlerinde tereddütlü bulanık küme ve pişmanlık teorisi kullanılmıştır.

Gerdan ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmada, gıda izlenebilirliği konusunun önemli bir sorun hâline geldiği ve bu süreçte blokzincir teknolojisinin gıda güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırmada, JavaScript, C++, Solidity ve Simplicity programlarının blokzincir uygulamalarında yoğun bir şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonunda, blokzincir teknolojisinin izlenebilir sistemler aracılığıyla üreticiler ve tüketiciler açısından gıda ürünlerinin takip edilebilirliğini ve güvenilirliğini artırdığı tespit edilmiştir.

Tekin ve diğ. (2020) tarafından yürütülen çalışmada akıllı lojistik uygulamalarının blokzincir teknolojisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada yapılan literatür taraması sonucunda blokzincir teknolojisinin güvenlik ve izlenebilirlik açısından akıllı lojistik uygulamalarına fayda sağlayabileceği belirlenmiştir. Yavuz ve Avunduk (2021) çalışmalarında geleneksel tedarik zinciri ile blokzincir tabanlı tedarik zincirini karşılaştırmış ve sistemin tedarik zincirine sağlamış olduğu avantajları değerlendirmiştir.

Her sektörde olduğu gibi, yiyecek ve içecek sektöründeki teknolojik ilerlemelerin geleneksel tedarik zincirini etkilediğini savunan Cankül ve Kızıldaş (2020)

alışmalarında blokzincirin tedarik zincirine entegre edilmesi ile yiyecek ve içecek sektörünün kazanacağı avantajları incelemiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre bu avantajlar izlenebilirlik, şeffaflık, güvenilirlik ve verimlilik olarak ifade edilmiştir. Meydan (2023) tarafından yürütülen çalışmada, hava yolu işletmelerinin mevcut dijital uygulamaları incelenmiş ve güncel uygulamaların dijitalleşme süreci üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda dijital uygulamaların maliyetlere olumlu etkisinin olduğuna dikkat çekilmiştir.

Di Vaio ve Varriale (2020) alışmalarında blokzincir teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirinde operasyon yönetimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, İtalya’da bulunan bir havalimanı vaka analizi kapsamında incelenmiştir. Çalışmanın sonunda söz konusu havalimanında kullanılan blokzincir teknolojisinin sürdürülebilirlik açısından oluşturacağı verimlilik değerlendirilmiş, kontrol edilebilirliğin ve izlenebilirliğin önemli düzeyde artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Mubarik ve diğ. (2021) alışmalarında, blokzincir teknolojisinin, üreticilerin tedarik zinciri yönetiminde Y TZ uygulamalarının giderek yaygınlaşması üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Söz konusu çalışmada Malezya’daki üretici firmalardan toplanan veriler PLS-SEM analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonunda blokzincir teknolojisinin Y TZ uygulamaları üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bag ve diğ. (2020) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada yeşil tedarik zinciri uygulamalarında blokzincir teknolojisinin benimsenmesinin önündeki engeller Entegre Bulanık-DEMATEL yaklaşımı ile tespit edilmiştir. Çalışmanın sonunda tedarik zincirlerinde iş ortaklarının kültürel farklılıklarının blokzincir teknolojisi kullanımını engellediği sonucuna varmışlardır.

Yousefi ve Tosarkani (2022) alışmalarında blokzincir uygulamalarının tedarik zinciri performansını pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Khanfar ve diğ. (2021) sistematik literatür taraması kapsamında blokzincir uygulamalarının tedarik zinciri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Chang ve diğ. (2020) alışmalarında blokzincirin küresel tedarik zincirindeki konumunu ele almış ve blokzincir uygulamalarının tedarik zinciri yönetiminde oluşan zorluklarını analiz etmiştir.

Paliwal ve diğ. (2020) alışmalarında blokzincir teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zinciri yönetim performansı üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. 5N1K analiz yöntemi kullanarak belirlenen araştırma sorularına cevap verilmiştir.

Çalışmada, blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri yönetimine uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Zhang ve Song (2022) çalışmalarında, STZ için blokzincir uygulamalarının çevresel, ekonomik ve toplumsal risklerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda, risk faktörü derecelerini dikkate alarak yeni bir risk analizi yöntemi geliştirmişlerdir. Söz konusu çalışmada mevcut literatür ve saha verileri kullanılarak, blokzincir teknolojisinin uygulanmasının potansiyel etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda sadece STZ'nin benimsenmesi değil, ayrıca bu teknolojinin getirebileceği potansiyel risklerin anlaşılması ve yönetilmesinin de benimseneceği ifade edilmiştir.

Kshetri (2021) yapmış olduğu çalışmada gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere kıyasla sürdürülebilir tedarik zincirinde bazı konularda geri planda olduğunu savunmuş, blokzincir teknolojisinin bazı özelliklerinin gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir olmasının önemli olduğunu vurgulamıştır. Çalışmanın sonunda blokzincirin sürdürülebilir tedarik zinciri altyapısında gelişmemesinin nedenlerini teşvik edilememesi, yüksek maliyetler ve rekabetçi ortam olarak açıklamıştır. Esmacilian ve diğ. (2020) çalışmalarında Endüstri 4.0 ve blokzincir teknolojisinin tedarik zincirinde sürdürülebilirliğe etkisini kapsamlı şekilde incelemişlerdir. Çalışmada yenilikçi iş modellerinin çevresel etkilerini azaltma potansiyelini analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonunda blokzincir teknolojisi ve Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirlik rolünü vurgularken gelecek çalışmalara yol gösterici olmayı amaçladıklarını ifade etmişlerdir. Khan ve diğ. (2021) çalışmalarında blokzincirin STZ üzerindeki etkisini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda blokzincir teknolojisinin, kurumsal performans üzerindeki stratejik rolü ortaya çıkarılmıştır. Saberi ve diğ. (2019) çalışmalarında, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin sürdürülebilir tedarik zincirinde benimsenmemesini eleştirel bir yaklaşımla ele almışlar ve bu teknolojinin uygulanmasını engelleyen ana sebepleri açıklamışlardır.

Manupati ve diğerleri (2020) çalışmalarında geleneksel tedarik zincirinin performansını değerlendirmiş, karbon emisyon seviyelerini ve operasyonel maliyetleri tedarik zincirine entegre ederek maksimum iyileştirmeyi sağlayacak blokzincir tabanlı bir sistem geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Yadav ve Singh (2020) çalışmasında, geleneksel tedarik zinciri yönetiminin müşterilerin talep ettiği fiyat anlayışını karşılayamadığını savunmuştur. Söz konusu çalışmada TZ yöneticilerinin akıllı tedarik zinciri yerine verimli sürdürülebilir tedarik zinciri geliştirmesi önerilmiştir.

Fernandez-Vazquez ve diğ. (2022) çalışmalarında geleneksel tedarik zinciri yapısı ile blokzincir tabanlı tedarik zinciri yapılarını karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırmanın analizinde AHP kullanarak bulguları elde etmişlerdir. Çalışmada gelecek yıllar için geleneksel tedarik zinciri yerine sürdürülebilirliği destekleyen blokzincir tabanlı tedarik zinciri yapılarının ön plana çıkacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Park ve Li (2021) blokzincir teknolojisinin tedarik zincirinin sürdürülebilir olması açısından potansiyelinin artmasını sağlayacağını savunmuşlardır. Benzer şekilde Difrancesco ve diğ. (2023) blokzincirin tedarik zincirindeki süreçlere uygulanmasının stratejik bir rekabet anlayışı oluşturacağı sonucuna ulaşmışlardır. Bunlara ek olarak Abeyratne ve Monfared (2016) çalışmalarında, tedarik zincirinde blokzincir teknolojilerinin uygulanmasının oluşturabileceği maksimum potansiyeli tartışmışlardır. Çalışmada blokzincir teknolojisinin altyapı ve kültürel karmaşıklıklara rağmen endüstriyel operasyonlarda çığır açacağı sonucuna varmışlardır.

Kampl ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmada blokzincir ve sürdürülebilir tedarik zinciri performansı arasındaki ilişkiyi açıklamayı hedeflemişlerdir. Elde edilen veriler ışığında bilgi ve iletişim destekli tedarik zincirinde, blokzincir uygulamaları ve sürdürülebilir tedarik zinciri performansı arasında bir köprü olduğu sonucuna varılmıştır.

Mangla ve diğ. (2022) çalışmalarında sürdürülebilir çay tedarik zincirini ele almışlardır. Çay tedarik zincirini blokzincir tabanlı bir sisteme entegre ederek, oluşabilecek herhangi bir risk faktörünün öncelikli sıraya alınmasını hedeflemişlerdir. Yapılan çalışma, tarım sektörünün dijitalleşen tedarik zincirini desteklemesi gerektiği sonucuna varmışlardır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan geleneksel tedarik zinciri modeli ile blokzincir altyapılı akıllı tarım tedarik zinciri modelini detaylı bir şekilde karşılaştırmalı olarak inceleyen Kılıç (2023) çalışmasında blokzincir tabanlı akıllı tarım tedarik zinciri modelinin hem üretici hem de tüketici açısından uygulanabilir olduğunu tespit etmiştir. Çalışmanın bulguları tarım sektöründe blokzincir teknolojisinin benimsenmesinin ve kullanılmasının önemini vurgulamakta ve bu teknolojinin potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır. Buna ek olarak Rana ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada tarımsal gıda tedarik zincirinde sürdürülebilirlik için blokzincirin kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Sahoo ve diğ. (2022) çalışmalarında blokzincir teknolojisinin tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini artırabileceğine değinmişlerdir. Literatürde yüksek kalitede bir araştırma ele alınmadığını tespit etmişlerdir. Diğer çalışma Rejeb ve Rejeb (2020) blokzincirin sürdürülebilirlik performansına etkisi hakkında literatürde çok az bilgi bulunduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada blokzincirin ekonomiye sağlayacağı pozitif katkılar değerlendirilmiştir. Cole ve diğ. (2019) çalışmalarında tedarik zincirinin operasyon sürecinde yaşanan aksaklıkları ve blokzincirin sürdürülebilirliğini ele almışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, şirketlerde uygulanan blokzincirin STZ süreçlerini iyileştirdiği, operasyon sistemlerindeki aksaklıkların azaldığı ve diğer alanlarda performans artışını desteklediği sonucuna varmışlardır.

