T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ FİNANSMANINDA YENİLİKÇİ FİNANSAL ÜRÜNLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI

Özgür KIYAK
2502190859

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Arif SALDANLI

İSTANBUL - 2025

ÖZ

YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ FİNANSMANINDA YENİLİKÇİ FİNANSAL ÜRÜNLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI

Özgür KIYAK

Bu tez çalışmasının amacı, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının finansmanında etkili olan kritik faktörleri belirlemek ve belirlenen kriterler doğrultusunda en uygun yenilikçi finansman alternatifinin değerlendirmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemleri aracılığıyla analiz etmektir. Belirlenen kriterlerin önem düzeylerini ortaya koymak ve alternatif finansal ürünleri sıralamak amacıyla, çalışmada Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinden oluşan hibrit bir karar modeli uygulanmıştır. Bu kapsamda, öncelikle literatür taraması ve uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenen kriterler arasındaki nedensel ilişkiler bulanık DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiş; ardından, elde edilen ağırlıklar doğrultusunda alternatif finansal ürünler bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Araştırma kapsamında on adet kriter ve altı yenilikçi finansal ürün alternatifi dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, enerji ve finans sektörlerinde deneyim sahibi uzmanların değerlendirmeleri doğrultusunda elde edilmiştir. Analiz sonuçlara göre, "yatırım getirisi" kriteri en yüksek önem ağırlığına sahip kriter olarak belirlenirken, "dijital altyapı" diğer kriterlere kıyasla en az önem ağırlığına sahip kriterdir. Alternatifler arasında ise yeşil tahviller en uygun finansal ürün olarak öne çıkmıştır. Elde edilen bulgulara göre; yatırım ve finansal kararlarda ekonomik verimliliğin öncelikli olduğunu göstermektedir. Dijital altyapının nispeten düşük ağırlıkta çıkması, enerji sektöründe henüz teknoloji entegrasyonunun yeterince olgunlaşmadığına işaret edebilir. Bu çerçevede, enerji sektöründe çalışanların dijital altyapıya odaklanması gerekmektedir. Dolayısıyla, enerji sektörü yalnızca üretim ve dağıtım süreçlerini değil; aynı zamanda veri yönetimi ve yapay zekâ destekli otomasyon gibi teknolojik alanları da entegre ederek daha etkin ve sürdürülebilir çözümler üretmelidir. Bu bağlamda, dijital dönüşüm, özellikle yenilenebilir enerji yatırımlarının verimli bir şekilde

yönetilmesinde ve finansal kaynakların etkin kullanımında belirleyici bir işlev üstlenmektedir. Buna ek olarak; alternatiflerin sıralanmasında yeşil tahvillerin daha optimal finansal araç olarak öne çıkması, bu ürünlerin küresel karbon azaltımı hedeflerine ulaşmada etkin bir araç olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, yeşil tahviller; sürdürülebilir finansman politikalarının desteklenmesinde, karbon emisyonu düşük projelerin finansmanında ve çevresel etkiye öncelik veren yatırımcılar için öne çıkan bir finansal enstrüman olarak ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, iklim dostu politikaların uygulanması ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarını gerçekleştirmede önemli bir potansiyele sahip yeşil tahviller, kamu ve özel sektör paydaşları tarafından tercih edilme oranı artırılmalıdır. Tezden elde edilen sonuçlara dayanarak politika yapıcıların, yenilikçi finansal ürünlerin yaygınlaştırılması ve yenilenebilir enerji projeler için finansal kapsayıcılığın artırılmasını sağlayacak reformları hayata geçirmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Yenilikçi Finansal Ürünler, Bulanık DEMATEL, Bulanık TOPSIS

ABSTRACT

EVALUATION OF INNOVATIVE FINANCIAL INSTRUMENTS IN THE FINANCING OF RENEWABLE ENERGY INVESTMENTS: A FUZZY DEMATEL AND FUZZY TOPSIS APPROACH

Özgür KIYAK

The purpose of this thesis is to identify the critical factors influencing the financing of renewable energy source investments and to evaluate the most appropriate innovative financing alternative in line with the identified criteria through multi-criteria decision-making (MCDM) methods. To determine the importance levels of the criteria and to rank alternative financial products, a hybrid decision model comprising the Fuzzy DEMATEL and Fuzzy TOPSIS methods has been applied. Within this scope, causal relationships among the criteria, which were determined based on a comprehensive literature review and expert opinions, were analyzed using the Fuzzy DEMATEL method. Subsequently, the alternative financial products were ranked using the Fuzzy TOPSIS method based on the obtained weights. The study considers ten criteria and six innovative financial product alternatives. The data used in the analysis were obtained from evaluations by experts with experience in the energy and finance sectors. According to the results, "return on investment" was identified as the most significant criterion, whereas "digital infrastructure" had the lowest importance weight among the criteria. Among the alternatives, green bonds emerged as the most optimal financial instrument. The findings indicate that economic efficiency is prioritized in investment and financial decisions. The relatively low weight assigned to digital infrastructure may suggest that technological integration in the energy sector has snot yet reached full maturity. n this context, energy sector professionals should focus more on digital infrastructure. Thus, the energy sector should not only optimize production and distribution processes but also integrate technological advancements such as data management and AI-driven automation to develop more efficient and sustainable solutions. In this regard, digital transformation plays a critical role in effectively managing renewable energy investments and ensuring the efficient use of financial resources. Additionally, the superior ranking of green bonds as an optimal

financial instrument can be attributed to their effectiveness in achieving global carbon reduction targets. In this regard, green bonds stand out as a key financial tool in supporting sustainable finance policies, financing low-carbon projects, and appealing to environmentally conscious investors. Hence, the adoption of green bonds should be promoted among both public and private sector stakeholders, given their significant potential in facilitating climate-friendly policies and achieving sustainable development goals. Based on the findings of this study, policymakers should implement reforms to promote innovative financial products and enhance financial inclusivity for renewable energy projects.

Keywords: Renewable Energy Sources, Innovative Financial Instruments, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy TOPSIS

ÖNSÖZ

Doktora tez sürecim boyunca sabrıyla, bilgeliğiyle ve yol göstericiliğiyle her zaman yanımda olan kıymetli tez danışmanım Doç. Dr. Arif Saldanlı hocama en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisi yalnızca bir akademik danışman değil, aynı zamanda bu uzun ve zorlu yolculuğun en değerli yol arkadaşlarından biri olmuştur. Akademik bakış açımı geliştirmemde ve çalışmamı şekillendirmemde gösterdiği katkı, benim için paha biçilmezdir. İyi ki varsınız hocam.

Akademik hayatım boyunca yalnızca bir hoca değil, aynı zamanda bir abi, bir yol gösterici ve gerçek bir destekçi olan Prof. Dr. Serhat Yüksel hocama şükran borçluyum. Hem yüksek lisans hem de doktora savunmamda yanımda olması benim için büyük bir onur olmuştur. Desteği, inancı ve rehberliği olmasaydı, bu yolculuk böylesine anlamlı bir finale ulaşamazdı. Bugün "doktor" unvanına kavuşmanın en güzel yanlarından biri, bu süreci onun gibi değerli bir insanla paylaşabilmiş olmaktır.

Tez jürimde ve savunmamda yer alarak yapıcı eleştirileri, değerli katkıları ve teşvik edici yaklaşımlarıyla çalışmama farklı bir bakış açısı kazandıran kıymetli hocalarım Doç. Dr. Serkan Eti, Doç. Dr. İbrahim Sırma, Doç. Dr. Mehmet Sabri Topak ve Doç. Dr. Hakan Bektaş'a teşekkür ederim.

Tezimin yöntem kısmında değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, her zaman yapıcı önerileriyle çalışmama önemli katkılar sunan Dr. Öğr. Selin Yalçın hocama da en içten teşekkürlerimi sunarım. Sabırlı yaklaşımı, destekleyici tavrı ve yönlendirmeleri, araştırmamın sağlıklı bir şekilde ilerlemesine büyük katkı sağlamıştır.

Bu süreçte yalnızca akademik konularda değil, hayatın farklı alanlarında da değerli tecrübeleri ve yönlendirmeleriyle bana ışık tutan Dr. Taylan Özgür Üresin'e teşekkür etmek isterim. Paylaştığı bilgiler, samimi desteği ve yol gösterici tavsiyeleri sayesinde hem akademik yolculuğumda hem de kişisel gelişimimde önemli kazanımlar elde ettim.

Bu akademik yolculuğun her aşamasında desteklerini hissettiğim, araştırma ve çalışma ortamını benim için kolaylaştıran Beykent Üniversitesi'ne ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum değerli iş arkadaşlarıma da gönülden teşekkür ederim.

Bu yolculuk boyunca akademik hayatın dışında da bana her konuda destek olan, dostluğunu ve samimiyetini her daim hissettiren Oktay Çomak'a da en içten teşekkürlerimi sunarım. İyi günde de zor günde de yanımda olması, sabrı, anlayışı ve moral verici tavrıyla bana güç katmıştır. Özellikle İstanbul'daki yaşamıma adapte olmamda gösterdiği destek, her zaman yanımda olduğunu hissettirmesi ve güven veren dostluğu bu süreci benim için daha anlamlı ve kolay kılmıştır.

Son olarak; hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu zorlu süreçte de en büyük destekçilerim olan canım aileme en derin şükranlarımı sunarım. Onların sevgisi, sabrı ve koşulsuz desteği, bu yolculuğun yükünü hafifleten en büyük güç oldu. Varlıkları bana her zaman güç, cesaret ve umut verdi. Bugün ulaştığım bu noktada, attığım her adımda yanımda olduklarını bilmek ve bu başarıyı onlarla paylaşabilmek benim için tarif edilemez bir mutluluktur.

Dr. Özgür Kıyak

İstanbul / Haziran, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **İİ**

ABSTRACT ..... **İV**

ÖNSÖZ ..... **Vİ**

İÇİNDEKİLER ..... **Vİİİ**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **Xİİ**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **XİV**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE KÜRESEL EĞİLİMLER

1.1. ENERJİ KAVRAMI 4

1.2. ENERJİ POLİTİKALARI 5

1.3. FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI 9

1.3.1.Kömür 10

1.3.2. Petrol 12

1.3.3.Doğalgaz 13

1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI 15

1.4.1.Hidroelektrik Enerji 17

1.4.2. Güneş Enerjisi 19

1.4.3. Rüzgar Enerjisi 21

1.4.4. Biyokütle Enerjisi 24
1.4.5. Jeotermal Enerji 26
1.4.6. Hidrojen Enerjisi 28
1.5. DÜNYADA YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI 31
1.6. TÜRKİYE'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI 33

İKİNCİ BÖLÜM
YENİLİKÇİ FİNANSAL ÜRÜNLER VE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARI

2.1. GELENEKSEL FİNANSMAN KAVRAMI 36
2.1.1. Banka Kredisi 37
2.1.2. Öz kaynak Finansmanı 38
2.1.3. Finansal Kiralama 39
2.1.4. Hibe 40
2.1.5. Proje Finansmanı 41
2.1.6. Uluslararası Finansman 42
2.2. SERMAYE YAPISI 43
2.2.1. Sermaye Yapısı Teorik Yaklaşımları 44
2.2.1.1. Net Faaliyet Geliri 45
2.2.1.2. Net Gelir Yaklaşımı 46
2.2.1.3. Geleneksel Yaklaşım 47
2.2.1.4. Modligliani-Miller Yaklaşımı 48
2.2.1.5. Finansal Sıkıntı ve İflas Maliyetleri 50
2.2.1.6. Temsil Maliyetleri 50
2.2.1.7. Finansal Dengeleme 51
2.2.1.8. Asimetrik Bilgi Kuramı ve Sinyal Teorisi 52
2.2.1.9. Finansman Hiyerarşisi Teorisi 53
2.2.1.10. Optimal Sermaye Yapısı 53
2.2.2. Sermaye Yapısının Temel Belirleyicileri 54
2.3. SERMAYE BÜTÇELEMESİ 59
2.3.1. Sermaye Bütçelemesi Teorik Yaklaşımları 60
2.3.2. Sermaye Bütçelemesinin Temel Belirleyicileri 64

2.4. FİNANSMAN KARARLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER 67

2.5. YENİLİKÇİ FİNANSMAN KAVRAMI 69

2.5.1. Blockchain Teknolojisi 71

2.5.2. Kitle Fonlaması..... 73
2.5.2.1. Bağışa Dayalı Kitle Fonlaması 76
2.5.2.2. Ödüle Dayalı Kitle Fonlaması 77
2.5.2.3. Borçlanmaya Dayalı Kitle Fonlaması 77
2.5.2.4. Yatırıma Dayalı Kitle Fonlaması 78
2.5.2.5. Ön Satışa Dayalı Kitle Fonlaması 79

2.5.3. Girişim Sermayesi..... 79

2.5.4. Yeşil Tahvil..... 81

2.5.5. Yeşil Sukuk 84

2.5.6. Melek Yatırımcı..... 86

2.5.7. Kamu-Özel Ortaklığı..... 88

2.6. Yenilenebilir Enerji ve Yenilikçi Finansal Ürünlere Yönelik Literatür Taraması 90

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ VE AMPİRİK ANALİZ

3.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ 107

3.2. BULANIK MANTIK KAVRAMI.....109

3.2.1. Bulanık Kümeler..... 112
3.2.1.1. Bulanık Sayılar ve Üyelik Fonksiyonu..... 114
3.2.1.2. Dilsel Değişkenler..... 116
3.2.1.3. Durulaştırma..... 118

3.3. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ 118

3.3.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi..... 121

3.3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi..... 126

3.4. ARAŞTIRMADA KULLANILACAK KRİTER SETİNİN BELİRLENMESİ130

3.5. ANALİZ SONUÇLARI 140

3.5.1. Uzman Görüşlerinin Temin Edilmesi..... 140

3.5.2. Bulanık DEMATEL Yöntemi Analiz Sonuçları 141
3.5.2.1. Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması 141
3.5.2.2. Normalize Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması 144
3.5.2.3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması 145
3.5.2.4. Neden-Sonuç İlişkilerinin Belirlenmesi 148
3.5.2.5. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması 150

3.5.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi Analiz Sonuçları 150
3.5.3.1. Soruların Hazırlanması ve Cevaplanması 151
3.5.3.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması 151
3.5.3.3. Normalize Bulanık Matrisinin Oluşturulması 152
3.5.3.4. Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması 152
3.5.3.5. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Hesaplanması 153
3.5.3.6. Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması 153
3.5.3.7. Yakınlık Katsayılarının Alternatifler için Bulunması 154
3.5.3.8. Alternatiflerin Sıralanması 154

SONUÇ 156

KAYNAKÇA 162

EKLER 216

ÖZGEÇMİŞ 221

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya Kömür Üretimi (2023)……10
Tablo 1.2. Dünya Kömür Rezervleri (2023)……11
Tablo 1.3. Hidrojen Üretim Renk Kodları……..29
Tablo 3.1. Kriterler için Dilsel Ölçek……118
Tablo 3.2. Dilsel Değişkenlerin Üçgen Bulanık İfadeleri……..123
Tablo 3.3. Görüşleri Alınan Uzmanlar Hakkında Bilgiler……141
Tablo 3.4. Değerlendirme Skalası ve Üçgen Bulanık İfade Karşılığı……141
Tablo 3.5. Direkt İlişki Matrisi……..143
Tablo 3.6. Satır Bazında "u" Değerleri Toplamı……144
Tablo 3.7. Normalize Direkt İlişki Matrisi……145
Tablo 3.8. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "l" Değerleri……..146
Tablo 3.9. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "m" Değerleri……146
Tablo 3.10. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "u" Değerleri……...146
Tablo 3.11. Birim Matris (I)……..147
Tablo 3.12. Toplam İlişki Matrisi……..148
Tablo 3.13. Di ve Ri Değerleri Tablosu……149
Tablo 3.14. Kriter Ağırlıkları……150
Tablo 3.15. Bulanık Karar Matrisi……151
Tablo 3.16. Normalize Bulanık Karar Matrisi……...152
Tablo 3.17. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi……..153
Tablo 3.18. Pozitif Uzaklık Ölçüleri……..154
Tablo 3.19. Negatif Uzaklık Ölçüleri……....154
Tablo 3.20. Alternatifler için Yakınlık Katsayılarının Bulunması…….……154

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye Hidroelektrik Enerji Kurulu Gücü ve Üretimi……..19
Şekil 1.2. Türkiye Güneş Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi……...21
Şekil 1.3. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi…….23
Şekil 1.4. Türkiye Biyokütle Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi…….25
Şekil 1.5. Türkiye Jeotermal Enerji Kurulu Gücü ve Üretimi……28
Şekil 2.1. Yenilikçi Finansal Ürünler…….70
Şekil 3.1. Bulanık Üyelik Fonksiyonları……..114
Şekil 3.2. Üçgensel Bulanık Sayı Fonksiyonu…….115
Şekil 3.3. Hız Dilsel Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu……...117
Şekil 3.4. Yenilikçi Finansal Ürünlerin Değerlendirilmesi Hiyerarşik Modeli……119
Şekil 3.5. Hibrit Çok Kriterli Karar Verme Değerlendirme Modeli…….121
Şekil 3.6. Neden-Sonuç İlişki Diyagramı…….149

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devleti
AHP	: Analitik Hiyerarşik Süreci
ANP	: Analitik Ağ Süreci
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CO_2	: Karbondioksit
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
DLT	: Dağıtık Defter Teknolojisi
ELECTRE	: Elimination and Choice Expressing Reailty
EPA	: Amerika Birleşik Devleti Çevre Koruma Ajansı
ESC	: Avrupa ve Çelik Topluluğu
ESG	: Çevresel, Sosyal ve Yönetişim
EURATOM	: Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu
FİNTEK	: Finansal Teknoloji
GW	: Gigawatt
ICMA	: Uluslararası Sermaye Piyasaları Birliği
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
IRR	: İç Getiri Oranı
KDV	: Katma Değer Vergisi
KOBİ	: Küçük ve Büyük Orta Büyüklükteki İşletme
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KW	: Kilowatt
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
MCDM	: Multi-Criteria Decision Making
MIRR	: Düzeltilmiş İç Getiri Oranı
MM	: Modigliani ve Miller
MOORA	: Multi-Objective Optimization on The Basis of Ratio Analysis
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
NBD	: Net Bugünkü Değer
NIS	: NEgative Ideal Solution
OPEC	: Organization of The Petroleum Exporting Countries
P2P	: Peer-to-peer
PI	: Karlılık Endeksi
PIS	: Positive Ideal Solution
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
PV	: Fotovoltaik
SKA	: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
SPV	: Özel Amaçlı Şirketler
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSKB : Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Anonim Şirketi
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜREB : Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TWh : Terawatt
Vd : ve diğerleri
VIKOR : Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution
WACC : Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
YEK : Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEM : Yapısal Eşitlik Modeli

GİRİŞ

Enerji, günümüz toplumların sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında stratejik bir rol üstlenmektedir. Sanayileşmenin hızla artması, kentleşmenin ivme kazanması ve teknolojik alandaki gelişmelerin gündelik hayatın tüm alanlarında etkili olması, küresel enerji talebini her geçen gün artırmaktadır. Bunun yanı sıra, fosil yakıtların tükenebilir nitelikte olması ve çevresel tahribatı, enerji politikaların yeniden şekillendirilmesine neden olmuş; bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Günümüzde sera gazı salınımı azaltma çabaları, enerji arz güvenliği kaygıları, iklim değişikliğinin etkileri ve yeşil dönüşüm politikaları, ülkeleri sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmeye zorlamaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada sürekli olarak kendini yenileyebilen ve çevresel etkileri fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında çok daha düşük olan enerji türleridir. Yenilenebilir enerji kaynakları türleri arasında yer alan; güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle gibi kaynaklar sadece çevresel sürdürülebilirlik katkısı sağlamamakla birlikte uzun vadeli ekonomik getiriler bakımından da yüksek potansiyel barındırmaktadır. Öte yandan, söz konusu yatırımların devreye alınması; yüksek ilk başlangıç maliyeti, uzun geri ödeme süresi, teknolojik belirsizlik ve finansmana erişim zorlukları gibi birtakım engellerle yüzleşmektedir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji projelerinin hayata geçirilmesini kolaylaştırmak için uygun finansman mekanizmalarının geliştirilmesi, yalnızca ilgili sektörün değil; makroekonomik boyutta kalkınmanın da önemli unsurlarından biri haline gelmiştir.

Geleneksel finansman yöntemleri, niteliği gereği çoğunlukla faiz temelli olup; teminat gereksinimi ve geri ödeme esnekliğinin sınırlı olması gibi yapısal özellikler taşımaktadır. Bu bağlamda; söz konusu yöntemler genellikle düşük riskli ve kısa vadeli getirilere odaklanan yapılar içermektedir. Bu durum, uzun vadede yüksek sermaye gerektiren yenilenebilir enerji projelerinin finansmanında yetersiz kalma riski taşımaktadır. Bu doğrultuda, yakın dönemde geliştirilen yenilikçi finansal ürünler bahsi geçen projelerin finansmanına katkı sağlayarak önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Blok-zincir teknolojileri, kitle fonlaması, girişim sermayesi, yeşil tahvil, yeşil sukuk, kamu-özel ortaklığı ve melek yatırımcı gibi yenilikçi finansal

ürünler finansal getiri sağlamakla birlikte çevresel ve toplumsal fayda sağlamayı hedefleyen yatırımları da desteklemektedir.

Türkiye, enerji tedarik güvenliğini sağlama ve dış kaynaklara olan bağımlılığını azaltma hedeflere doğrultusunda 2023 yıl sonu itibariyle yenilenebilir enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki payı %55'e yükselmiştir (Shura, 2023: 2). Öte yandan, Ulusal Enerji Planı (2022) ve Paris İklim Anlaşması taahhütlerini yerine getirmek için 2030 yılına ciddi miktarda yatırım gereksinimi söz konusudur. Türkiye bağlamında, bu yatırımların finansmanı ciddi zorluklarla karşılaşmaktadır. Dolayısıyla, söz konusu yatırımların artırılması için finanse edilecek kaynakların belirlenmesi, hükümet politika destekleri, hukuki çerçevenin net olması, uluslararası işbirlikleri yenilenebilir enerji finansmanlarının erişimi için oldukça önemlidir (Arslan, 2023: 834). Bahsi geçen yatırımların finansmanında ortaya çıkabilecek sorunlar, fosil enerji kaynaklarına yöneltebilir (Sarıgül ve Topçu, 2020: 652).

Akademik literatürde, bu finansal araçların yatırım kararlarına etkileri, risk-getiri profilleri, kurumsal yapıları ve politika yapıcılar üzerindeki yansımaları çeşitli boyutlarıyla ele alınmaktadır. Ancak bu araçların, yenilenebilir enerji yatırımlarına özel bağlamda ne ölçüde etkili olduğu, hangi koşullarda daha fazla tercih edildiği ve hangi kriterler doğrultusunda optimal finansman yöntemi olarak öne çıktığı gibi sorular hâlâ kapsamlı analizlere ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, enerji politikalarının geliştirilmesine katkı sunmakla kalmayıp, yatırımcıların karar süreçlerini de destekleyici nitelik taşımaktadır.

Bu çalışma, yukarıda bahsedilen ihtiyaçtan hareketle, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının kararlarında finansmanında etkili olan kriterleri belirlemeyi ve bu kriterler doğrultusunda yenilikçi finansal ürünlerin alternatiflerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında hangi kriterin öncelikli olduğu ve belirlenen kriterler doğrultusunda yenilikçi finansal ürünlerin diğerlerine kıyasla daha öne çıktığı sorularına yanıt aranmaktadır.

Bahsi geçen çalışma üç farklı bölümden oluşmaktadır. Tezin birinci bölümünde, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik genel hususlara yer verilmiştir. Bu başlık altında; öncelikle enerji kavramından bahsedildikten sonra enerji politikaları üzerinde

durulmuştur. Ardından Türkiye ve dünya özelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, geleneksel finansman yöntemleri ve yenilikçi finansal araçlara ilişkin teorik altyapı sunulmuş; özellikle yenilikçi finansal ürünlerin işleyiş mekanizmaları ve bu ürünlere dair akademik literatür kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Böylece, yenilikçi finansman araçlarının yenilenebilir enerji projelerindeki rolüne ilişkin analitik bir zemin oluşturulmuştur.

Çalışmanın son bölümünde ise, çok kriterli karar verme yöntemleri çerçevesinde, yenilenebilir enerji yatırımlarını etkileyen kriterler uzman görüşleri ve literatür ışığında belirlenmiş; bulanık DEMATEL yöntemiyle kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmış ve elde edilen bu ağırlıklar bulanık TOPSIS yöntemiyle alternatif finansal ürünlerin sıralanmasında kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, "yatırım getirisi" kriteri en yüksek öneme sahip kriter olarak öne çıkarken; "dijital altyapı" nispeten daha düşük önemde bir kriter olarak değerlendirilmiştir. Alternatiflerin sıralanması sonucunda ise, yeşil tahviller, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında en uygun yenilikçi finansal ürün olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, yatırımcılara, politika yapıcılara ve finansal kurumlara yol gösterici nitelikte önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma hem teorik hem de uygulamalı düzeyde, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında karar verme süreçlerini destekleyecek bilimsel bir çerçeve sunmakta; aynı zamanda sürdürülebilir finansın geleceğine dair önemli bir perspektif kazandırmayı amaçlamaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE KÜRESEL EĞİLİMLER

Bu bölümde, enerji kavramın temel tanımları ve bu tanım çerçevesinde politikaların uygulama dinamikleri ele alınacaktır. Ardından enerji kaynakları; fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere sınıflandırılarak, her bir türün nitelikleri, avantajları ve sınırlılıkları vurgulanacaktır. Bu kapsamda, Türkiye'nin mevcut enerji durumu ve küresel enerji trendleri incelenecek; yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki yaygınlığı ve politikaları analiz edilecektir. Bölümün temel amacı; enerji kaynaklarının teorik altyapısını ortaya koymak, Türkiye ve dünya özelindeki uygulamalardan bahsedip, bu kaynaklara ilişkin kapsamlı bir çerçeve sunmaktır.