Çizelge 3.1: Kriterlerin belirlenmesinde etkili olan seçilmiş kaynaklar.

Yazar	Kriter	Yöntem	Uygulama /Araştırma alanı
Ada ve diğ. (2021)	Şeffaflık, çevresel ayak izi, karbon emisyonu	Sistemik literatür analizi	Gıda tedarik zincirlerinde döngüsel ekonominin önündeki engeller
Agi ve Jha (2022)	Maliyet, şeffaflık, güvenilirlik, izlenebilirlik	DEMATEL	Tedarik zincirinde blokzincirin benimsenmesi üzerindeki etkileri
Alsharidah ve Alazzawi (2020)	Maliyet	Anket çalışması	Blokzincirin tedarik zinciri üzerindeki etkileri
Aslam ve diğ. (2021)	Şeffaflık, güvenilirlik, izlenebilirlik	Ampirik analiz yöntemi	Yağ endüstrisi
Yavuz ve Avunduk (2021)	İzlenebilirlik, şeffaflık	Literatür taraması analizi	Tedarik zinciri, blokzincir teknolojisi
Bai ve Sarkis (2020)	Şeffaflık, izlenebilirlik, verimlilik, maliyet, güvenilirlik	Çekingen bulanık küme & Pişmanlık teorisi	Tedarik zinciri şeffaflığı ve sürdürülebilirlik
Cankül ve Kızıldaş (2020)	İzlenebilirlik, şeffaflık, güvenilirlik, verimlilik	Literatür taraması	Yiyecek içecek işletmeleri tedariginde blokzincir
Chang ve diğ. (2020)	İzlenebilirlik, güvenilirlik, hız, merkeziyetsizlik, şeffaflık	Eleştirel sentez yöntemi	Küresel tedarik zinciri ve sınır ötesi ticaret

Çizelge 3.1 (devam): Kriterlerin belirlenmesinde etkili olan seçilmiş kaynaklar.

Yazar	Kriter	Yöntem	Uygulama /Araştırma alanı
Cole ve diğ. (2019)	Şeffaflık, izlenebilirlik, maliyet	Açıklama ve analiz yöntemi	Operasyon yönetimi ve sürdürülebilir tedarik zinciri
Di Vaio ve Varriale (2020)	Verimlilik, maliyet, hız, güvenilirlik, izlenebilirlik, sürdürülebilirlik	Geniş kapsamlı literatür taraması & Vaka çalışması	Havalimanı endüstrisi
Difrancesco ve diğ. (2023)	Maliyet, hız, şeffaflık, güvenilirlik, sürdürülebilirlik	Nitel araştırma yöntemi (ikincil verilere dayalı vaka analizi)	Blokzincir teknolojisinin TZY uygulamaları ve faydaları
Dutta ve diğ. (2020)	Güvenilirlik, şeffaflık, izlenebilirlik	Literatür taraması	Tedarik zincirinde blokzincirin uygulanması
Esmailian ve diğ. (2020)	Verimlilik, karbon ayak izi, maliyet, verimlilik, izlenebilirlik	Literatür taraması	Tedarik zinciri sürdürülebilirliği, Endüstri 4.0
İrak ve Topcu (2020)	Maliyet, verimlilik, güvenilirlik, merkeziyetsizlik	Literatür taraması	Tedarik zincirinde blokzincirin maliyetlere etkisi
Kamale ve diğ. (2023)	İzlenebilirlik, şeffaflık, güvenilirlik	Geçerlilik analizi & Faktör analizi & Çoklu bağlantı analizi	Otomotiv endüstrisi
Khan ve diğ. (2021)	Şeffaflık, güvenilirlik	PLS-SEM yöntemi	Blokzincir teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları üzerindeki etkisi
Khanfar ve diğ. (2021)	Şeffaflık, izlenebilirlik, güvenilirlik	Sistematiik literatür analizi	Blokzincir teknolojisinin üreticilere ve tedarik zincirlerine potansiyel katkıları
Külahlı ve Çağlıyan (2022)	İzlenebilirlik, şeffaflık	Sistematiik literatür taraması	Tedarik zinciri uygulamaları
Kouhizadeh ve diğ. (2021)	Verimlilik, şeffaflık, izlenebilirlik, maliyet	DEMATEL	Blokzincir teknolojisi ve sürdürülebilir tedarik zincirinin benimsenmesi engelleri

Çizelge 3.1 (devam): Kriterlerin belirlenmesinde etkili olan seçilmiş kaynaklar.

Yazar	Kriter	Yöntem	Uygulama /Araştırma alanı
Kshetri (2018)	Şeffaflık, güvenilirlik, maliyet, hız, esneklik, sürdürülebilirlik	Çoklu vaka çalışması yöntemi	Blokzincirin gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilirliği
Mangla ve diğ. (2022)	Maliyet, ölçeklenebilirlik	KB-AHP	Çay tedarik zincirindeki zorluklar
Manupati ve diğ. (2020)	Maliyet, karbon emisyonu	MINLP & NSGA-II	Çok kademeli sürdürülebilir tedarik zinciri
Michle ve diğ. (2019)	İzlenebilirlik, şeffaflık, merkeziyetsizlik	Vaka analizi	Otomotiv endüstrisi
Paliwal ve diğ. (2020)	İzlenebilirlik, şeffaflık	Sistematiik literatür analizi	Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, blokzincir teknolojisi
Park ve Li (2021)	Maliyet, hız, güvenilirlik, gizlilik, izlenebilirlik	Sistematiik literatür analizi	Blokzincirin tedarik zincirine sürdürülebilirlik açısından etkisi
Queiroz ve diğ. (2020)	Maliyet, güvenilirlik, şeffaflık	Sistematiik literatür taraması	Blokzincir ve tedarik zinciri entegrasyonu
Rana ve diğ. (2021)	Maliyet, ölçeklenebilirlik, izlenebilirlik	Literatür taraması	Blokzincir teknolojisi, sürdürülebilir tarımsal gıda tedarik zinciri
Rejeb ve Rejeb (2020)	Verimlilik, maliyet, güvenilirlik	Literatür taraması	Tedarik zinciri sürdürülebilirliği
Rogerson ve Parry (2020)	İzlenebilirlik, güvenilirlik, şeffaflık	Nitel analiz	Yiyecek tedarik zinciri
Saberi ve diğ. (2019)	Şeffaflık, izlenebilirlik, güvenilirlik, karbon emisyonu	Eleştirel inceleme	Tedarik zinciri yönetimindeki engeller
Sahoo ve diğ. (2022)	Şeffaflık, izlenebilirlik, maliyet, güvenlik, karbon ayak izi	Bibliyometrik-sistematiik literatür analizi	Sürdürülebilir tedarik zinciri, blokzincir
Schmidt ve Wagner (2019)	Şeffaflık, verimlilik, maliyet	İşlem Maliyeti Teorisi yöntemi	Tedarik zinciri ve blokzincir ilişkisi

Çizelge 3.1 (devam): Kriterlerin belirlenmesinde etkili olan seçilmiş kaynaklar.

Yazar	Kriter	Yöntem	Uygulama /Araştırma alanı
Varriale ve diğ. (2020)	Güvenilirlik, şeffaflık, gizlilik, verimlilik, ölçeklenebilirlik, karbon emisyonu, karbon ayak izi	Sistematik literatür analizi	Blokzincirin tedarik zincirinde kullanımı
Fernandez-Vazquez ve diğ. (2022)	Merkezsizleşme, esneklik, güvenlik, sürdürülebilirlik, izlenebilirlik, şeffaflık	AHP	Tedarik zinciri yönetiminde blokzincirin faydaları
Wu ve diğ. (2019)	İzlenebilirlik, verimlilik, merkeziyetsizlik, şeffaflık	Vaka analizi	Tedarik zincirinde veri yönetimi
Yadav ve Singh (2020)	Güvenilirlik, merkeziyetsizlik, izlenebilirlik	PCA & Bulanık-DEMATEL	Blokzincir ve tedarik zinciri entegrasyonu
Yousefi ve Tosarkani (2022)	Şeffaflık, izlenebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik	FCM & FSDEA	Maden tedarik zinciri performansı
Yusuf ve diğ. (2019)	İzlenebilirlik, hız, gizlilik, şeffaflık	Vaka analizi	Sebze tedarik zinciri yönetimi
Zhang ve Song (2022)	Şeffaflık, izlenebilirlik, karbon ayak izi, karbon emisyonu	BWM & CoCoSo	Sürdürülebilir tedarik zincirinde blokzincir teknolojilerinin risk değerlendirilmesi

4. METODOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu kriterler ortaya çıkarılmış ve elde edilen veriler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metotlarından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile analiz edilmiştir.

4.1 Araştırma Problemi

Çalışmada, sürdürülebilir tedarik zincirinde blokzincir teknolojilerinin rolü ve söz konusu teknolojinin tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi araştırma problemi olarak ifade edilmektedir. Belirlenen bu probleme göre araştırma soruları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

AS 1: Blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu ana kriterler nelerdir?

AS 2: Blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu alt kriterler nelerdir?