1.1. Enerji Kavramı

Etimolojik olarak enerji kavramı, Antik Yunanca'da "en" ve "ergon" kelimelerinin birleşiminden türeyen "energiea" sözcüğünden gelmektedir. İlk kez Aristoteles'in Metafizik adlı eserinde kullanılan enerji, bir nesnenin potansiyel halini değil, fiili durum veya etkinlik hali diğer bir deyişle hareket halinde olması olarak ifade edilmiştir (Smil, 2006: 1).

Enerji kavramı; yalnızca fizik alanıyla sınırlı kalmayan, ekonomi, psikoloji ve sosyoloji gibi birçok disiplinde farklı tanımlanan ve boyutlara sahip olan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Modern anlamda fizik alanında ilk kez, polimat bir akademisyen Thomas Young tarafından 1807 yılında enerji kelimesi "hareket eğiliminin ölçüsü" olarak isimlendirilmiştir. Ardından James Prescott Joule yapmış olduğu deneylerle mekanik enerji ve ısı enerjisi arasındaki dönüşümü ispatlamış; William Thomson da enerji kavramını daha sistemik hale getirerek, enerjiyi termodinamik bağlamda "iş yapabilme kapasitesi" olarak ifade etmiştir (Frontali, 2014: 571). Ekonomik boyutta ise, üretimden tüketime kadar birçok sürecin temel dinamiğidir. Bu sebeple bütün ülkelerin ekonomik büyümesinde kilit rol oynayan unsurlardan biridir (Kızılkaya, 2023: 41).

İnsanlar hayatlarını sürdürdükleri süre boyunca, yaşam koşullarını hep iyileştirmeye çalışmışlardır ve bu iyileştirmenin evrensel ölçütü de enerji olmuştur (Schlör, 2012: 192). Toprak ve su gibi enerji de yaşamın ikame edilemez temel unsurlarından birisidir (Imboden, 2001: 68). Bu doğrultuda enerjinin insan uygarlığında yeri; ilk olarak insanın ateşi keşfiyle başlamıştır. Ardından buhar makinesinin icadıyla endüstriyel bir devrime, elektriğin daha çok kullanılmasıyla birlikte küresel bir bağımlılığa dönüşmüştür.

Enerjinin çağdaş toplumdaki yeri; sanayi, ulaşım, tarım, sağlık, iletişim ve konut gibi pek çok alanda vazgeçilmez bir unsur olarak kullanılmaktadır. Sanayi üretiminin sürdürülebilirliğinden bireysel yaşam konforuna kadar geniş bir yelpazede enerji, teknolojik gelişmelerin ve toplumsal kalkınmanın temelini oluşturur. Ancak enerjinin bu denli yoğun kullanımı, beraberinde önemli ekonomik ve çevresel etkiler de getirmektedir. Ekonomik açıdan enerji; üretim maliyetlerini, ülkelerin büyüme performansını ve dış ticaret dengelerini doğrudan etkilerken, çevresel boyutta ise fosil yakıtların tüketimi sonucu ortaya çıkan karbon salımı, iklim değişikliği ve ekosistem tahribatı gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir kaynaklara yönelim, hem ekonomik sürdürülebilirlik hem de çevresel denge açısından kritik öneme sahiptir.

Bununla birlikte enerji, yalnızca bir kaynak olmanın da ötesine geçmiş; güç mücadelelerinin, ulusal güvenliğin, savaşların ve ekonomik sistemlerin çok boyutlu bir strateji alanına evirilmiştir. Diğer bir deyişle; sanayi devriminden günümüze, "enerji kimin elindeyse güç de onundur" ilkesi, uluslararası politikaları oluşturmuştur. Enerjinin bahse konu olan boyutlu yapısı, ülkelerin enerji politikalarının çerçevesini çizerken; birçok faktörü aynı anda dengelemesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, enerji politikalarının şekillendirilmesinde ekonomik, bilimsel ve sürdürülebilirlik boyutların süreçteki işlevini incelemek son derece önem arz etmektedir.

1.2. Enerji Politikaları

Enerji, güncel dünya koşullarında yalnızca ekonomik büyümenin ana unsuru değil; bunun yanı sıra çevresel sürdürülebilirliğin, stratejik istikrarın, ulusal güvenliğin ve sosyal refahın da önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu doğrultuda enerji politikaları, devletlerin enerji kaynaklarına ilişkin düzenlemeleri ne şekilde yönettiğini

ve öncelikleri doğrultusunda nasıl stratejiler benimsediğini gösteren temel bir politika bileşenidir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda enerji politikaları, sadece arz güvenliğine odaklanmamıştır. Buna yanın sıra; net sıfır karbon emisyonları, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ve enerji kaynaklarına erişim gibi birçok konu perspektifinde şekillenmektedir (Goldthau, 2012: 3-4).

Enerji güvenliği, ülkelerin ulusal güvenlik stratejilerinde kritik rol oynamaktadır. Enerji kaynaklarına erişimin kolaylığı hem ekonomik kalkınma hem de toplumların sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Nitekim dışa bağımlı ülkelerde, enerji arzının sürekliliği hayati bir ihtiyaç haline gelmektedir. Özellikle, 1970'ler yaşanan petrol kriziyle birlikte Avrupa Birliği enerji arz güvenliğiyle sorunuyla ilk kez yüzleşmiştir. Ardından, 90'lı yılların başında Sovyetler Birliği'nin dağılması sürecine girmesi, Körfez Savaşı ve 11 Eylül saldırısı gibi küresel ölçekteki olaylar tüm dünyaya enerji güvenliği tehlikesi yaşatmıştır. Bu bağlamda, enerji arz güvenliği artıracak önlemler ve enerjinin üretimi, taşınması ve dağıtılması gibi konular stratejiler geliştirilmiştir (Yıldız, 2013: 171).

Paris Anlaşması kapsamında, ülkeler emisyonları azaltmaya yönelik somut hedefler ve taahhütler belirlemiş; yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması ve bu kaynakların geliştirilmesi yönünde teşvik edilmiştir. Bu tür planlar, küresel sıcaklık artışını 2 santigrat derecenin altında tutma çabalarında kritik öneme sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük karbonlu bir ekonomiye geçişteki kritik rolünü vurgulamaktadır. Net sıfır karbon emisyonu hedefleyen politikalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını dolaylı olarak teşvik eder ve sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri, iklim nötrlüğü taahhütleri ve net sıfır emisyon politikaları içermektedir (REN21, 2023: 23-24).

Tarihsel süreçte yaşanan gelişmeler dikkate alındığında; enerjiye erişim ve enerji tüketimi önem arz eden konular içerisindeki yerini korumaktadır. Artan nüfus ve taleple beraber, üretim sürecinde daha fazla girdiye ihtiyaç duyulacağından ötürü enerjiye olan gereksinim de bu sürecin sonunda kaçınılmaz olacaktır. Fosil enerji kaynaklarının tüketim miktarları dikkate alındığında yetersiz kalması, bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içinde sahip olduğu payın hala arzu edilen düzeye ulaşamamış olması enerji erişim ve tüketim süreçlerinde birtakım problemlere neden olacaktır (Öztürk ve Çelik, 2023: 48). Bu doğrultuda,

enerji bağımlılığı yüksek ülkelerin enerji politikalarına daha fazla önem vermesi gerekmektedir.

Avrupa Birliği'nin enerji politikası kökenleri, 1951 yılında altı Avrupa ülkesinin kömür ve çelik sektörlerinde iş birliği yaparak Avrupa ve Çelik Topluluğunu (ESC) kurmasına dayanmaktadır. Ancak kısa bir süre sonra, kömürün ekonomik büyümedeki rolünü nükleer enerjiye bırakmasıyla birlikte 1957 yılında Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (Euratom) Antlaşması imzalanmıştır. Bu antlaşmaya göre; nükleer malzemelerin güvenliğini sağlamak ve barışçıl bir politika izleyerek nükleer enerjinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. 1960'lı yıllarda enerji politikaları üye devletlerin farklı vizyonları çerçevesinde şekillenirken; 1973 yılında petrol krizinin meydana gelmesiyle birlikte, ortak bir enerji politikası ihtiyacı zorunlu hale gelmiştir. Ardından 1986'da Tek Avrupa Senedi, 1992'de Maastricht Antlaşması ve 1997'de kabul edilen Amsterdam Antlaşmasıyla enerji konularının kapsamı genişletilerek, enerji piyasası serbestleştirilmiştir. 1997'de Kyoto Protokolü'nün kabulüyle 2000'li yılların başında Avrupa birliği ülkelerinde iklim değişikliği ve enerji güvenliği konusu daha önemli hale gelerek 2005 yılında Londra'da yapılan Avrupa Konseyi toplantısında zorunlu bir enerji politikası kavramı onaylanmıştır. 2007 yılında komisyon tarafından yayınlanan "Avrupa için Bir Enerji Politikası" stratejisine göre; sürdürülebilirlik, arz güvenliği ve rekabetçiliği konu alan bir eylem planı hayata geçirdi. Bahsi geçen plana göre; 2020 yılına kadar "20/20/20" hedeflerini (sera gazı emisyonlarından %20 azalma, yenilenebilir enerji payını %20'ye çıkarma ve enerji verimliliğini %20 artırma) gerçekleştirmek hedefleniyordu. Lizbon Antlaşması ile enerji politikasına özgü yasal bir zemine kavuştur ve AB'nin ortak bir enerji politikası bugünkü haline evrilmiştir (Keskin, 2007: 68; Kanellakis, 2013: 1020-1021).

ABD'nin enerji politikaları tarihi 1945'ten 21.yüzyılın ilk on yılına kadar farklı dönemlere ayrılmıştır. İkinci dünya savaşı sonrası ABD'de yaşanan bolluk ve güçlü ekonomik büyüme dönemi kömüre olan bağımlılıktan sıvı ve gaz yakıtlarına tamamen geçişe neden olmuştur. 1970'lerde yaşanan global petrol krizi ülkede enerji kıtlığı meydana gelmiş ve ABD yönetimine radikal bir dönüşüm yaşatarak enerji mevzuatı çalışmalarına yönlendirmiştir. 1980 Reagan döneminde yapılan düzenlemeyle, güvenilir ucuz enerji arzını sağlamak ve alternatif kaynaklara arayışı üzerine araştırmalar yapılmıştır. 1990'lı yıllarda elektrik sektörü yeniden yapılandı; fakat

ABD'nin batısında yaşanan beklenmeyen mevsimsel olaylardan ötürü Kaliforniya enerji kriziyle sarsılmıştır. 2000'lerin başından meydana gelen 11 Eylül saldırıları, Bush yönetiminin enerjiyi ulusal egemenlik meselesi olarak ele almasına sebep olmuştur. 2005 ve 2007 yıllarında kabul edilen yasayla, hidrojen ekonomisi, biyoyakıtlar, jeotermal enerji, konut tipi güneş enerjisi ve hibrit araç alıcıları için vergi kredileri öne çıkmıştır. Obama döneminde ise; iklim değişikliği ana temasıyla yenilenebilir enerji ve elektrikli araçlara yönelik yatırımlar artırılmıştır. Günümüzde ise; enerji güvenliği, temiz enerjiye geçiş ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi temel hedefler ekseninde politikalar izlenmektedir (Geri ve McNabb, 2011: 42-52).

Çin'in enerji politikası dört farklı aşamada tanımlanmaktadır. 1949-1978 döneminde enerji politikası, kırsal bölgelerde enerji arzını ihmal edildiği ağırlıklı olarak ağır sanayi öncelikli ekonomik kalkınmaya odaklanan merkezi bir planlama anlayışına sahipti. Bu dönemde gerçekleşen Büyük İleri Atılım Hareketiyle kırsal enerji sıkıntısı biyogaz ve güneş enerji gibi alternatif enerji kaynaklarıyla giderilmeye çalışılsa da ülkenin enerji altyapısına büyük zarar vermiştir. 1979-1996 arası dönemde, hükümet dengeli bir enerji politikasının sağlanması, enerji kullanıma eşit önem verilmesi ve maliyet etkinliğine odaklanılması gibi konulara önem vermiştir. Bu sayede; Çin'de enerji verimliliği artırmış ve enerji talebini azaltmak için enerji yoğunluğunu azaltmıştır. 1997'den 2006'ya kadar ki süreçte; kırsal enerji politikalarıyla ilgili tedbirler ve planlar oluşturulmuştur. Yapılan düzenlemelerle, kırsal alanda elektrik arzını arttırmak yenilenebilir enerjiye önem verilmiş ve enerji yapısı optimize edilmiştir. 2007-2018 yılları arasında ise; Çin dünyanın en büyük enerji tüketicisi olup bununla birlikte en büyük sera gazı yayıcısı olmuştur. Bu amaçla; enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonu azaltma gibi politikalar izlemiştir. Bu doğrultuda, 2008 yılında Ekonomi Teşviki yasası çıkarıldı ve bu yasaya göre; yenilenebilir enerjiye geçiş hızlandırılmış oldu (Wu, 2020: 3-7).