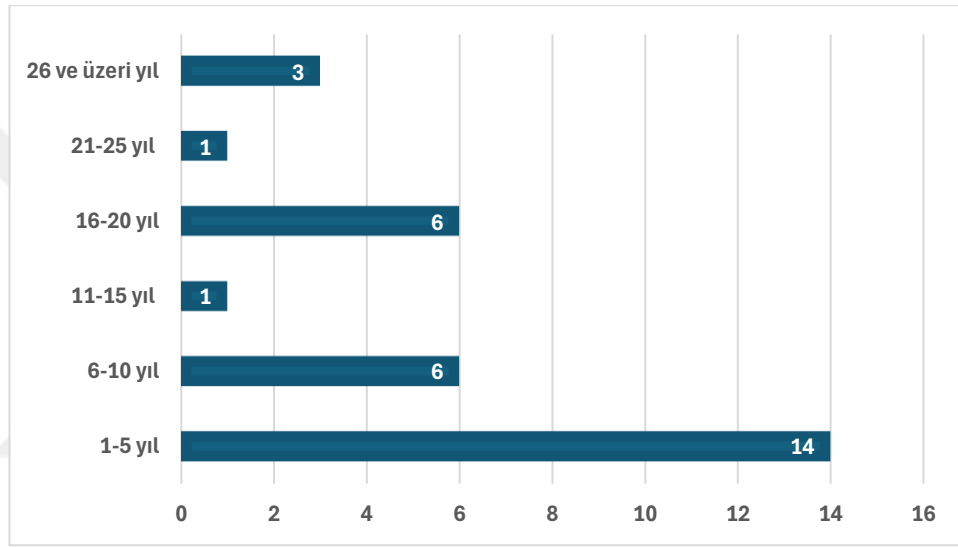
AS 3: Blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu ana kriterler önem derecelerine göre nasıl sıralanmaktadır?

AS 4: Blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu alt kriterler önem derecelerine göre nasıl sıralanmaktadır?

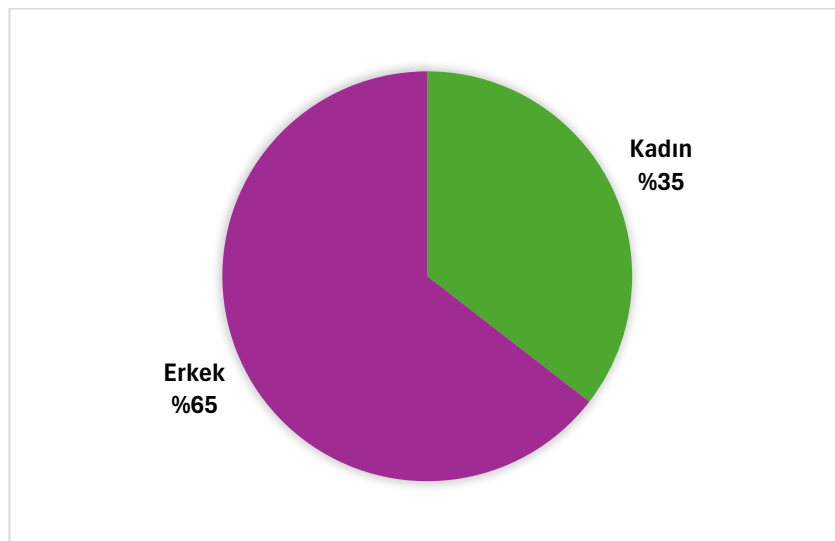
4.2 Araştırma Örneklemi ve Veri Seti

Bu çalışmada tedarik zinciri süreçlerinde blokzincir teknolojileri konusunda uzman kişiler çalışmanın evrenini oluşturmaktadır. Çalışmada yargısal örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Yargısal örnekleme yöntemi, yüksek riskli grup ve düşük riskli grup olarak iki grupta değerlendirilir. Belirlenmiş kriterler yüksek riskli gruptaysa uzman görüşüne ihtiyaç duyulmaktadır ve böylece konu ile ilgili örneklem oluşturulabilmektedir (Sego ve diğ, 2010).

Çalışmada, Bursa Teknik Üniversitesi Fen, Mühendislik ve Sosyal Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu tarafından etik kurul izni alınmıştır. Uygulanacak analiz yöntemine göre hazırlanan anket formları katılımcılara yüz yüze ve/veya e-posta yoluyla ulaştırılmıştır. Anket soruları büyük bir özveri ve dikkatli şekilde tedarik zinciri konusunda uzmanlar tarafından cevaplanmıştır. Çalışmada 31 adet anket eksiksiz şekilde doldurularak analiz sürecine dâhil edilmiştir. Katılımcıların mesleki tecrübelerine ait verilere bakıldığında en fazla katılımın 14 kişi ile 1-5 yıl deneyime sahip kişiler olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Katılımcıların cinsiyet dağılımlarına bakıldığında %65 oranında erkek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Katılımcıların mesleki tecrübeleri.



Şekil 4.2: Katılımcıların cinsiyeti.

4.3 Araştırma Kısıtları

Türkiye’de aktif olarak blokzincir teknolojilerinin tedarik zinciri süreçlerinde yaygın şekilde tercih edilmemesinden dolayı sınırlı sayıda uzman kişiye ulaşılması çalışmanın kısıtları arasındadır.

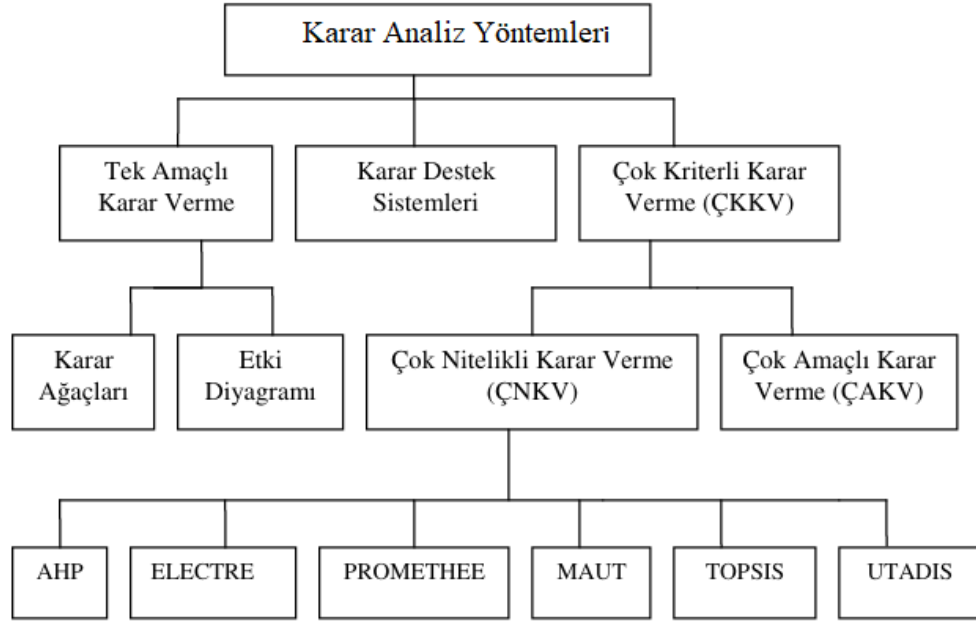
4.4 Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu kriterleri önem derecelerine göre sıralamak amacıyla ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanılmıştır.

4.4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri

Birden fazla durum ile karşı karşıya kalındığında kişiler, karar verme konusunda hâlâ bir kafa karışıklığı yaşamaktadırlar. Hızla değişen teknolojiler yeni problemleri ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla kişiler en iyi seçeneği bulurken zorlanmaktadırlar (Ersöz ve Kabak, 2010). Karar vericilerin vizyonları, kişisel görüşleri, ruh hâlleri, bulundukları ortam ve tecrübelerinin karar alırken dikkate alındığı gözlemlenmiştir (Özbek, 2014). Karar analizinin çözümlenebilmesi için, matematiksel ve istatistiksel modellerin oluşturulması ve bu modellerin bilgisayar programlarıyla yapılması gerekmektedir. Bu programlar karar modelin oluşturulmasında ve çözümlenmesinde başrolüdür (Ersöz ve Kabak, 2010; Atıcı ve Ulucan, 2009). Bu durumda programlar kararı çözerek kişilerin doğru ve hızlı şekilde bir karara ulaşmasına yardımcı olmaktadır (Ersöz ve Kabak, 2010, s. 99).

ÇKKV yöntemi, karar vericilerin sayılabilir ya da sayılamaz çoklukta olan kümeleri için en az iki kriter oluşturarak seçim yapma işlemidir (Ersöz ve Kabak, 2010). ÇKKV, karar analiz modeli oluşumunda en sık kullanılan analizleri içermektedir (Atıcı ve Ulucan, 2009). Karar kriterlerinin kendi aralarında değerlendirilmesi ve alternatifler arasında seçim yapılabilmesini sağlamaktadır. ÇKKV yöntemi kendi içerisinde Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) olarak iki gruba ayrılmaktadır (Atıcı ve Ulucan, 2009). Şekil 4.3’te karar metodunun sınıflandırılması ve kullanılan analiz yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Karar analiz yöntemleri.

Kaynak: Zhou ve diğ., 2006, s. 2606

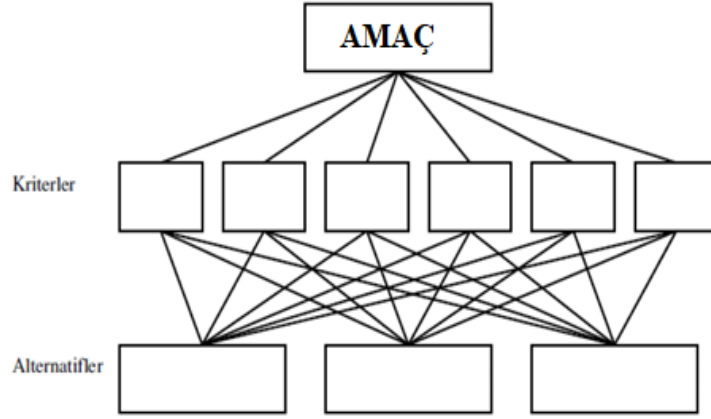
ÇKKV yönteminde karar probleminin daha iyi modellenebilmesi için fazla sayıda etken olmasına rağmen kişilerden en önemli olabilecek kriterleri alması istenmektedir. Bu yüzden ÇKKV problemlerinde çözüm süreci üç madde olarak ele alınmaktadır (Ersöz ve Kabak, 2010):

- Kriterlerin ve alternatiflerin tespit edilmesi ve önem derecelerine göre sıralanması.
- Alternatiflerin belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesi.
- Hangi alternatifin en iyi olduğunun seçimi.