Enerji politikalarına ilişkin düzenlemeler sadece büyük ölçekli ekonomilerle sınırlandırmamakla birlikte; IEA (2024: 80) raporu, farklı ülkelerin de 2024 yılı için hazırlamış olduğu enerji politikalarını içermektedir. Örneğin; Güney Afrika, kamuoyuna açık olan bir Gaz Master Planını yayımlamıştır. Endonezya'nın kapsamlı yatırım ve politika planı olarak hazırlamış olduğu Adil Enerji Geçiş Ortaklığı tamamlanmıştır. Kanada, Yeşil Binalar Stratejisini uygulamaya koymak için maliye

bütçesinde 1 milyar Kanada doları tutarında finansal destek sağlamıştır. Kore, yenilenebilir enerjide dikkate değer gelişmeler barındıran 11. Temel Elektrik Arz ve Talep Planını onaylamıştır.

Küresel güçlerin enerji politikaları kapsamında enerji arz güvenliği, karbon salınımın azaltılması ve yenilenebilir enerji yatırımlarına verdikleri önem dikkate alındığında, Türkiye'nin enerji politikaları da bu yaklaşımla paralellik gösteren ve yer yer ayrışan yönleriyle dikkat çekmektedir.

1.3. Fosil Enerji Kaynakları

Fosil enerji kaynakları; petrol, doğalgaz ve kömür olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Balat, 2007: 32; Zou vd. 2016: 3). Fosil kaynakların oluşumu, canlı organizmaların ölümü sonrası fiziksel ve kimyasal süreçlerle toprak altında kalarak hava ile temaslarının kesilmesi, jeolojik süreçler sonucunda fosilleşmelerine ve kömür, petrol gibi çeşitli yapılara dönüşmesiyle gerçekleşmektedir (İnan vd. 2018: 14).

Öncelikle, fosil enerji kaynakları miktar açısından sınırlı bir kapasiteye sahiptirler. Yüz milyonlarca yıl önce güneş enerjisiyle oluşturulan fosil kaynaklar, tüketildiklerinde yeniden üretilmeleri mümkün değildir. Günümüzde bu yakıtların üretimi halen devam etse de, dünyadaki tüketim hızı düşünüldüğünde genellikle ihmal edilebilir düzeydedir (Keleş, 2011: 1185).

Fosil enerji kaynakları, yüksek enerji potansiyeline sahip olması, taşınmalarının nispeten kolay olması, doğalgazla çalışan enerji santrallerine göre yüksek verimlilikle çalışması ve coğrafi bağımlılık gerektirmeyen enerji kaynağı olma gibi temel üstünlüklere sahiptirler. Buna karşın; sera gazı emisyonu aracılığıyla iklim değişikliğine yol açması, kömür madenciliği yoluyla ekolojik tahribata neden olması ve yüksek maliyete sahip olma gibi olumsuz yönleri de mevcuttur (Matusevich, 2021:1).

Fosil yakıtlar; başta enerji üretimi olmak üzere, ulaşım sektörü, petrokimya ve ısınma olmak üzere geniş kullanım alanına sahiptir. Ancak bu geniş kullanımı çevresel etkileri göz ardı edilemez boyutlara ulaşmış, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine yol açmış, Dünya'daki insan varlığını tehlikeye atmıştır (Fu, 2023: 1). Bu nedenle, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak amacıyla bu kaynakların korunması ve kullanımının azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu hedef doğrultusunda, güneş,

rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilebilir. Bunun yanı sıra, enerji verimliliğinin artırılması, enerji tasarruflu cihazların kullanımı ve enerjiye ilişkin verimli uygulamaların hayata geçirilmesi, fosil yakıt kullanımını azaltmada etkili olabilir. Ayrıca, doğal kaynakların mevcut rezervlerinin korunması, atıklardan kaynak geri kazanımı ve atıkların kullanımındaki verimliliğin artırılması da kaynakların erişilebilirliğini artırmaya yönelik önemli adımlardır (Wang ve Azam, 2024: 5).

1.3.1.Kömür

Kömür, ağırlıklı olarak karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşimden oluşan, diğer kaya tabakaları arasında yer alan ve milyonlarca yıl boyunca süren ısı, basınç ile mikrobiyolojik süreçler etkisiyle oluşan yanabilir sedimanter organik bir kayaçtır (İnan vd., 2018: 19). Bahsi geçen kaya tabakaları arasında oksijen tedariki su tarafından kısıtlanmaktadır. Bu sebeple; organizmaların atıkları, ısıl ve bakteriyel ayrışmaya uğramaktadır. Ardından anaerobik çürüme sonucunda turba oluşur. Bunu takip eden aşamaların farklı zaman ve sıcaklık ölçeğine bağlı olarak farklı kömür türleri (linyit, alt-bitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit) meydana gelmektedir (Aydın ve Karakurt; 2024: 57). Kömür; elektrik üretimi olmak üzere, ulaşım, ısınma, demir-çelik ve çimento sanayi alanlarında çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Tablo 1.1. Dünya Kömür Üretimi (2023)

Ülke	Rezerv (milyar ton)	Değişim	Yüzdelik Pay
Çin	4,71	%3,3	%51,8
Hindistan	1,01	%11,0	%11,1
Endonezya	775	%12,8	%8,5
ABD	527	-%1,8	%5,8
Avustralya	456	%3,6	%5,0
Rusya	433	-%1,2	%4,8
Türkiye	66	-%30,4	%0,7
Dünya	9,1	%3,1	%100

Kaynak: The Energy Instute

The Energy Institute 2024 verilerine göre, dünya genelinde 2023 yılında toplam kömür üretimi 9,1 milyar ton miktarında gerçekleşerek tüm zamanların üretim rekoru

kırılmıştır. Bu rapora göre; Çin %3,3'lik üretim artışıyla dünya kömür üretiminin %51,8'ini gerçekleştirerek ilk sıradaki yerini korumaktadır. Hindistan ve Endonezya' da ise %11 ve %12,8 oranlarda dikkate değer üretim artışı gerçekleşmiş, bu durum söz konusu ülkelerde artan enerji talebini ortaya koymaktadır. Avustralya'da %3,6'lık artışla yükselişine devam etmektedir. Bunların aksine, ABD ve Rusya'da kömür üretiminde düşüş gözlemlenmiş olup; söz konusu durum kömürün enerji üretimindeki payının azaldığını yansıtmaktadır. Tabloya göre; en belirgin düşüş %30,4 ile Türkiye'de meydana gelmiş, bu durum kömür konusunda ülkede politik veya yapısal bir değişimin olduğunu gösterebilir.

Tablo 1.2. Dünya Kömür Rezervleri (2023)

Ülke	Rezerv (milyar ton)
ABD	248,9
Rusya	162,1
Avustralya	150,2
Çin	143,1
Hindistan	110,1
Almanya	35,9
Endonezya	34,9
Türkiye	11,5

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Dünya kömür rezervleri 2023 yılı itibariyle önemli farklılık göstermektedir. Tablo 1' göre; en büyük rezerve sahip olan ülke 248,9 milyar tonla ABD olurken, bu ülkeyi sırasıyla Rusya (162,1 milyar ton) ve Avustralya (150,2 milyar ton) takip etmektedir. Çin, dünya kömür üretiminde lider olmasına rağmen, rezerv konusunda ABD'nin oldukça gerisinde yer almaktadır. Hindistan ise 110,1 milyar ton kömür rezervine sahip olup, hem üretim hem de rezerv konusunda dikkat çekici konuma sahiptir. Türkiye ise, 11,5 milyar tonluk rezerviyle diğer ülkelere kıyasla daha sınırlı kömür potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

Bunlara ek olarak; dünya genelindeki toplam kömür rezervi 1,07 trilyon olarak tespit edilmiştir. Bu rezervin 753,6 milyar tonu (570) antrasit ve bitümlü kömür, 320,5 milyar tonu (%30) ise alt bitümlü kömür ve linyitten oluşmaktadır.

1.3.2. Petrol

Petrol kelimesi, Latince'de petra (taş) ve oleum (yağ) sözcüklerinin birleşimden oluşan petro oleum (yağ taşı) kökenlidir ve Fransızca petrole kelimesi üzerinden dilimize geçmiştir. Petrol, büyük ölçüde hidrojen ve karbon atomlarından oluşan ve az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt içeren kompleks bir karışıma sahiptir. İçerisinde temel bileşenler olarak hidrojen ve karbon bulundurduğu için "Hidrokarbon" olarak da isimlendirilmektedir (İnan vd., 2018: 14).

19.yüzyıl ortalarında, petrolün henüz ticari olarak çıkarılmadığı dönemde enerji ihtiyacı kömür, asfalt ve bitümlü kayaç gibi maddelerin işlenmesiyle küçük ölçekli petrol türevleri karşılanmaktaydı. 1859'da Edwin Drake'in Pensilvanya'da petrol kuyusunu faaliyete geçirmesi bu kısıtlı üretim sorununa kalıcı bir çözüm getirmiştir. Standart petrol varilinin 40 galon (yaklaşık 151 litre) hacim kapasitesine sahip olması ve varil başına 80 dolar gibi düşük bir maliyetle üretilebilmesi, petrolü kömür bazlı yakıtlara kıyasla daha ucuz ve bol bir enerji kaynağı haline getirmiştir. Bu gelişme, enerji sektöründe bir devrim yaratmış ve petrolün hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır (Hamilton, 2011: 2).

İnsanlık tarihi boyunca varlığını sürdüren petrol, çeşitli amaçlarla kullanılan bir kaynaktır. Geçmişte inşaat sektöründe harç ve kaplama malzemesi, gemi sektöründe kalafat, savunma sanayinde ateş ve tıp alanında ise çeşitli uygulardа kullanılmak üzere farklı şekillerde kullanılmıştır. Ardından yapılan geliştirmelerle aydınlanma ve ısınma alanında kullanılarak evlere ve günlük yaşama yayılım gösteren madde olmuştur. Birçok sektörde kullanılan petrol ürünün değeri sanayi devrimi ile daha da artmıştır (Emeklier ve Ergül, 2010: 61). Sanayi devrimi sonrası, küresel üretim süreçlerinde endüstriyel bir yapılaşmanın gerçekleşmesiyle birlikte, üretim faaliyetlerinde enerji kaynaklarına daha fazla ihtiyaç duyulmuştur. Modern çağda üretim faktörlerinin başında gelen petrol kaynağının dünya üzerindeki dağılımı eşit değildir. Bu dengesizlik, kaynağın coğrafi ve ekonomik olarak homojen olmayan bir şekilde yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple bazı ülkeler kaynak varlığı açısından avantajlı konumda iken, bazı ülkeler ise bağımlı ülke konumundadır (Elmas, 2019: 30).

Ham petrol fiyatlarının ülke ekonomileri üzerinde etkileri; maliyet-enflasyon ilişkisi, ödemeler dengesi ve döviz kuru dinamikleri ile büyüme ve tüketim olmak

üzere üç kanal aracılığıyla gerçekleşir. Petrol fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalar, bilhassa düşme yönelimleri, ihracat gelirlerine bağımlı ülkeleri direkt olarak etkilemiştir. Bu nedenle, 1960 yılında Venezuela, İran, Irak, Suudi Arabistan ve Kuveyt olmak üzere petrol ihraç eden ülkeler, fiyat istikrarını sağlamak amacıyla Bağdat'ta toplanmış ve OPEC olarak bilenen Petrol İhraç Eden Ülkeler teşkilatını kurmuşlardır (Balayev, 2020: 3888-3889).

OPEC'in 2024 yılında yayınlamış olduğu rapora göre; dünya petrol talebi, bir önceki yıla göre günde 1,5 milyon varil artarak ortalama 103.7 mb/g seviyesine ulaşmış ve pandemi öncesi seviyelerini aşmıştır. OECD ülkelerinde yıllık bazda 150 bin varillik artış yaşanmakla birlikte, talep pandemi öncesi seviyenin altında kalmıştır. OECD dışı ülkelerde ise; yıllık bazda yaklaşık 1,4 milyon varil/gün büyüme kaydederek ortalama 57,9 milyon varil/gün seviyesine ulaştı ve üst üste üçüncü kez pandemi öncesi seviyelerin üzerine çıktı (OPEC, 2024: 12-13). OECD dışı ülkelerde meydana gelen sürekli talep artışı, küresel büyümenin ana itici gücü olarak görülebilir.

Buna ek olarak, 2024 yılında dünya sıvı petrol arzı, bir önceki yıla kıyasla günde 300 bin varil artış göstererek ortalama 102.4 mb/g seviyesine ulaşmıştır. OPEC ham petrol üretimi yıllık bazda 400 bin varil azalarak ortalama 26.7 mb/g seviyesine gerilemiştir. Küresel petrol ve doğal gaz arama-üretim endüstrisi yıllık bazda neredeyse sabit kalmıştır. Ham petrol fiyatlarında yıllık bazda %2,5'lik düşüş yaşanmıştır. OPEC dışı üreticilerin sıvı üretimi bir önceki yıla kıyasla 1.4 mb/g artış göstermiştir (OPEC, 2024: 14). Yatırımların sabit kalmasına rağmen petrol fiyatlarında meydana gelen düşüş, arz-talep dengesizliğini yansıtmaktadır. Ayrıca, OPEC'in üretim kısıtlamalarına rağmen, OPEC dışı üreticilerin artan üretimi küresel arzın büyümesini sağlamıştır.