4.4.2 Analitik hiyerarşi prosesi

AHP yöntemi, Thomas L. Saaty tarafından ilk çalışmalarının 1975 yılına dayandığı ve 1977 yılında AHP'nin temellerinin olduğu "Scaling method for priorities in hierarchical structures" adlı makalesi ile literatüre kazandırılmıştır (Saaty, 1977). AHP, birbiriyle kıyaslanacak karşılıklı kriterler arasında en iyi seçeneği belirleyen ikili karşılaştırmalar yöntemidir (Saaty, 1986). Bu yöntemin literatürde çok fazla tercih edilme sebebi birçok farklı alanda kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Uzman kişilerin görüş, deneyim ve tercih sebepleri gibi bilgiler alınarak karar vericilere en iyi kriter ve alternatifi seçme konusunda yardımcı olmaktadır (Ömürbek ve Tunca, 2013).

AHP'nin hiyerarşik yapısı oluşturulurken ilk olarak karar probleminin ana amacı belirlenmektedir. Problemle ilgili literatür çerçevesinde en az iki kriter ve alternatif belirlenmekte ve üç aşamalı analitik hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.4'te AHP'nin üç aşamalı analitik hiyerarşik yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Üç aşamalı analitik hiyerarşi yapısı.

Kaynak: Saaty, 2001, s. 3

AHP yönteminde, ikili karşılaştırma yapılabilmesi için bir kriterin diğer kriterden ne kadar önemli olduğunu gösteren Saaty (2008) tarafından geliştirilmiş mutlak yargılar ölçeği kullanılmaktadır (Saaty, 2008).

AHP'nin uygulanmasında temel amaç *A kriteri mi yoksa B kriteri mi?* sorusu kapsamında tek bir kriter seçip karmaşıklığı önlemektir. Diğer temel amaç ise bir kriterin diğerine göre ne derece öneme sahip olduğunu belirlemektir (Saaty, 1990; Saaty, 1977). Çizelge 4.1'de önem derecelerinin sayısal değerleri, tanım ve açıklamaları yer almaktadır.

Çizelge 4.1: Mutlak kıyaslama ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede öneme sahip	İki kriter eşit derecede katkıda bulunur.
2	Zayıf ya da hafif	
3	Orta dereceli önem	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre biraz daha fazla tercih etmektedir.

Çizelge 4.1 (devam): Mutlak kıyaslama ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
4	Orta dereceden fazla önemli	
5	Güçlü derecede önem	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre güçlü bir şekilde tercih etmektedir.
6	Güçlü derecede fazla önem	
7	Çok güçlü ya da kanıtlanmış önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü bir biçimde tercih edilmektedir, üstünlüğü uygulamada kanıtlanmıştır.
8	Çok, çok güçlü önem	
9	Aşırı derecede önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesini destekleyen kanıt, mümkün olan en yüksek düzeyde kesinlik taşımaktadır.

Kaynak: Saaty, 1986, s. 843.

Bu çizelgeye bakıldığında 1, 3, 5, 7, 9 değerlerinin AHP yöntemi için ana dereceler, 2, 4, 6, 8 değerlerinin ise ara dereceler olduğu görülmektedir (Saaty, 1986). Ana ve ara derecelerın olması karar vericilerin süreci daha iyi anlamlandırmasına fayda sağlamaktadır.

AHP’de en iyi kararı verebilmek için uygulama adımları sırasıyla aşağıda gösterilmiştir (Saaty, 1990; Saaty, 1994; Saaty, 2008; Özbek ve Eren, 2013).

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması.

Adım 2: Kriterlerin belirlenmesi ve hiyerarşik modelin oluşturulması.

Şekil 4.4’te karar hiyerarşi modeli için bir örnek gösterilmektedir.

Adım 3: Kriterlerin ikili olarak karşılaştırılması ve matris yapısının oluşturulması.

Literatürde ikili karşılaştırma yapılırken çoğunlukla Saaty’nin 1-9 skalası kullanılır. Bu skala ile ilgili detaylı bilgiler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Karşılaştırma matrisinde karşılaştırılan değerlerin hepsi pozitifdir ve matrisin köşegen elemanları 1 değerini alır. Karşılaştırılan kriter sayısı n ile gösterilir. i ’nci kriter ile j ’nci kriterin ikili karşılaştırma değeri (yani i ’nci kriterin j ’inci kritere göre önemi) α_{ij} olarak ifade edilir. j ’inci kriterin

i 'nci kritere göre önemi α_{ij} 'nin tersi alınarak Denklem 4.1'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\alpha_{ji} = \frac{1}{\alpha_{ij}}. \quad (4.1)$$

$n \times n$ boyutlu ikili karşılaştırma matrisinin yapısı Denklem 4.2'de verilmektedir. Kriterler $A_1, A_2, \dots, A_n$ ile kriterlerin önem ağırlıkları $w_1, w_2, \dots, w_n$ ile gösterilmektedir.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix}. \quad (4.2)$$

Adım 4: İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu ve özvektör değerlerinin hesaplanması.

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin tüm sütun toplamaları 1 olacak şekilde normalizasyonu yapılır. İkili karşılaştırma matrisindeki sütun toplamaları elde edilir ve her bir sütun elemanı ilgili sütun toplam değerine bölünerek normalize edilmiş değerlere (α'_{ij}) ulaşılır. Normalizasyon işlemi Denklem 4.3'te verilmektedir.

$$\alpha'_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.3)$$

Normalizasyon yapıldıktan sonra Denklem 4.4 kullanılarak kriterlerin özvektör değerleri hesaplanmaktadır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n \alpha'_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4.4)$$

Adım 5: Tutarlılık oranının hesaplanması.

Denklem 4.5 ve Denklem 4.6 kullanılarak sırasıyla en büyük özdeğer ($\lambda_{\max}$) ve bu değere bağlı olarak Tutarlılık İndeksi (TI) elde edilir.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} w_j}{w_i} \right]. \quad (4.5)$$

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (4.6)$$

Kriter sayısı n 'e bağılı olarak Rassal Değer İndeksi (RI) Çizelge 4.2 kullanılarak belirlenmektedir.

Çizelge 4.2: Rassal değer indeksi.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Kaynak: Saaty, 2001, s. 9.

Son olarak Denklem 4.6'da elde edilen değer Çizelge 4.2'den elde edilen değere bölünerek Tutarlılık Oranı (TO) elde edilir. Sonuçların tutarlı kabul edilmesi için $TO < 0,10$ olması kabul görmektedir. TO Denklem 4.7 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$TO = \frac{TI}{RI}. \quad (4.7)$$

4.4.3 Analitik hiyerarşi prosesinin uygulanması

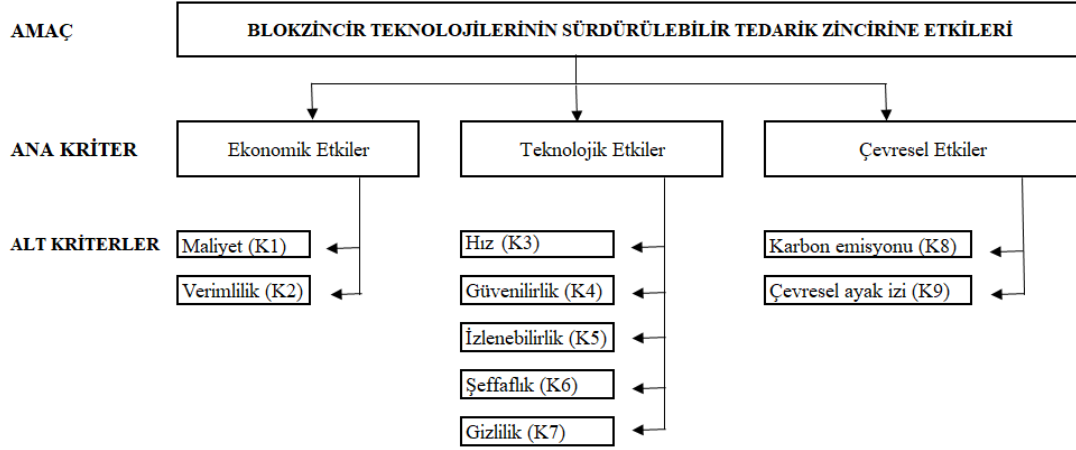
Bu bölümde, sürdürülebilir tedarik zincirinde blokzincir teknolojilerinin etkileri belirlenen kriterler kapsamında değerlendirilmiş ve hangi kriterin en önemli rol oynadığı ÇKKV yöntemlerinden AHP metodu kullanılarak analiz edilmiştir.

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması.

Bu çalışmanın amacı blokzincir teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri üzerinde etkili olduğu kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin önem derecelerine göre sıralanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda bölüm 4.1'de verilen 4 araştırma sorusuna cevap aranmaktadır.

Adım 2: Kriterlerin belirlenmesi ve hiyerarşik modelin oluşturulması.

Kriterleri belirlemek için detaylı literatür incelemesi yapılmış ve konu ile ilgili seçilmiş çalışmalar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir. Literatürde kullanılmış olan kriterlerden çalışma konusuyla ilgili olanlardan ekonomik etkiler, teknolojik etkiler ve çevresel etkiler ana kriterler olarak ve maliyet (K1), verimlilik (K2), hız (K3), güvenilirlik (K4), izlenebilirlik (K5), şeffaflık (K6), gizlilik (K7), karbon emisyonu (K8) ve çevresel ayak izi (K9) alt kriterler olarak belirlenmiştir. Çalışmaya ait hiyerarşik model Şekil 4.5'te görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.5: Problemin amacı ve hiyerarşi modeli.

Adım 3: Kriterlerin ikili olarak karşılaştırılması ve matris yapısının oluşturulması.