1.3.3.Doğalgaz

Doğalgaz, büyük ölçüde metan ve eser miktarda azot, etan, karbondioksit kükürt, hidrojen ve helyum gibi kimyasal maddeleri içeren hidrokarbon bir fosil yakıttır. Renksiz, kokusuz, havadan hafif olan yanıcı bir gazdır (İnan vd., 2018: 17). Bileşenleri petrol ile aynı olmasından ötürü, genellikle petrol yataklarının bulunduğu yerde doğal gaza da rastlanmaktadır (Aydın, 2022 :90).

Endüstriyel çağa geçişle, enerji talebinde hızlı bir artış yaşanmış; bu süreçte fosil yakıtlar arasında verimliliği yüksek, çevreye nispeten daha az zararlı ve kullanım kolaylığı sunan doğal gaz, stratejik bir enerji kaynağı olarak ön plana çıkmıştır

Doğalgaz, hem gaz formunda boru hatları aracılığıyla hem de sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) zinciri olarak taşınması ve ticaret konu olması sağlanmaktadır. LNG'nin en önemli avantajı, boru hatlarıyla ulaşılamayan bölgelere gaz tedarikini mümkün kılmasıdır. LNG ticaretindeki hızlı büyüme, küresel gaz arz ve talep güvenliğine destek olurken, sıvılaştırma ve gazlaştırma tesislerine yapılan yatırımlar, ülkelerin jeopolitik önemini katkı sunan bir unsur haline gelmektedir (Yardımcı, 2011: 159).

Konutlardan sanayiye geniş bir kullanım alanına sahip olan doğalgaz; ısınma, sıcak su, pişirme gibi günlük ihtiyaçların yanı sıra küçük ve orta ölçekleri işletmelerde üretim faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. Demir-çelik, çimento, tekstil ve kimya gibi ağır sanayi sektörlerinde vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır.

Doğalgaz yanması esnasında atık malzemeler üretmemesi ve yanma sonucu kükürt dioksit ve karbondioksit gibi zararlı gazları atmosfere yaymaması sebebiyle, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Uzun yıllardır petrol ve kömürün yanması, insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açarken, doğalgazın çevreye verdiği zarar nispeten daha sınırlıdır. Özellikle kurulum ve operasyonel süreçlerde çevresel etkisinin düşük olması sayesinde, doğalgazla çalışan elektrik santralleri, ekolojik açıdan avantajlı bir enerji kaynağı olmaktadır. Doğalgazın benzerlerine oranla daha ekonomik olması, depolama maliyetinin olmaması, işletme ve bakım giderlerinin düşük olması, taşıma sorununun olmaması gibi avantajlara da sahiptir. Doğalgazın bahse konu olan bu avantajı sayesinde enerji kaynakları içindeki payı istikrarlı bir şekilde artış göstermekte ve küresel ekonomide önemli ticaret hareketlerine konu olmaktadır (Bayraç, 2018: 15-16).

Türkiye'de doğalgaz, ilk olarak 1970 yılında Kırklareli'nde keşfedilmiştir. Ardından 1974 yılında Türkiye doğalgaz piyasasında halen önemli roller üstlenen Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ), Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından kurulmuştur. Ülkemizde doğalgaz kullanılarak elektrik ürerimi, ilk kez 1985 yılında Hamitabat Doğalgaz Çevrim Santrali'nde yerli imkanlarla gerçekleşmiştir. Doğalgazın ısınma amaçlı konutlarda kullanılmaya

başlamasında; ülkemizin özellikle kömür tüketiminin yoğun olduğu illerinde yaşanan hava kirliliğinden söz etmek mümkündür. Özellikle 1970'li yıllarda Ankara'da meydana gelen hava kirliliği ciddi boyutta etkilemiş ki, çalışanlar yıllık izinlerini yaz ayları yerine kış aylarından kullanmaya başlamıştır. Bununla birlikte, doğalgaz konut ısıtmasında kullanılmaya başlanılmıştır (Yardımcı, 2011: 160; Engin, 2010: 235).

1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Sanayi devriminden günümüze fosil enerji kaynakları, başlıca enerji kaynağı olma işlevini sürdürmüş ve kullanım miktarı 10.000 milyon ton petrol karşılığına ulaşmıştır. 2010 yılı itibariyle dünya genelindeki birincil enerji arzının yaklaşık %80'i fosil enerji kaynaklarından karşılanmakta olup, bu oranın 2040 yılında %78 seviyesinde olması beklenmektedir. Bu denli yaygın kullanım ise, fosil yakıtların çevresel etkiler açısından büyük endişelere neden olmaktadır. Bilhassa yanma sürecinde meydana gelen sera gazı salınımları, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), toplam sera gazı emisyonlarının %65'inin, fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan CO_2 salınımlarından oluştuğunu belirtmektedir (Halkos, vd., 2020: 1). Bu bağlamda, fosil yakıtların çevresel zararlarını azaltmak ve sürdürülebilir enerji yapısına geçişi sağlamak amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kaçınılmaz bir gereklilik halini almıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları; sürekli olarak yenilenebilen, periyodik olarak enerji üretebilen ve tükenmeyen tüm enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir. YEK kapsamına güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji, jeotermal enerji, hidroelektrik ve okyanus enerjisi girmektedir (Halkos, vd. 2020: 2). Bu kaynaklar, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda, insan ve diğer canlıların hayatını tehlikeye atmadan ve çevreye zarar vermeden enerji üretimine imkân sağlamaktadır (Tıraş ve Ağır, 2022: 269). Yenilenebilir enerji kaynakları tanımı çerçevesinde dikkate alındığında, bu kaynakların fosil yakıtlardan temel farkı, kendini doğal olarak yenileyebilmesi, tükenebilir olmamaları ve çevreye zarar vermemesiyle iklim değişikliğine karşı etkili bir çözüm sunmasıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik açısından taşıdığı kritik önem, sadece bilimsel paradigmada değil, aynı zamanda

küresel politika belgelerinde de açık bir şekilde ifade edilmiştir. Bu doğrultuda, 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen ve 17 adet hedeften oluşan Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), 2030 yılına kadar dünya genelinde çevrenin korunması, eşitsizliğin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin azaltılması için seferberlik ilan etmişlerdir. Bu hedefler içerisinde yer alan SKA 7: "Erişilebilir ve Temiz Enerji" ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırarak ve ekonomik kalkınmalarını desteklemek amacıyla enerji kaynaklarını bireylere ve paydaşlara güvenilir ve sürdürülebilir bir şekilde erişme imkânı sağlamaktır (Büyüközkan vd., 2018: 290; Alam vd., 2024: 1). Bu doğrultuda, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması gerekmekle birlikte, politika yapıcılarına, özel sektöre ve uluslararası kuruluşlara önemli sorumluluk düşmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması, çevresel sürdürülebilirliğe fayda sağlamakla birlikte, ekonomik kalkınma ve toplumsal refaha da katkılar sunmaktadır. Ekonomik açıdan; yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar neticesinde ülkelerin diğer ülkelere olan enerji bağımlılığı azaltmakla ve enerji güvenliği güçlenmektedir (Zhong vd., 2020: 118818). Toplumsal açıdan ise; özellikle enerjiye erişimde sınırlı olan kırsal bölgelerde yenilenebilir enerji yaşam kalitesini yükseltmektedir. Buna ek olarak, istihdamı artırarak kadınların da işgücüne katılımına da katkı sağlamaktadır. 2022'de küresel yenilenebilir enerji istihdam sayısı bir önceki 1 milyon artış sağlayarak 13,7 milyona ulaşmıştır. Ayrıca; küresel yenilenebilir enerji işgücünün üçte birini kadınlar oluşturmakla birlikte, işgücüne katılımları ülkelere ve sektörlere göre büyük farklılıklar göstermektedir (IRENA, 2025). Bu açılardan düşünüldüğünde; yenilenebilir enerji kaynakları ülkeler için gereklilik haline gelmektedir.

Yukarıda ifade edilen çevresel, ekonomik ve toplumsal avantajlarına karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel boyutta yaygınlaşmamasının önünde bazı yapısal ve teknik engeller bulunmaktadır. Öncelikle, yüksek başlangıç maliyetleri, özellikle bu kaynakların ilk kurulumu ve işletilmesini finansal açıdan zorlayıcı hale getirmektedir. Uzun vade de işletme maliyetleri düşük olsa da geri ödeme süresinin uzun olmasından dolayı, yatırımcılar ve politikacılar açısından risk unsuru taşımaktadır. İkinci olarak, enerji üretimlerinin özü gereği değişken olması enerji arz güvenliği açısından teknik problemler oluşturmaktadır. Dolayısıyla, enerji depolama

sistemlerinin geliştirmesi ve şebeke entegrasyonun güçlendirilmesi de gündeme gelmektedir. Bunların yanı sıra; altyapı yetersizliği, teknik bilgi düzeyindeki eksiklikler ve politika yapıcıların düzenlemeler konusundaki birtakım sorunlar da bahsi geçen yatırımların karşı karşıya kaldığı engeller arasında yer almaktadır. Bahsi geçen tüm bu engellerin giderilmesi için, alternatif finansman modelleri oluşturulmalı, yasal düzenleme reformlarının ve enerji teknoloji yayım kanallarının geliştirilmesi gerekmektedir.

1.4.1.Hidroelektrik Enerji

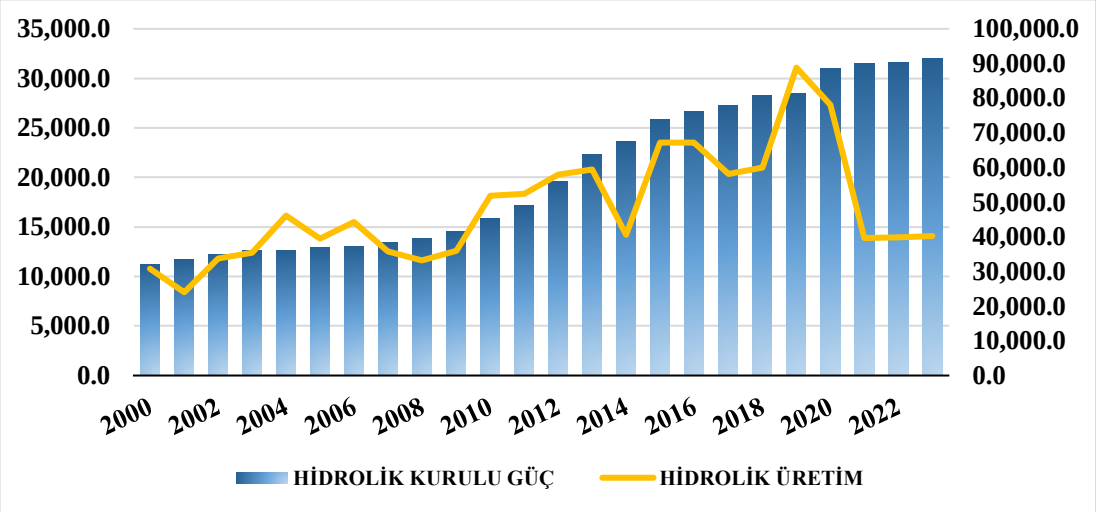
Hidroelektrik enerji, hareket eden suyun (akarsu, nehir vb.) kinetik enerjisinin türbinler vasıtasıyla elektriğe dönüştürülmesiyle elde edilir. Hidroelektrik enerjide suyun hareketi veya akışı, güneş enerjisinin tetiklemiş olduğu buharlaşma, yağış, akış ve yerçekimi sayesinde sağlanır. Yüksek rakımlardan akan su, enerji üretiminde kullanılır. En yaygın hidroelektrik biçimi barajlardır; fakat dalga ve gelgit enerjisi gibi daha yeni hidroelektrik teknolojileri de geliştirilmektedir (Ellabban vd., 2014: 751).

Dünya'da hidroelektrik enerjisinin ilk kullanımı, 1879 yılında İngiltere'de William Armstrong tarafından Cragside Malikânesi'ndeki ark lambasını aydınlatmak amacıyla gerçekleşmiştir (Allerhand, 2020: 77). Endüstriyel anlamdaki dönüm noktası ise; 1882 yılında, ABD'nin Wisconsin eyaletindeki Appleton şehrinde faaliyet geçen ve 12.5 kW (kilovat) kapasiteyle 250 lambanın enerji ihtiyacını karşılayan ilk hidroelektrik santral ile yaşanmıştır. Dünyadaki pek çok ülke de buna benzer atılımlar gerçekleştirmiştir. Örneğin; Norveç'teki ilk hidroelektrik santral 1885 yılında Skien kasabasında faaliyete geçmiştir. 1890 yılına gelindiğinde ise Hammerfest şehrinde, yerel yönetim tarafından işletilen bir hidroelektrik sistem sokakların aydınlatmasını sağlamaya başlamıştır (Killingtveit, 2014: 453). Türkiye'de ilk hidroelektrik üretim ise; 1902 yılında Tarsus'ta küçük ölçekli olarak kurulan hidroelektrik santral ile devreye alınmıştır. 1913 yılında İstanbul'da büyük ölçekli santral faaliyete geçmiştir. Bunlara ek olarak; Türkiye'de hidroelektrik enerjiye detaylı ilk elektrik şebekesi, 1933 yılında Ödemiş'te kurularak aydınlatma ve enerji dağıtım hizmeti vermeye başlamıştır (Gökdemir vd., 2012: 20).

Hidroelektrik enerji, diğer yenilenebilir enerji türlerine göre daha az sera gazı emisyonu salınımı yapmasından ötürü güvenilir ve temiz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Worku vd., 2024: 4). Bununla birlikte, ulaşımı zor olan kırsal bölgelerin

hem enerji ihtiyacını karşılar hem de bu bölgelerin yakıt bulma ve taşıma sorunlarına çözüm sunar (Gökdemir vd., 2012: 21). Ayrıca; bölgede yaşayan insanlara istihdam yaratması, tarımsal alanlar için gerekli su ihtiyacını karşılaması, sel baskınlarının engellemesi ve erozyonu önlemesi avantajlar da sağlamaktadır. Buna karşın; baraj sularının yükselmesi nedeniyle akarsu kenarlarındaki yerleşimlerin tahliye edilmesi, yapımı aşamasında ulaşım için ağaç kesimi sebebiyle ekosistemde geri dönüşü zor karşılanacak hasarlar oluşturabilmektedir (Dinçer vd., 2017: 556). Bahse konu olan avantajlar ve dezavantajlar ışığında, hidroelektrik enerjinin küresel çapta ne düzeyde olduğu ve enerji sistemleri içindeki payı dikkatle değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur.

Hidroelektrik enerji, tüm enerji kaynakları içerisinde küresel ölçekte en fazla paya sahip enerji türü olarak dikkat çekmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre, 2022 yılında hidroelektrik santraller, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en büyük paya sahip olmuş ve küresel elektrik üretiminin %14,9'unu (4.330 TWh) karşılamaktadır. Bir önceki yıla kıyasla üretim sadece %0,8'lik bir artış gerçekleşmiştir. Elektrik üretimine bölgesel bazda bakıldığında ise; Asya en yüksek hidroelektrik üretim gerçekleştiren bölgeler olmuştur. Buna ek olarak; Çin, Brezilya ve Kanada gibi ülkeler de lider ülke olarak dikkat çekmektedirler. 2023 yılı kurulu güç kapasitelerine göre; hidroelektrik 1.265 GW (Cigavat) ile toplam yenilenebilir enerji gücün %32,7'sini oluşturmaktadır. Genel tabloya bakıldığında, hidroelektrik enerji dünya genelinde mevcut ihtiyacını karşılamada önemli bir rol üstlenmektedir (IRENA, 2024).



Şekil 1.1.Türkiye Hidroelektrik Enerji Kurulu Gücü ve Üretimi

Türkiye, sahip olduğu genç topoğrafya, akarsu ağı ve yüksek hidroelektrik potansiyeli sayesinde önemli bir üretim kapasitesi ve gücüne sahiptir. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) verilerine göre, 2023 yılında hidroelektrik santraller, toplam kurulu gücün %28,82'sini (31.962 MW) karşılamaktadır. Bu değer, bir önceki yıla göre %1,24'lük artışı temsil etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yer tutan hidroelektrik santraller, 2023 yılında elektrik üretiminin %45,66'sını (64.002 GW) karşılamıştır (TEİAŞ, 2024).

1.4.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğindeki hidrojen atomlarının helyuma dönüşümü sırasında meydana gelen füzyon reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan yüksek potansiyelli bir enerji formudur (Koç ve Kaya, 2015: 41). Güneş enerjisi, karbon kirliliğine yol açmayan veya iklim değişikliğine katkıda bulunmayan en temiz enerji kaynaklarından biridir. Güneş, bir saniyede, insanlığın tarih boyunca kullandığı toplam enerjiden daha fazla enerji yaymaktadır (Solangi vd., 2011: 2150). Ayrıca; dünyanın güneşten yıllık olarak aldığı toplam enerji miktarı yaklaşık 1.5 katrilyon (1.5×10^{15}) megavat/saat düzeyindedir. Bu enerji miktarı, insanların dünya yıllık enerji tüketiminin tam 28.000 katına denk gelmektedir (Kılıç, 2015: 29).

Güneş enerji sistemleri, Fotovoltaik (PV) ve Güneş termal sistemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Fotovoltaik sistemler, güneş ışığı yarı iletken malzemeler aracılığıyla doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bu sistemlerin çalışma prensibi, fotovoltaik hücrelerin güneş ışığının etkisinde kalmasıyla ilişkilidir.

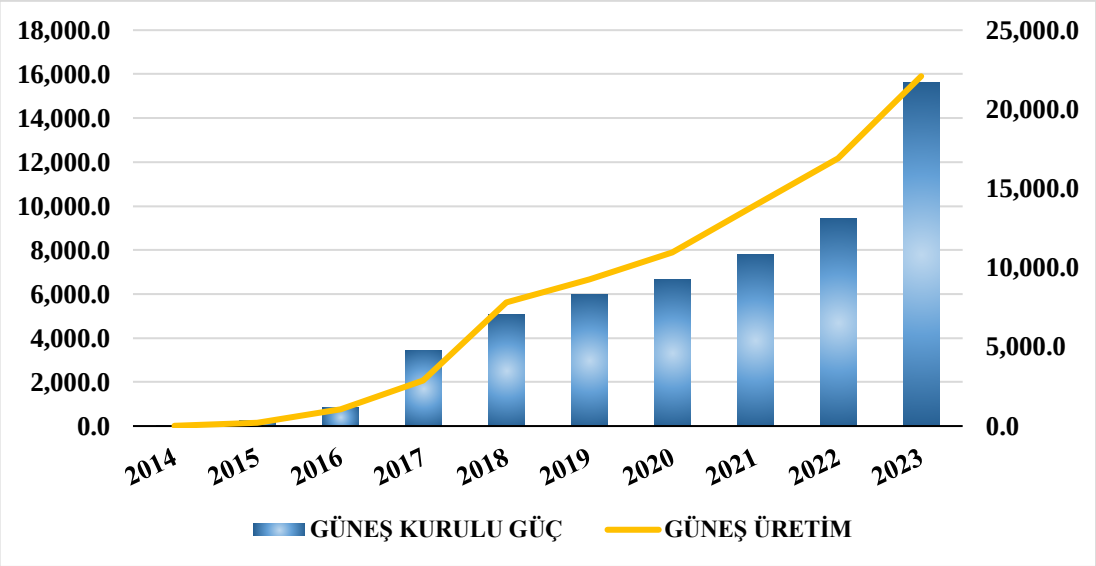
Güneş ışınları foton adı verilen küçük parçacıklar halinde hücre yüzeyine ulaşırlar. Ardından bu fotonlar, hücrenin içeresinde yer alan elektronları serbest bırakarak elektrik akım oluştururlar. Oluşan bu elektrik akımı, fotovoltaik hücrenin anot ve katot uçları arasında hareket eder ve akabinde elektrik enerjisi üretimi gerçekleşir. Güneş termal sistemleri ise; güneş enerjisinin kullanılmasıyla termal enerjiye dönüştüren teknolojilerdir. Bu sistemin çalışma prensibinde ise; güneş enerji kulelerine ihtiyaç vardır. Bu enerji kuleleri tarafından güneş enerjisi toplanır ve akışkanın içindeki borulara iletilir. Güneş enerjisi ile ısıtılan su veya akışkan, enerji depolama sisteminde veya başka bir yerde muhafaza edilir. Isıtılan su veya akışkan, kullanıma hazır hale getirilir (Alahmad vd., 2023: 12-13).

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler sayesinde, güneş enerjisinin kullanım alanları kayda değer biçimde çeşitlenerek; ev veya diğer binaların elektrik ihtiyacının karşılanması, mekanların ısıtılması ve sıcak su elde edilmesi, soğutma ve kurutma işlemleri, su arıtma sistemleri, kentsel (bahçe, sokak, trafik lamba) aydınlatma sistemleri, elektronik cihaz şarj sistemleri, uzay sistemleri, prototip aşamasında olan güneş arabaları ve deneysel aşamada havacılık sistemleri gibi yenilikçi sahalarda da kendine yer edinmiştir (Kılıç, 2015: 37). Bahsi geçen gelişmeler ve değişimler; güneş enerjisi sistemlerinin hem gündelik yaşamda hem de endüstriyel ölçekte dikkate değer biçimde kullanım gücüne sahip olduğunu göstermektedir.

Sürdürülebilir kalkınma bağlamında güneş enerjisi, atmosfere karbondioksit veya diğer gaz emisyonu salmama, bozulmuş arazileri ıslah etme, elektrik şebekelerindeki iletim hatlarını azaltma, su kaynakları kalitesini artırma ve bölgesel/ulusal enerji bağımsızlığını artırma, uzun ömürlü olma, düşük bakım maliyetlerine sahip olma ve tükenmeyen enerji kaynağı olma gibi birtakım avantajlara sahiptir (Solangi vd., 2011: 2151; Alahmad vd., 2023: 14). Bahsi geçen olumlu yönlerine rağmen; yüksek yatırım maliyeti gerektirme, elde edilen enerjinin depolanma sorunu, hava koşullarına bağlı olarak üretim kısıtı, kurulum için geniş alana sahip olma gibi dezavantajlara da sahiptir (Alahmad vd., 2023: 14).

Güneş enerjisi, küresel ölçekte son yıllarda hızlı bir yükseliş gösteren yenilenebilir enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre, 2023 yılında güneş enerjisi, 1.418 GW kurulu güç ile yenilenebilir enerji kapasitesinin %36,7'sini oluşturarak birinci sıraya

yükselmiştir. Ayrıca 2023 yılında devreye alınan 473 GW'lık yeni yenilenebilir enerji kapasitesinin %73'ü (347 GW) güneş enerjisinden sağlanmıştır. Bunlara ek olarak; 2022 yılında güneş enerjisi, dünya elektrik üretiminin %4,5'ini (1.294 TWh) karşılamış olup, yenilenebilir enerji kaynakları içinde üçüncü sırada yer almıştır. Bölgesel olarak bakıldığında ise; güneş enerjisi üretiminde Çin, Hindistan ve Japonya gibi ülkeler ön plan çıkmaktadır (IRENA, 2024).



Şekil 1.2. Türkiye Güneş Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, Türkiye yıllık toplam (2741,07 saat/yıl) ve günlük ortalama 7,5 saat güneşlenme süresi ile güneş enerjisinden yüksek bir şekilde yararlanan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) verilerine göre, 2023 yılı itibariyle güneş enerjisine dayalı toplam kurulu güç bir önceki yıla göre %65,66'lık ciddi bir artışla 15.613 MW seviyesine ulaşmıştır. Ayrıca 2023 yılında güneş enerjisinin, yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki elektrik enerjisi üretimi %15,76'lık payla 22.090 GW miktarında gerçekleşmiştir (TEİAŞ, 2024).

1.4.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, yerkürenin düzensiz sıcaklık değişimleri (ısınması ve soğuması) nedeniyle oluşan kuvvetlerin etkisiyle meydana gelen hava hareketidir (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 2). Rüzgar enerjisi ise; hava kitlesinin sahip olduğu kinetik enerjisinin

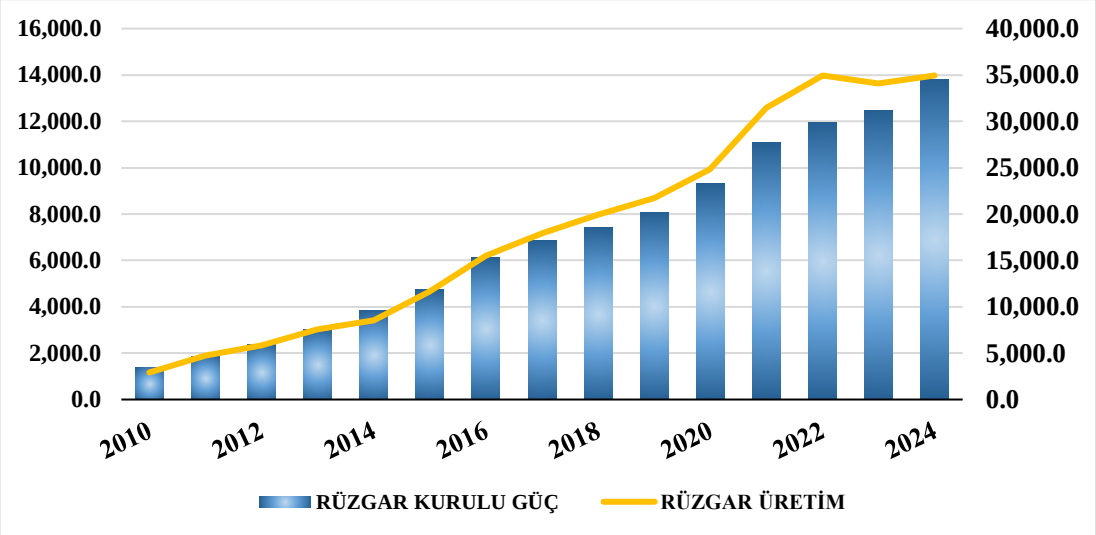
rüzgar türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen enerji kaynağıdır (Özen vd., 2015: 87).