Çizelge 4.1’de gösterilen temel karşılaştırma ölçeği kullanılarak hazırlanan anket formları 31 uzman (karar verici) tarafından doldurulmuştur. Anket sonuçlarından elde edilen veriler kapsamında Denklem 4.1 kullanılarak ikili karşılaştırmalar elde edilmiştir. Çalışmada tek bir grup kararı elde edebilmek için tüm ikili karşılaştırma sonuçlarının geometrik ortalaması alınarak ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3: İkili karşılaştırma matrisi.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1	1,0000	0,8634	0,8848	0,4900	0,5780	0,5855	0,5244	0,7133	0,7082
K2	1,1582	1,0000	2,0004	0,4504	1,0664	1,1320	0,7748	1,3398	1,2639
K3	1,1302	0,4999	1,0000	0,3713	0,8925	0,9680	0,6387	1,0799	1,0507
K4	2,0408	2,2202	2,6931	1,0000	2,3957	2,3685	1,6304	2,2123	2,3997
K5	1,7301	0,9377	1,1205	0,4174	1,0000	1,1326	1,1006	1,1274	1,1317
K6	1,7080	0,8834	1,0331	0,4222	0,8830	1,0000	0,8550	1,3379	1,3217
K7	1,9069	1,2906	1,5658	0,6134	0,9086	1,1696	1,0000	1,6342	1,7076
K8	1,4020	0,7464	0,9260	0,4520	0,8870	0,7475	0,6119	1,0000	0,9764
K9	1,4120	0,7912	0,9518	0,4167	0,8836	0,7566	0,5856	1,0242	1,0000

Adım 4: İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu ve özvektör değerlerinin hesaplanması.

Bir önceki adımda verilen ikili karşılaştırma matrisi için normalizasyon işlemi Denklem 4.3 kullanılarak yapılmıştır. Örneğin Çizelge 4.3'te verilen ikili karşılaştırma matrisinde yer alan birinci sütundaki her bir değer, birinci sütundaki değerlerin toplamı olan 13,4883 sayısına bölünerek Çizelge 4.4'teki birinci sütundaki her bir değer elde edilmiş olur. Bu işlem kalan diğer tüm sütunlar için de tekrar edilerek 9×9 boyutlu normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.4'te verildiği gibi elde edilmiştir. Elde edilen bu matriste kriterlere ait olan her bir sütunun toplamının 1 olduğu görülmektedir.

Normalizasyon yapıldıktan sonra Denklem 4.4 kullanılarak her bir kriterin özvektör değeri Çizelge 4.4'ün son sütununda görüldüğü gibi elde edilmiştir. Örneğin K1 kriteri için birinci satırdaki değerlerin ortalaması alınarak $w_1 = 0,0731$ hesaplanmıştır

Çizelge 4.4: Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve özvektörler.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Özvektör değerleri
K1	0,0741	0,0935	0,0727	0,1058	0,0609	0,0594	0,0679	0,0622	0,0613	0,0731
K2	0,0859	0,1083	0,1643	0,0972	0,1123	0,1148	0,1003	0,1168	0,1093	0,1121
K3	0,0838	0,0541	0,0821	0,0801	0,0940	0,0982	0,0827	0,0942	0,0909	0,0845
K4	0,1513	0,2405	0,2212	0,2158	0,2523	0,2402	0,2112	0,1929	0,2076	0,2148
K5	0,1283	0,1016	0,0920	0,0901	0,1053	0,1149	0,1425	0,0983	0,0979	0,1079
K6	0,1266	0,0957	0,0849	0,0911	0,0930	0,1014	0,1107	0,1167	0,1143	0,1038
K7	0,1414	0,1398	0,1286	0,1324	0,0957	0,1186	0,1295	0,1425	0,1477	0,1307
K8	0,1039	0,0808	0,0761	0,0976	0,0934	0,0758	0,0792	0,0872	0,0845	0,0865
K9	0,1047	0,0857	0,0782	0,0899	0,0931	0,0767	0,0758	0,0893	0,0865	0,0867

Adım 5: Tutarlılık oranının hesaplanması.

İlk olarak, Denklem 4.5 kullanılarak en büyük özdeğer $\lambda_{\max} = 9,0930$ olarak bulunmuştur. Daha sonra bu değere bağlı olarak Denklem 4.6'dan tutarlılık indeksi $TI = 0,0116$ hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2'deki kriter sayısı $n = 9$ 'a karşılık olarak rassal değer indeksi $RI = 1,45$ olarak alınmıştır. Tutarlılık indeksinin rassal değer indeksine oranı olan Denklem 4.7'den tutarlılık oranı $TO = 0,0080$ olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu TO değerinin 0,1'den küçük olması çalışmada elde edilen sonuçların tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir.

4.4.4 Bulgular

Çalışmanın bu kısmında AHP yönteminin sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Çizelge 4.5'te alt kriterlerin özvektör değerlerine (önem ağırlıkları) göre sıralaması gösterilmiştir. Buna göre yapılan analiz sonucunda alt kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla; güvenilirlik (K4) 0,2148, gizlilik (K7) 0,1307, verimlilik (K2) 0,1121, izlenebilirlik (K5) 0,1079, şeffaflık (K6) 0,1038, çevresel ayak izi (K9) 0,0867, karbon emisyonu (K8) 0,0865, hız (K3) 0,0845 ve son sırada 0,0731 ile maliyet (K1) olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak alt kriter içerisinde güvenilirlik (K4) kriterinin en etkili kriter olduğu ifade edilmiştir. En az etkileyen kriterin ise maliyet (K1) olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.5: Alt kriterlerin sıralaması.

Kriter no	Özvektör/ önem ağırlıkları	Sıralama	Alt kriterler
K1	0,0731	9	Maliyet
K2	0,1121	3	Verimlilik
K3	0,0845	8	Hız
K4	0,2148	1	Güvenilirlik
K5	0,1079	4	İzlenebilirlik
K6	0,1038	5	Şeffaflık

Çizelge 4.6: Alt kriterlerin sıralaması.

Kriter no	Özvektör/ önem ağırlıkları	Sıralama	Alt kriterler
K7	0,1307	2	Gizlilik
K8	0,0865	7	Karbon emisyonu
K9	0,0867	6	Çevresel ayak izi

Çizelge 4.5’te ana kriterlerin sahip olduğu alt kriterler görülmektedir. Her bir ana kriter için sahip oldukları alt kriterlerin önem ağırlıkları toplanarak ana kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla; teknolojik etkiler için 0,6416, ekonomik etkiler için 0,1852 ve çevresel etkiler için 0,1732 bulunmuştur. Çizelge 4.6’da teknolojik etkilerin blokzincir teknolojisinin STZY üzerinde en etkili olduğu ve çevresel etkilerin ise en az etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7: Ana kriterlerin sıralanması.

Ana kriterler	Özvektör/ önem ağırlıkları	Sıralama
Ekonomik etkiler	0,1852	2
Teknolojik etkiler	0,6416	1
Çevresel etkiler	0,1732	3

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Blokzincir teknolojisi dağıtık ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sayede şirketlerin uygulamaya geçmeden önce gerekli araştırmaları yaparak karar vermesi öngörülmektedir. Fakat STZY'nin benimsemiş olduğu adil ticaret anlayışına uygulanabilecek bir teknoloji olarak ifade edilebilir.

Geleneksel tedarik zinciri süreçlerinde tedarikçi, ürünün üretim aşamalarına hâkimdir. Bu nedenle nihai tüketici (alıcı) tedarikçiye güvenmek zorunda kalmaktadır. Tedarik zincirinin sürdürülebilirliğinin sorgulandığı durumlarda, ürünlerin orijinalliğinden ya da organikliğinden şüphe duyulduğu öngörülmektedir. Blokzincir teknolojisinin STZ'ye entegre edilmesiyle bu şüphenin en aza indirileceği savunulmaktadır (Saberî ve diğ., 2019).

Küresel ortamda artan rekabetle tedarik zinciri yönetim süreçleri de popüler bir strateji hâline gelmiştir (Akben ve Güngör, 2018). Sürdürülebilirlik, şirketler için önemli bir stratejidir. Sürdürülebilirlik kavramı atıkların azaltılmasına ve çevre dostu olma konusuna odaklanmaktadır. Bu kavram sadece çevreye yönelik değildir. STZ; çevresel, sosyal ve ekonomik boyutta ele alınmaktadır (Elkington, 1998).

Literatürde blokzincir teknolojisini sürdürülebilir tedarik zincirini tamamlayıcı bir uygulama olduğu öngörülmektedir. Blokzincir teknolojisini kurulumunun maliyetli olmasından dolayı (Kaya, 2019) şirketler, bu teknolojinin sağladığı faydalardan yararlanamamaktadır. Bu bağlamda çalışmada blokzincir teknolojisini STZY süreçleri üzerindeki en önemli etkisinin bulunması hedeflenmiştir.

Çalışmada literatür taraması yapılarak, kullanılacak ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi için 9 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin önem ağırlıklarının tespit edilebilmesi için karar vericilere AHP yöntemine uygun hazırlanan anket formları iletilmiş ve eksiksiz şekilde doldurulan anketler analiz sürecine dâhil edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda en etkili alt kriterin güvenilirlik (K4), en az etkili alt kriterin maliyet (K1) olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada güvenilirlik (K4) kriterinin en etkili kriter olarak çıkması, literatürde yapılan çalışmalar kapsamında paralel sonuçlar elde edildiğini göstermektedir (Fernandez-Vazquez ve diğ., 2022; Yadav ve Singh, 2020). Çalışmada maliyet (K1) kriterinin en az etkili kriter çıkmasına karşın literatürde maliyeti en etkili kriter olarak bulan çalışmalar yer almaktadır (Mangla ve diğ., 2022; Manupati ve diğ., 2020).

Bu çalışma sonucunda ana kriterler önem derecelerine göre sıralandığında ilk sırada teknolojik etkiler yer almıştır. Bu durumda blokzincir teknolojisinin tedarik zincirinin dijitalleşmesi üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu ifade edilebilmektedir. Tedarik zincirinin dijitalleşmesi ile IoT ve akıllı sözleşmelerin devreye girmesiyle Endüstri 4.0 için de verimliliğin sağlanacağı ifade edilmiştir (Ada ve diğ., 2021).

Blokszincir teknolojisinin kullanımında herhangi bir yasa dışı işlemin tespit edilmesinde yaşanan durumların hukuki bir süreci olmadığı belirtilmiştir. Hukuk alanında, bu uygulamaya özel bir yasa tasarısının oluşturulması önerilmektedir. Literatürde bu konu ile ilgili yapılacak çalışmaların artacağı öngörülmektedir.

Blokszincir teknolojisinin fazla enerjiye ihtiyaç duyduğu ifade edilmektedir (Sarioğlu, 2022). Bu durumda blokzincir teknolojisinin enerji tüketimini en aza indirmek için hibrit modeller oluşturulabilir. Oluşturulan hibrit modellerin sürdürülebilir tedarik zincirine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Konsorsiyum blokzincir yapısının daha az enerjiye ihtiyaç duyduğu için yaygın şekilde tercih edilmesi önerilmektedir.

Blokszincirin tedarik zinciri süreçlerinde aktif olarak rol alamamasının engelleri, zorlukları ve sağladığı yararları üzerine literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Saberi ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışma STZ yönetiminin blokzincir teknolojisi üzerinde yaşadığı zorluklar, engeller ve kısıtlar arasında tartışma oluşturan ilk akademik çalışmalardan birisi olmuştur. Çalışma, STZ yönetimini kurum içi, kuruluş arası, sistemsal ve dışsal engeller olarak dört farklı kategoriye ayırmıştır. Kouhizadeh ve diğ. (2021) blokzincir teknolojisinin STZ’de benimsenmemesinin etkilerini incelemiştir. Çalışma, blokzincir teknolojisinin engellerini 4 kategoride ele almıştır. Bunlar; teknolojik engeller, yönetsel engeller, tedarik zinciri engelleri ve dışsal engellerdir. Bu engeller arasındaki karmaşık ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda, teknolojinin gelişmemesi, belirsiz rekabet ortamı, bilgi ve uzmanlık eksikliği, hükûmet politikalarının eksikliği gibi engellerin STZ yönetimini etkilediği ve bu yüzden benimsenmediği sonucuna ulaşmışlardır. Mangla ve diğ.

(2022) çalışmalarında, blokzincirin benimsenebilmesi için vaka analizi kapsamında çay tedarik zincirinde sürdürülebilirliğin zorluklarını araştırmışlardır. Küresel bulanık AHP (KB-AHP) yöntemi kullanılarak çalışma desteklenmiştir. Bu yöntem sonucunda hükûmetin taahhüt eksikliği en alt kriter olarak, yönetsel zorluklar da en önemli kriter olarak belirlenmiştir.

Blokzincir teknolojisinin STZ yönetimine sağladığı yararları inceleyen çalışmalar ise Paliwal ve diğ. (2020), Yavuz ve Avunduk (2021), Kshetri (2018), Difrancesco ve diğ. (2023) olarak sıralanmıştır.

Bu çalışmanın bazı kısıtları da bulunmaktadır. Blokzincir teknolojisi konusunda uzman kişilerin ve mevcut teknolojiyi kullanan şirketlerin Türkiye’de az sayıda olması sebebiyle araştırmaya sınırlı sayıda uzman dâhil edilmiştir. Uzmanların yoğun çalışma koşullarından dolayı anketlerin geniş bir zaman diliminde doldurulması da bu çalışmanın kısıtları olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında blokzincir teknolojisinin STZ yönetimi üzerindeki rolünün belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmanın blokzincir teknolojisinin STZ üzerindeki rolü ile ilgili yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca blokzincir teknolojisi hakkında şirket içinde seminerler, eğitimler ve uygulamalar düzenlenerek bu teknolojinin ön plana çıkarılabileceği düşünülmektedir. Firmaların STZ yönetimini benimseyebilmeleri için konu ile ilgili ayrı bir departman oluşturarak bünyelerinde sürdürülebilirlik konusunda uzman kişileri istihdam etmeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abeyratne, S., Monfared, R.** (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5 (9), 1-10.
- Ada, N., Kazancoglu, Y., Sezer, M. D., Ede-Senturk, C., Ozer, I., Ram, M.** (2021). Analyzing barriers of circular food supply chains and proposing industry 4.0 solutions. *Sustainability*, 13 (12), 6812.
- Agi, M., Jha, A.** (2022). Blockchain technology in the supply chain: an integrated theoretical perspective of organizational adoption, *International Journal of Production Economics*, 247, 1-15.
- Akben, İ., Güngör, A.** (2018). Tedarik zinciri ve yalın tedarik zinciri. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5 (7), 171-179.
- Alsharidah, Y. M. Y., Alazzawi, A.** (2020). Artificial intelligence and digital transformation in supply chain management: A case study in saudi companies. In *2020 international conference on data analytics for business and industry: way towards a sustainable economy (ICDABI)* (pp. 1-6). October, IEEE.
- Aslam, J., Saleem, A., Khan, N. T., Kim, Y. B.** (2021). Factors influencing blockchain adoption in supply chain management practices: A study based on the oil industry. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6 (2), 124-134.
- Atıcı, K. B., Ulucan, A.** (2009). Enerji projelerinin değerlendirilmesi sürecinde çok kriterli karar verme yaklaşımları ve Türkiye uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27 (1), 161-186.
- Bag, S., Viktorovich, D. A., Sahu, A. K., Sahu, A. K.** (2020). Barriers to adoption of blockchain technology in green supply chain management, *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 14 (1), 104-133.
- Bai, C., Sarkis, J.** (2020). A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58 (7), 2142–2162.
- Bajdor, P.** (2012). Comparison between sustainable development concept and Green Logistics: The literature review. *Polish journal of management studies*, 5, 225-233.
- Bakan, İ., Şekkeli, Z. H.** (2019). Blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri yönetimindeki uygulamaları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 11 (18), 2847-2877.
- Baran, P.** (1964). *On distributed communications: I. Introduction to Distributed Communications Networks*, United States Air Force Project Rand.

- Başkol, M.** (2011). Bir rekabet aracı olarak tedarik zinciri yönetimi: Strateji ve yaklaşımlar, *SDÜ Vizyoner Dergisi*, 3 (5) 13-27.
- Berdik, D., Otoum, S., Schmidt, N., Porter, D., Jararweh, Y.** (2021). A survey on blockchain for information systems management and security. *Information Processing & Management*, 58 (1), 1-28.
- Beştaş, M.** (2022). Blok zincir ekonomisinde yeni uygulamalar: E-fatura üzerine bir inceleme. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 17 (67), 821-837.
- Buterin, V.** (2014). DAOs, DACs, DAs and more: An incomplete terminology guide. Ethereum blog: <https://blog.ethereum.org/2014/05/06/daos-dacs-das-and-more-an-incomplete-terminology-guide> Erişim: 25 Nisan 2025
- Büyüközkan, G., Vardaloğlu, Z.** (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, *Lojistik Dergisi*, 8, 66-73.
- Cankül, D., Kızıldaş, M. Ç.** (2020). Yiyecek içecek işletmelerinde tedarik zinciri ve blokzincir teknolojisi, *Journal of Gastronomy, Hospitality, and Travel*, 3 (2), 244-259.
- Carter, C. R., Liane Easton, P.** (2011). Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International journal of physical distribution & logistics management*, 41 (1), 46-62.
- Carter, C. R., Rogers, D. S.** (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management*, 38 (5), 360-387.
- Ceylan, O., Işık, A. H.** (2023). Blokzincir teknolojisi ve uygulama alanları. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 6 (1), 129-154.
- Chang, Y., Iakovou, E., Shi, W.** (2020). Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities, *International Journal of Production Research*, 58, 1-18.
- Christopher, M.** (2000). The agile supply chain competing in volatile markets. *Industrial Marketing Management*, 29, 37-44.
- Christopher, M., Lowson, R. ve Peck, H.** (2004). Creating agile supply chains in the fashion industry. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 32 (8), 1-26.
- Clack, C. D., Bakshi, V. A., Braine, L.** (2016). Smart contract templates: Foundations, design landscape and research directions, *arXiv preprint arXiv:1608.00771*, 1-15.
- Cole, R., Stevenson, M., Aitken, J.** (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management, *Supply Chain Management: An International Journal*, 24 (4), 469-483.
- Costinot, A., Vogel, J., Wang, S.** (2011). An elementary theory of global supply chains. *Review of Economics Studies*. Oxford University Press. 109-144.
- Çalışkan, A., Karacasulu, M., Öztürkoğlu, Y.** (2016). Hızlı moda markalarında çevik ve esnek tedarik zinciri yönetimi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (4), 49-74.

- Çarkacıoğlu, A.** (2016). Kripto-para Bitcoin. Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi. İstanbul: Araştırma Raporu.
- Davis, F. D.** (1989). Percieved usefulness, percieved ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13 (3), 319-340.
- Demirhan, K., Sadioğlu, U.** (2016). İşlem maliyeti kuramı çerçevesinde devletin gerekliliği tartışması ve güncel kamu yönetimi yaklaşımları üzerine bir inceleme. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2 (4), 105-116.
- Difrancesco, R. M., Meena, P., Kumar, G.** (2023). How blockchain technology improves sustainable supply chain processes: a practical guide. *Operations Management Research*, 16, 620-641.
- Di Vaio, A., Varriale, L.** (2020). Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry. *International Journal of Information Management*, 52, 1-16.
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., Butala, R.** (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities, *Transportation Research Part E*, 142, 1-33.
- Ehrenfeld, J. R.** (2005). Eco-efficiency. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (4), 6-8.
- Elkington, J.** (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environmental Quality Management*, 8 (1), 37-51.
- Erdoğan, A.** (2025). Tedarik zincirleri ve kurumsal sürdürülebilirlik özen yükümlülüğü. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 16 (1), 59-71.
- Erdoğan, D.** (2019). Sözleşme süresinin belirlenmesi: İşlem maliyeti teorisi bakışıyla yer hizmeti sözleşmeleri üzerine ampirik bir araştırma. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (2), 623-637.
- Ersöz, F., Kabak, M.** (2010). Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 97-125.
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., Behdad, S.** (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation & Recycling*, 163, 1-15.
- Everledger.** (2020). Blockchain Luxury Goods: Everledger is improving trust and sustainability. Everledger. <https://everledger.io/blockchain-luxury-goods-helping-to-improve-trust-and-sustainability/> Erişim: 20 Eylül 2025.
- Fernandez-Vazquez, S., Rosillo, R., Fuente, D., Puente, J.** (2022). Blockchain in sustainable supply chain management: an application of the analytical hierarchical process (AHP) methodology. *Business Process Management Journal*, 28 (5/6), 1277-1300.
- Gedik, Y.** (2021). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilirliğin tedarik zincirleri üzerindeki etkileri: Kavramsal bir değerlendirme. *International Journal of Management Economics & Business/Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17 (3), 830-860.