Rüzgar enerjisinin elde edilmesinde faydalanılan rüzgar türbinlerinin tarihçesiyle ilgili pek çok belgeye ulaşılmakla birlikte, en eski rüzgar gücüyle çalışan düzenek olan yel değirmeninin, İskenderiye yakınlarında yaklaşık 3000 yıl önce inşa edildiği varsayılmaktadır. Haçlı Seferleri döneminde yaşanan temaslar yoluyla, Orta Doğu uygarlıklarından Avrupa'ya geçmiştir. 19. yüzyılından son dönemlerinde ve 20. yüzyıl boyunca yel değirmenleriyle kuyudan su çıkarmak ve elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaya başlanmıştır. Buna ek olarak; elektrik enerjisi elde etmek amacıyla ilk rüzgar türbini 1891 yılında Danimarkalı Profesör Paul La Cour tarafından üretilmiştir. 1981 yılından sonra büyük şehirlerde elektrik hizmetinden faydalanılmaya başlanması ve dizel yakıtların nispeten ucuz olması sebebiyle rüzgar enerjisinden yararlanma çabaları arka planda kalmıştır. 1942'de imal edilen, 50 kW nominal güçte ve 17,5 metre kanat çapına sahip Smidth rüzgar türbini ve 1957 yılında üretilen 200 kW nominal güce ve 24 metre kanat çapına sahip Gedser türbiniyle rüzgar enerjisinin kullanımı daha ön plana çıkmıştır (Şenel ve Koç, 2015: 47; Özgener, 2002: 160).

Rüzgar enerjisinin tarihsel gelişimi ve uygulama biçimleri dikkate alındığında, diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi sera gazı veya asit yağmuru oluşturmayan temiz bir enerji kaynağıdır. Buna ek olarak; hammadde maliyeti sıfır olan bu enerji kaynağı ulaşılması zor olan bölgelere elektrik enerjisi sağlamaktadırlar. Buna karşın rüzgar enerjisinin dezavantajlı taraflarının olduğu da bilinmektedir. Özellikle, rüzgarların sürekli ve sabit olmaması enerji üretiminin aralıksız gerçekleşmemesine sebep olmaktadır. Ayrıca, rüzgar türbinlerin gürültülü bir çalışma sistemine sahip olması gürültü kirliliğine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, rüzgar santralleri, birbirlerinin rüzgar akışını kesmemesi için seyrek yerleştirilir; bu da rüzgar santrallerinin daha fazla alan kapsamasına yol açmaktadır. Aynı zamanda, yüksek dönüş hızına sahip pervaneler kuşların ölümüne sebep olabilmektedirler (Hayli, 2001: 9-14).

Rüzgar enerjisi, küresel yenilenebilir enerji dönüşümünde potansiyel bir güç olmaya devam etmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre, dünya genelinde toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü 2023 yılı sonu itibariyle 1.017 GW seviyesine ulaşarak yenilenebilir enerji kapasitesinin %26.3'ünü oluşturmaktadır. Bu kapasitenin; yaklaşık %93'ü (945 GW) kara, %7's, (76 GW) ise

deniz üstü rüzgar santrallerinden oluşmaktadır. Yıllar içinde sürekli büyüme gösteren rüzgar enerjisi kurulu gücü, bir önceki yıla kıyasla yaklaşık 115 GW'lık bir artış kaydetmiştir. Kurulu rüzgar gücü en yüksek olan ülkeler, sırasıyla Çin, ABD ve Brezilya'dır. Rüzgar enerjisinin küresel elektrik üretim payı da artış göstermektedir. 2022 yılı sonu itibariyle rüzgar enerjisi, 2.098 TWh'lik elektrik üretimiyle bir önceki yıla göre %14,02'lik yükseliş göstermiştir. Ülkelere göre incelendiğinde, rüzgar enerjisi üretim miktarı en yüksek olan ülkeler Çin, ABD ve Almanya'dır (IRENA, 2024).



Şekil 1.3. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi

Şekil 1.3'te Türkiye'de 2010-2024 yılları arası rüzgar enerjisi kümülatif kurulu gücü ve rüzgar enerjisi üretimindeki gelişim birlikte gösterilmektedir. Rüzgar enerjisinin küresel çapta yükseliş ivmesi, Türkiye'nin de bu alanda kapasite artırmasına teşvikte bulunmuştur. TÜREB verilerine göre, 2024 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin rüzgar enerjisi toplam kuru gücü 13.792 MW'a ulaşmış olup, yıl boyunca yaklaşık 1.310 MW yeni kapasite eklenmiştir. Ayrıca, toplam yenilenebilir enerji kurulu gücün yaklaşık %11,34'ünü karşılayarak ülkenin arz güvenliğine katkı sağlamaya devam etmiştir. Rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik üretimi ise aynı yıl yaklaşık 36,459 GW olarak gerçekleşmiş ve toplam yenilenebilir elektrik üretiminin yaklaşık %24,34'ünü oluşturmuştur (TÜREB, 2025).

Coğrafi açıdan bakıldığında ise; Ege ve Marmara bölgesi yüksek rüzgar hızı ve yoğunluğuna sahip oldukları için rüzgar enerjisi santrallerinin en fazla tercih edildiği bölgeler arasında yer almaktadır (İlkılıç, 2016: 6).

1.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, güneş enerjisinin fotosentez yoluyla karbondioksit ve su kullanılarak bitkisel organizmalarda kimyasal şeklinde depolanmasıyla oluşan organik maddelerin genel adıdır (Demirbaş, 2001: 1360). Bir başka deyişle, biyokütle; tarımsal ürünler ve karasal bitki örtüsü, ağaçlar gibi birincil biyolojik kaynakları ile belediye katı atıkları, arıtma çamurları (kanalizasyon) ve diğer atıklar gibi ikincil atık türlerini kapsayan organik materyalleri ifade eder (Balat ve Ayar, 2006: 931). Bu bilgiler doğrultusunda biyokütle enerjisi; yeryüzündeki organik maddelerin fiziksel, kimyasal veya biyolojik dönüşüm süreçleriyle enerjiye dönüştürülmesini ifade eden yenilenebilir enerji kaynağıdır.

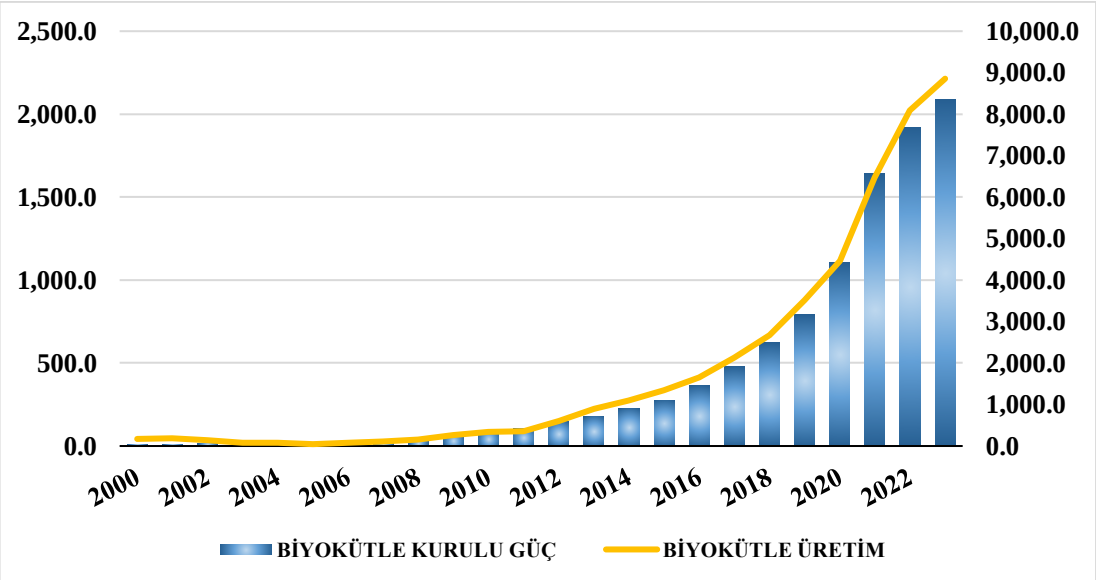
Biyokütle enerjisi, klasik ve modern olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenebilir. Bunlardan ilki, geleneksel ormanlardan elde edilen yakacak odun ile tezek gibi bitkisel ve hayvansal atıkların yakıt olarak kullanılmasını kapsamaktadır. Modern biyokütle enerjisi ise; kentsel atıklar, tarımsal bitki atıkları, orman ve ağaç endüstri atıklarını içermektedir (Karayılmazlar vd., 2011: 64). İnsanlığın en eski enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisi; elektrik üretimi, konutların ısıtılması, araç yakıtı temini (biyoyakıtlar) ve endüstriyel tesislerde proses ısısı sağlanması gibi çeşitli enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır (Demirbaş, 2001: 1360).

Küresel çapta artan nüfus, şehirleşme ve sanayi faaliyetleri neticesinde, giderek yükselen enerji talebi, biyokütle enerji sayesinde çevreye zarar vermeden ve sürdürülebilirlik ilkelerine uygun şekilde gerçekleşmektedir. Biyokütle enerjisi üretiminde, güneş ve rüzgar enerjisindeki mevsim koşullarına göre değişen üretim miktarındaki dalgalı hareket yaşanmamaktadır. Ayrıca; ülkenin kendi coğrafi koşullarında üretilebilmesi sayesinde, kırsal kesimlerdeki ekonomik büyümeye büyük katkı sunan bir enerji kaynağıdır (Bayraç ve Özarslan, 2018: 3).

Biyokütle enerjisinin doğrudan yakıt olarak yakılması durumunda, ortaya çıkan sera gazı emisyonları, mevcut bitki örtüsünün karbonu absorbe etme kapasitesinden fazla olabilir. Bu durum, sera gazı artışına yol açarak çevreye zarar verebilir. Aynı zamanda yakıt olarak kullanılması, yenilenme kapasitesini baskıladığı için

biyokütlenin verimliliğini tartışmalı hâle getirmektedir. Ayrıca biyokütle ürünlerinin elde edilmesi, geniş tarım alanlarına duyulan ihtiyacı artırarak daha fazla toprak kullanım baskısına yol açmaktadır. Biyokütle işleme tesislerinin kurulumu ve bakımı için gerekli altyapı yatırımı oldukça maliyetlidir. Bu durum, dijital dönüşümün önündeki önemli engellerden birini oluşturmaktadır. Biyokütle yakıt üretiminde, yoğun işgücü gereksinimi ve kaynağın çıkış noktasına yakın alanlarda üretim yapılması zorunluluğu sebebiyle ortaya çıkan yüksek taşıma maliyetleri, süreci ekonomik açıdan dezavantajlı hale getirmektedir (Rahman vd., 2013: 385; Sazelee ve Ismail, 2021: 9124).

Biyokütle enerjisi, dünya genelinde birçok ülkede sürdürülebilir enerji dönüşümünün kritik bir unsuru olarak görülmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre, dünya genelinde toplam biyokütle enerjisi kapasitesi 2023 yılı sonu itibariyle 149 GW seviyesine ulaşarak yenilenebilir enerji kurulu gücünün %3,9'unu oluşturmaktadır. Yıllara göre düzenli bir şekilde artış gösteren biyokütle enerjisi, önceki yıla göre %1,54'lük yükseliş kaydetmiştir. Biyokütle kapasitesi en yüksek ülkeler ise; Çin, ABD ve Brezilya şeklinde sıralanmaktadır. Biyokütle enerjisinin küresel elektrik üretimindeki rolü incelendiğinde; 2022 yılı sonu itibariyle 619 TWh'lik elektrik üretimiyle küresel elektriğin %2,1'ine karşılık geldiği görülmektedir. Bu üretimin büyük bir kısmı, kurulu güç kapasitesinde olduğu gibi, Çin, ABD ve Brezilya tarafından karşılamıştır (IRENA, 2024).



Şekil 1.4.Türkiye Biyokütle Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi

Güneşlenme süresi, tarım arazisi potansiyeli, su kaynakları ve iklim koşulları gibi avantajlarıyla biyokütle üretimine uygun olan Türkiye'nin (Bayraç ve Özarslan, 2018: 4) enerji üretimi de yıllara göre artış göstermektedir. TEİAŞ'ın verilerine göre, 2023 yılı sonu itibariyle biyokütle enerjisi üretimi 8.855 GW olarak hesaplanmış olup bir önceki yıla göre yaklaşık %25,10'luk bir yükseliş yaşanmıştır. Türkiye'nin kurulu gücü incelediğinde ise; 2023 yılı sonu itibariyle 2.446 MW'lık kapasiteyle birincil enerji kaynakları kapasitesinin %2.21'ini karşıladığı görülmektedir (TEİAŞ, 2024).