- George, R. V., Harsh, H. O., Ray, P., Babu, A. K.** (2019). Food quality traceability prototype for restaurants using blockchain and food quality data index. *Journal of Cleaner Production*, 240, 1-8.
- Gerdan, D., Koç, C., Vatandaş, M.** (2020). Gıda ürünlerinin izlenebilirliğinde blok zinciri teknolojisinin kullanımı, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16 (2), 8-14.
- Grover, V., Malhotra, M. K.** (2003). Transaction cost framework in operations and supply chain management research: theory and measurement. *Journal of Operations management*, 21 (4), 457-473.
- Haber, S., Stornetta, W.** (1991). S.: How to timestamp a digital document. *J. of Cryptology*, 3, 99-111.
- Habib, M., Jungthirapanich, C.** (2008). An integrated framework for research and education supply chain for the universities, Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, *IEEE Computer Society, Piscataway, USA*, 1027-1032.
- Happer, C.** (2025). Blockchain integration for transparent and secure pharmaceutical supply chains. 1-11.
- Hershko, R.** (2022). <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens> Erişim: 20 Eylül 2025
- Hervani, A. A., Helms, M. M., Sarkis, J.** (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An international journal*, 12 (4), 330-353.
- Hofmann, E., Strewe, U. M., Bosia, N.** (2017). Background III - What Is Blockchain Technology, *Supply chain finance and blockchain technology: The case of reverse securitisation*, (pp.43-49). Cham: Springer. July
- Houlihan, J. B.** (1985), International Supply Chain Management, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 15 (1), 22-38.
- Idrees, S. M., Nowostawski, M., Jameel, R., Mourya, A. K.** (2021). Security aspects of blockchain technology intended for industrial applications. *Electronics*, 10 (8), 951.
- Ilgın, M. A., Gupta, S. M.** (2013). Reverse logistics. *Reverse Supply Chain: Issues and Analysis*, (pp.1-60). CRC Press, November.
- IMF, IMF Staff., He, D., Habermeier, K., Leckow, R., Haksar, V., Almeida, Y., Jagatsing, K.** (2016). Virtual Currencies and Beyond: Initial Considerations International Monetary Fund Monetary and Capital Markets, Legal, and Strategy and Policy Review Departments Virtual Currencies and Beyond: Initial Considerations. *IMF*. <https://www.imf.org/external-/pubs/ft/sdn/2016/sdn1603.pdf>. Erişim: 26 Mart 2025.
- Ivascu, L., Mocan, M., Draghici, A., Turi, A., Rus, S.** (2015). Modeling the green supply chain in the context of sustainable development. *Procedia Economics and Finance*, 26, 702-708.

- İrak, G., Topcu, Y. E.** (2020). Tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisinin uygulanmasının maliyetler üzerindeki etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16 (1), 171-185.
- Jain, M., Soni, G., Verma, D., Baraiya, R., Ramtiyal, B.** (2023). Selection of technology Acceptance model for adoption of industry 4.0 technologies in agri-fresh supply chain. *Sustainability*, 15,1-20.
- Kakavand, H., Kost De Sevres, N., Chilton, B.** (2017). The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. *Available at SSRN 2849251*, 1-27.
- Kamath, R.** (2018). Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with IBM. *The Journal of the British Blockchain Association*, 1 (1), 1-12.
- Kample, S. S., Gunasekaran, A., Subramanian, N., Ghadge, A., Belhadi, A., Venkatesh, M.** (2023). Blockchain technology's impact on supply chain integration and sustainable supply chain performance: Evidence from the automotive industry. *Annals of Operations Research*, 327, 575-600.
- Kaya, H.** (2019). *Sektörel ve operasyonel blokzincir uygunluk analizlerinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi* (Yüksek Lisans tezi). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kehoe, D., Boughton, N.** (2001). Internet based supply chain management: A classification of approaches to manufacturing planning and control. *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (4), 516-524.
- Kerse, Y., Tazegül, A.** (2016). Tedarik Zincirinde Çevikliğin Önemi. *II. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics Congress Proceeding Book*, İstanbul: May 26-28.
- Ketchen Jr, D. J., Hult, G. T. M.** (2007). Toward greater integration of insights from organization theory and supply chain management. *Journal of Operations Management*, 25(2), 455-458.
- Khan, S. A. R., Godil, D. I., Jabbour, C. J. C., Shujaat, S., Razzaq, A., Yu, Z.** (2021). Green data analytics, blockchain technology for sustainable development, and sustainable supply chain practices: evidence from small and medium enterprises. *Annals of Operations Research* 350, 2 (1) 1-25.
- Khanfar, A. A. A., Iranmanesh, M., Ghobakhloo, M., Senali, M. G., Fathi, M.,** (2021). Applications of blockchain technology in sustainable manufacturing and supply chain management: A systematic review. *Sustainability*, 13 (7870), 1-20.
- Kılıç, S.** (2023). Geleceğin tedarik zinciri modelinin bugünden tartışılması: Çiftçi dostu blok zincir destekli akıllı tarımsal gıda tedarik zinciri modeli. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 344-367.

- Kırbaş, İ.** (2018). Blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1), 75-82
- Kopczak, L., R.** (1997). Logistics partnership and supply chain restructuring: Survey results from the US computer industry, *Production And Operations Management*, 6 (3), 226-247.
- Kouhizadeh, M., Saberi, S., Sarkis, J.** (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 1-21.
- Köseoğlu, D., Ada, S.** (2023). Bilişim sistemleri gündeminde blok zincir teknolojisi: Teknoloji-örgüt-çevre (TOE) modeli çerçevesinde sistematik bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (51), 29-41.
- Kshetri, N.** (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89.
- Kshetri, N.** (2021). Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries. *International Journal of Information Management*, 60, 1-13.
- Kumar, M. V., Iyengar, N. C. S.** (2017). A framework for Blockchain technology in rice supply chain management. *Adv. Sci. Technol. Lett*, 146, 125-130.
- Külahlı, S., Çağlıyan, V.** (2022). Tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisi uygulamaları: Sistematik bir literatür taraması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22 (1), 57-75.
- Laari, S., Töyli, J., Ojala, L.** (2017). Supply chain perspective on competitive strategies and green supply chain management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1303–1315.
- Lambert, D., M., Cooper, M., C., Pagh, J., D.** (1998). Supply chain management: Implementation issues and research opportunities, *International Journal of Logistics Management*, 9 (2), 1-20.
- Lee, H. L., Billington, C.** (1992). Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities. *Sloan Management Review*, 33 (3), 65-73.
- Legrís, P., Ingham, J., Colletette, P.** (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model, *Information & Management*, 40 (3), 191-204.
- Li, J., Yuan, Y., Wang, F. Y.** (2019). A novel GSP auction mechanism for ranking Bitcoin transactions in blockchain mining. *Decision Support Systems*, 124, 113094.
- Lin, C. H., H. Y. Shih., Sher, P. J.** (2007). Integrating technology readiness into technology acceptance: The TRAM model, *Psychology & Marketing*, 24 (7), 641-657.
- Malik, S., Chadhar, M., Chetty, M.** (2021). Factors affecting the organizational adoption of blockchain technology: An Australian perspective. *Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Hawaii: January 5-8

- Mangan, J., Lalwani, C. L.** (2016). Supply chain strategies *Global Logistics and Supply Chain Management*, (pp.63-75). West Sussex, John Wiley & Sons.
- Mangla, S. K., Kazançoğlu, Y., Yıldızbaşı, A., Öztürk, C., Çalık, A.** (2022). A conceptual framework for blockchain-based sustainable supply chain and evaluating implementation barriers: A case of the tea supply chain. *Business Strategy and the Environment*, 31, 3693-3716.
- Manupati, V. K., Schoenherr, T., Ramkumar M., Wagner, S. M., Pabba, S.K., R. Inder Raj Singh.** (2020). A blockchain-based approach for a multi-echelon sustainable supply chain. *International Journal of Production Research*, 58 (7), 2222-2241.
- Marangunić, N., Granić, A.** (2015). Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013. *Universal access in the information society*, 14 (1), 81-95.
- Mendi, A. F.** (2021). Blokzincir mimarisi ve getirdiği fırsatlar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 181-186
- Meydan, C. H.** (2023). Havayolu işletmelerinde dijital dönüşüm uygulamaları üzerine bir inceleme. *Journal of Aviation Research*, 5 (1), 65-82.
- Miehle, D., Henze, D., Seitz, A., Luckow, A., Bruegge, B.** (2019). PartChain: A decentralized traceability application for multi-tier supply chain networks in the automotive industry. In *2019 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON)* (pp. 140-145). April, IEEE.
- Min, H.** (2019). Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. *Business Horizons*, 62 (1), 35-45.
- Mohanty, D., Anand, D., Aljahdali, H. M., Villar, S. G.** (2022). Blockchain interoperability: Towards a sustainable payment system. *Sustainability*, 14 (2), 913.
- Mubarik, M., Raja Mohd Rasi, R. Z., Mubarak, M. F., Ashraf, R.** (2021). Impact of blockchain technology on green supply chain practices: evidence from emerging economy. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32 (5), 1023-1039.
- Nakamoto, S.** (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. www.cryptovest.co.uk Erişim: 25 Mart 2025
- Namasudra, S., Deka, G. C., Johri, P., Hosseinpour, M., Gandomi, A. H.** (2021). The revolution of blockchain: State-of-the-art and research challenges. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28 (3), 1497-1515.
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B. N., Jagannatha, S.** (2018). Analysis of blockchain technology: Pros, cons and SWOT. *Cluster Computing*, 1-15.
- Ølnesa, S., Ubachtb, J. ve Janssenb. M.** (2017). Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. *Government Information Quarterly*, 34 (3), 355-364.

- Ok, Ş., Alakaş, E. Ö.** (2023). Blok Zincirin Lojistik ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Üzerindeki Etkileri. *Blok Zincir Dünyası*, (ss. 219-239). İstanbul: Mayıs
- Ömürbek, D., Tunca, D. Z.** (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkin bir örnek uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3), 47-70.
- Özbek, A.** (2014). Yöneticilerin çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12 (24), 209-225.
- Özbek, A., Eren, T.** (2013). Üçüncü parti lojistik (3PL) firmanın analitik hiyerarşi süreciyle (AHS) belirlenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 5 (2), 46-54.
- Özdemir, A. İ.** (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23),
- Özyüksel, S., Ekinci, M.** (2020). Blok zincir teknolojisinin dış ticarete etkisinin örnek projeler çerçevesinde incelenmesi. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 82-101.
- Padmavathi, U., Rajagopalan, N.** (2021). Concept of blockchain technology and its emergence. In *Blockchain Applications in IoT Security*, (pp.21-36). IGI Global Scientific Publishing.
- Park, A., Li, H.** (2021). The effect of blockchain technology on supply chain sustainability performances. *Sustainability*, 13, 1-18.
- Paliwal, V., Sharma, S., Chandra, S.** (2020). Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework *Sustainability*, 12 (7638), 1-39.
- Pavnaskar, S.J., Gershenson, J.K., Jambekar, A.,B.** (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools, *International Journal of Production Research*, 41 (13), 3075-3090.
- Prahinski, C., Kocabasoglu, C.** (2006). Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Omega*, 34 (6), 519-532.
- Potekhina, A., Riumkin, I.** (2017). Blockchain-a new accounting paradigm: Implications for credit risk management, <http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:1114333/FULLTEXT01.pdf>, Erişim: 01 Mayıs 2025
- Rana, R. L., Tricase, C., De Cesare, L.** (2021). Blockchain technology for a sustainable agri-food supply chain. *British Food Journal*, 123 (11), 3471-3485.
- Rejeb A., Rejeb K.,** (2020). Blockchain and supply chain sustainability. *LogForum*, 16 (3), 363-372.
- Rogerson, M., Parry, G. C.** (2020). Blockchain: Case studies in food supply chain visibility. *Supply Chain Management*, 25 (5), 601–614.

- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L.** (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57 (7), 2117-2135.
- Sahoo, S., Kumar S., Sivarajah, U., Lim, W. M., Westland, J. C., Kumar, A.** (2022). Blockchain for sustainable supply chain management: Trends and ways forward. *Electronic Commerce Research*, 1-56.
- Sarıoğlu, S.** (2022). *Blok Zincir Teknolojisi Kullanma Niyetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi* (Yüksek Lisans tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Saaty, T. L.** (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, T. L.** (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, 32 (7), 841-855.
- Saaty, T. L.** (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process, *Interfaces*, 24 (6), 19-43.
- Saaty, T. L.** (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), 9-26.
- Saaty, T. L.** (2001). How to Make a Decision, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. (pp.1-24). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, T. L.** (2002). Decision making with the analytic hierarchy process, *Sharif University of Technology*, 9 (3), 215-229.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98.
- Schmidt, C. G., Wagner, S. M.** (2019). Blockchain and supply chain relations: a transaction cost theory perspective. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25 (4).
- Seebacher, S., Schüritz, R.** (2017). Blockchain technology as an enabler of service systems: A structured literature review. In *Exploring Services Science: 8th International Conference, IESS 2017, Rome, Italy, May 24-26, 2017, Proceedings* 8 12-23. Springer International Publishing.
- Sego, L. H., Shulman, S. A., Anderson, K. K., Wilson, J. E., Pulsipher, B. A., Sieber, W. K.** (2010). *Acceptance sampling using judgmental and randomly selected samples* (No. PNNL-19315). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).
- Series, B. P.** (2020). Opportunities and Challenges of Blockchain Technologies in Health Care
- 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.
- Shukla, R. K., Agarwal, A., Garg, D.** (2011). Understanding of supply chain: A literature review. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 3 (3), 2059-2070.

- Singh, S., Singh, N.** (2016). Blockchain: Future of financial and cyber security. In *2016 2nd international conference on contemporary computing and informatics (IC3I)* (pp. 463-467). December, IEEE.
- Singh, S., Hosen, A. S., Yoon, B.** (2021). Blockchain security attacks, challenges, and solutions for the future distributed iot network. *IEEE Access*, 9, 13938-13959.
- Suyambu, G., Anand, M.** (2020). Blockchain–A most disruptive technology on the spotlight of world engineering education paradigm. *Procedia Computer Science*. 172, 152-158.
- Szabo, N.** (1997). Formalizing and securing relationships on public networks. *First monday*.
- Takaoğlu, M., Özer, Ç., Parlak, E.** (2019). Blok Zinciri Teknolojisi ve Türkiye’deki Muhtemel Uygulanma Alanları. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi/ International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design (IJEASED)* 1 (2), 260-295.
- Tandon, A., Kaur, P., Mäntymäki, M., Dhir, A.** (2021). Blockchain applications in management: A bibliometric analysis and literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120649.
- Taş, O., Kiani, F.** (2018). Blok zinciri teknolojisine yapılan saldırılar üzerine bir inceleme. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11 (4), 369-382.
- Tekin, M., Öztürk, D., Bahar, İ.** (2020). Akıllı lojistik faaliyetlerinde blokzincir teknolojisi. *Kent Akademisi*, 13 (3), 570-583.
- Teixeira, A. A., Jabbour, C. J. C., De Sousa Jabbour, A. B. L., Latan, H., De Oliveira, J. H. C.** (2016). Green training and green supply chain management: Evidence from Brazilian firms. *Journal of Cleaner Production*, 116, 170–176.
- Tian, F.** (2016). An Agri-food Supply Chain Traceability System for China Based on RFID & Blockchain Technology. *13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 2016
- Topcu, B. A., Sarıgül, S. S.** (2020). Dünyada ve Türkiye’de blok zinciri teknolojisi: finans sektörü, dış ticaret ve vergisel düzenlemeler üzerine genel bir değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27-39.
- Tunca, S., Sezen, B.** (2020). Sigorta işlemlerinde Blokzincir (Blockchain) teknolojisi uygulamaları. *Bankacılık ve Sigortacılık Araştırmaları Dergisi*, (14), 13-25.
- Ünal, G., Uluyol, Ç.** (2020). Blok zinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13 (2), 167-175.
- Ünsal, E., Kocaoğlu, Ö.** (2018). Blok zinciri teknolojisi: Kullanım alanları, açık noktaları ve gelecek beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13, 54-64.
- Varriale, V., Cammarano, A., Michelino, F., Caputo, M.** (2020). The unknown potential of blockchain for sustainable supply chains. *Sustainability*, 12 (9400), 1-16.

- Vurdu, S. A.** (2021). Dış ticarete blok zincir uygulamaları. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi*, 4 (9), 924–936.
- Williamson, O. E.** (1979). Transaction-cost economics: The governance of contractual relations. *Journal of Law and Economics* 22 (2), 233-261.
- Williamson, O. E.** (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York, NY:Simon&Schuster Inc.
- Wright, A., Filippi, P.** (2015). Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia. *Decentralized Blockchain Technology*, 1-58.
- Wu, H., Cao, J., Yang, Y., Tung, C. L., Jiang, S., Tang, B., Deng, Y.** (2019, July). Data management in supply chain using blockchain: Challenges and a case study. In *2019 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)* (pp. 1-8). IEEE.
- Yadav, S., Singh, S. P.** (2020). Blockchain critical success factors for sustainable supply chain. *Resources, Conservation & Recycling*, 152, 1-11.
- Yavuz, E., Avunduk, H.** (2021). Tedarik zinciri yönetiminde blok zincir teknolojisinin kullanımı. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 33-56.
- Yousefi, S., Tosarkani, B. M.** (2022). An analytical approach for evaluating the impact of blockchain technology on sustainable supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 246, 1-22.
- Yusuf, H., Surjandari, I., Rus, A. M. M.** (2019, July). Multiple channel with crash fault tolerant consensus blockchain network: a case study of vegetables supplier supply chain. In *2019 16th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)* (pp. 1-4). IEEE.
- Zhang, F., Song, W.** (2022). Sustainability risk assessment of blockchain adoption in sustainable supply chain: An integrated method. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 1-19.
- Zhang, R., Xue, R., Liu, L.** (2019). Security and privacy on blockchain. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52 (3), 1-34.
- Zheng, X. R., Lu, Y.** (2021). Blockchain technology – recent research and future trend. *Enterprise Information Systems*, 1-23.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., Wang, H.** (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International journal of web and grid services*, 14 (4), 352-375.
- Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L.** (2006). Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. *Energy*, 31 (14), 2604-2622.
- Zhu, Q., Feng, Y., Choi, S. B.** (2017). The role of customer relational governance in environmental and economic performance improvement through green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 155, 46–53.
- Zhu, Q., Sarkis, J.** (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises, *Journal of Operations Management*, 22, 265-289.

- Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K.** (2007). Initiatives and outcomes of green supply chain management implementation by Chinese manufacturers, *Journal of Environmental Management*, 85, 179-189.
- Queiroz, M. M., Telles, R., Bonilla, S. H.** (2020). Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Management*, 25 (2), 241–254.



ÖZGEÇMİŞ

Adı-SOYADI : Melik Mine ÇELEBİ

ÖĞRENİM DURUMU

- **Lisans** : 2022, Balıkesir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik.
- **Yüksek Lisans** : 2026, Bursa Teknik Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Tezli Yüksek Lisans Programı.

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER

- **Çelebi, M. M.** (2023). Eşyanın menşei kurallarının ilgili mevzuat kapsamında değerlendirilmesi, *I. Bursa Uluslararası Ticaret ve Lojistik Sempozyumu*, Bursa, Türkiye: Aralık 1.
- **Öztiryaki, B., Çelebi, M. M.** (2024). Bir kuşak bir yol projesinin Türkiye uluslararası taşımacılık faaliyetlerine etkileri: ampirik bir çalışma, *II. Balıkesir Sempozyumu*, Balıkesir, Türkiye: Haziran 6.