Ayrıca T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyelini ortaya koymak amacıyla hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) raporuna göre, değerlendirilebilir atık ve artıkların enerjiye çevrilebilecek tahmini kapasitesi yaklaşık 3.9 MTEP/yıl olarak hesaplanmıştır (TEİAŞ, 2024). Bu veriler neticesinde, biyokütle sadece yalnızca yenilenebilir enerji kaynağı olmakla kalmayıp, atık yönetimine katkı veren ve iklim değişikliğine çözüm sunan stratejik öneme sahip bir enerji formudur.

1.4.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynak; yerkabuğunun ve yerin iç katmanlarının sahip olduğu sıcaklık olup; kimyasal içerikli sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerjisi ise; yerkürenin derin katmanlarındaki kayaçlar içinde birikmiş akışkanlar aracılığıyla taşınarak rezervuarlada depolanan sıcak su, buhar ve kuru baharın yanı sıra, kızgın kuru kayalardan doğal olmayan yöntemlerle sağlanan termal enerjidir (Kılıç ve Kılıç, 2013: 47). Tanımdan anlaşılacağı üzere; yer kabuğunun derinliklerinde yer alan ısı kaynağı, bu ısıyı taşıyan akışkan, ısının depolandığı rezervuar, bu yapıyı örten kapak kaya ve bu sistemi şekillendiren jeolojik yapılar jeotermal enerjinin bileşenlerini oluşturmaktadır.

Jeotermal enerji, yüzeye yakın ve yüzeyin birkaç kilometre derinliğinde depolanan ve düşük (<90 °C), orta (90-150 °C) veya yüksek sıcaklık (>150 °C) şeklinde sınıflandırılabilen yeraltı termal enerjisidir (Shu vd., 2025: 1). Jeotermal enerjiden sıcaklık sınıflandırılmasına bağlı olarak, farklı alanlarda veya sektörlerde faydalanılmaktadır. Örneğin; yüksek sıcaklığa sahip sahalar, elektrik enerjisi üretimi için kullanılırken; orta derece sıcaklığa sahip sahalar ise tarımsal ve konut amaçlı ısıtma sistemlerinde değerlendirilmektedir. Düşük sıcaklığa sahip sahalardan ise,

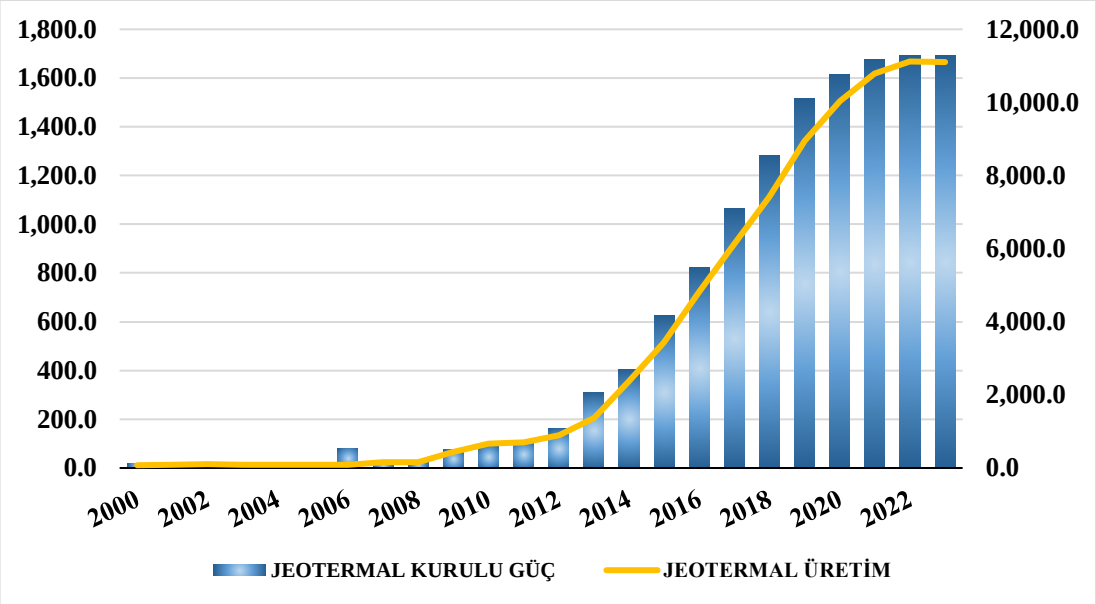
genellikle yüzme havuzu, kaplıcalar ve balık çiftlikleri gibi alanlarda faydalanılmaktadır (Zaim ve Çavşi, 2018: 49).

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi gerçekleştirmeye yönelik ilk girişim 1904 yılında İtalya'nın Toskana bölgesinde yer alan Larderello'da yapılmıştır. Bu girişimin başarıyla sonuçlanmasının ardından 1913 yılında ilk kez ticari elektrik üretimi gerçekleşmiş ve jeotermal enerji üretimi açısından küresel bir öncülük rolüne sahiplik etmiştir. Ardından, 1919 yılında Japonya' nın Beppu şehrinde ve 1921 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Kaliforniya eyaletinde yer alan The Geysers'te ilk jeotermal kuyular açılmıştır (Dickson ve Fanelli, 2013: 3). Türkiye'de ise jeotermal enerji arama çalışmaları MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1962 yılında başlamış olup, ilk jeotermal elektrik santral ise Denizli'nin Kızıldere köyünde (15 MW) kurulmuştur (Şimşek, 2013: 4-5).

Jeotermal enerji, güneş ve rüzgâr enerjisinin aksine günlük veya mevsimsel değişkenliklerden etkilenmeyen, sürekli ve sürdürülebilir enerji üretebilen kaynaktır (Zolfagharroshan vd., 2024: 2). Bu enerji kaynağının en büyük avantajlarından biri de sürekli erişilebilir olmasıdır. Yeryüzünde meydana gelen sürekli ısı akışı nedeniyle, jeotermal enerji kaynağı neredeyse sınırsız ve tükenmez bir potansiyele sahiptir (Nkinyam vd., 2025: 1).

Küresel ölçekte toplam jeotermal enerji rezervlerinin, 15×10^{25} J (jul) düzeyinde olduğu bilinmekle birlikte, söz konusu enerji miktarının yaklaşık 5.000 trilyon ton kömürün sağlayacağı enerji değerine denk gelmektedir (Shu vd., 2025: 1). Bu açıdan bakıldığında, jeotermal enerjinin potansiyeli göz ardı edilmemelidir. Ancak bu yüksek potansiyele rağmen, küresel ölçekte jeotermal enerji kaynağından faydalanma düzeyi henüz sınırlı kalmaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı IRENA verilerine göre, 2023 yılı sonu itibariyle jeotermal enerjinin toplam kapasitesi dünya genelinde yaklaşık 16 GW olarak hesaplanmıştır. Yenilenebilir enerji kapasitesi payının yaklaşık %1'den az olduğu tespit edilen jeotermal enerjide öne çıkan ülkeler ise; ABD, Endonezya ve Filipinler'dir. Dünya genelinde sınırlı düzeyde kullanılan jeotermal enerji, 2022 yılı sonu itibariyle yaklaşık 97 TWh elektrik üretimi üretilmiştir. Bu değer, yenilebilir enerji kaynakları içinde %1.15'lik payı temsil etmekte olup, en düşük katkı veren enerji kaynaklarından biri konumundadır (IRENA, 2024). Bu durum,

jeotermal enerjinin, yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla yavaş büyüme eğiliminde olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.5.Türkiye Jeotermal Enerji Kurulu Gücü ve Üretimi

Jeotermal enerjinin küresel ölçekte sınırlı bir paya sahip olsa da; Türkiye bu alanda öne çıkan ülkelerden biri olarak göze çarpmaktadır. 2023 yılı sonu itibariyle, kurulu güç kapasitende 1.7 GW ile dünyada 4. sırada yer almaktadır (IRENA, 2024). TEİAŞ verilerine göre, 2023 sonu itibariyle Türkiye yıllık üretiminin yaklaşık %3'ünü karşılayan jeotermal enerji ile 11.102 GW elektrik üretilmiştir (TEİAŞ, 2024). Ülkede, Aydın-Germencik, Denizli-Kızıldere, Manisa-Alaşehir önemli jeotermal sahaları olarak dikkat çekmektedir. 2030 yılına kadar 4 GW kapasitesine ulaşma hedefi dikkate alındığında, Türkiye'nin küresel anlamda önemli bir güce sahip olacağı düşünülmektedir.

1.4.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, yeryüzünde oldukça bol miktarda bulunan ancak doğada serbest halde bulunmayan genellikle su ve diğer organik bileşiklerin içinde bağlı formda yer alan enerji taşıyıcısıdır. Bu nedenle, hidrojenin bu bileşiklerden ayrıştırılması için ek enerjiye ihtiyaç vardır. Bu sebepten ötürü hidrojen, birincil bir enerji kaynağı olarak değil, bir ikincil enerji taşıyıcısı olarak kabul edilmektedir (Öztürk ve Yüksel, 2016: 1268).

Hidrojenin üretiminde kullanılan ana enerji kaynağına göre; gri, mavi, turkuaz ve yeşil hidrojen gibi renk kodlarına ayrılmaktadır.

Tablo 1.3. Hidrojen Üretim Renk Kodları

	Gri	**Mavi**	**Turkuaz**	**Yeşil**
Birincil Hammade	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Su
Üretim Teknolojisi	Buhar Metan Reformlama	Karbon Yakalama	Piroliz	Su Elektrolizi
Teknoloji Hazırlık Seviyesi	Ticari Ölçekte Faaliyette	Onaylanmış Endüstriyel Ölçekte	Araştırma-Geliştirme Aşamasında	Ticari Ölçekte Faaliyette
CO_2 Emisyonu	Yüksek Düzey	Düşük Düzey	Karbonsuz	Karbonsuz

Kaynak: Hermesmann ve Müller, 2022: 14.

Gri hidrojen üretiminde kullanılan buharlı metan reformasyonu işlemi esnasında doğalgazdan hidrojen elde edilir ve yüksek miktarda CO_2 açığa çıkmaktadır. Doğalgaz üretiminde ortaya çıkan karbondioksitin büyük oranda yakalanmasıyla birlikte düşük karbon emisyonlu mavi hidrojen elde edilmektedir. Turkuaz hidrojen ise; metan prolizi teknolojisiyle üretilmekte olup şu an araştırma-geliştirme süreci devam etmektedir. Son olarak yeşil hidrojen, suyun elektrolizi yoluyla yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elde edilmektedir (Hermesmann ve Müller, 2022: 14).

Hidrojen enerjisi karakteristik özellerine bağlı olarak birtakım avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Hidrojenin başlıca avantajları aşağıda sıralanmıştır (Rosen ve Koohi-Fayegh; 2016: 14):

- Hidrojen enerjisi, hem hidrokarbon kaynaklardan (doğal gaz, petrol, su gibi fosil yakıtlar) hem de hidrokarbon dışı kaynaklardan (güneş, rüzgar, biyokütle, nükleer) üretilebilmektedir. Bu hidrojenin esnek bir üretim altyapısına sahip olduğunu göstermektedir.
- Hidrojen enerjisi, konut ve ticari faaliyetlerde, metallerin saflaştırılması veya istenmeyen maddelerden arındırılması sürecinde, petrokimya endüstrinde ve taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır.

- Hidrojen, elektriğin aksine çeşitli biçimlerde ve büyük miktarlarda depolanabilmektedir.
- Hidrojen enerjisi, karayolu, demiryolu ve gemi taşımacılığı şeklinde kolayca taşınabilmektedir.
- Hidrojen enerjisi, yakıldığında az miktarda nitrojen oksit açığa çıkardığı için çevresel olarak zararsızdır.
- Hidrojen suya dönüşmesi ve sudan tekrar elektroliz yoluyla hidrojene ayrıştırılabilir. Bu durum, hidrojenin geri dönüştürülebilir bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Hidrojenin yukarıda bahsedilen olumlu yönlerine karşın; bazı istenmeyen olumsuz özellikleri de vardır: Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Rosen ve Koohi-Fayegh; 2016: 14):

- Hidrojen hem kütle hem de hacim bazında yüksek depolama seçeneğine sahip değildir. Bu durum, otomotiv sektöründe sorun olarak karşıya çıkmaktadır.
- Yoğunluğun düşük olması sebebiyle muhafaza kaplarından sızma eğilimindedir.
- Hidrojen karakteristik özelliğinden ötürü, bazı malzemelerde problemlere yol açabilir; nitekim hidrojenin bulunduğu ortamda bazı alaşımlar gevrekleşebilir veya kırılgan hale gelebilir.
- Hidrojen enerjisinin taşınma işlemi diğer fosil yakıtlara göre daha maliyetli olabilmektedir.

Hidrojen enerjisinin özellikleri, olumlu ve olumsuz yönleri dikkate alındığında, bahsi geçen enerji türünün küresel ölçekte ve ülke bazındaki gelişme düzeyi, bu kaynağın yenilenebilir enerji kaynakları içindeki rolünü daha net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Son yıllarda hidrojen enerjisi, karbonsuz enerji geçişte önemli roller üstlenmiş ve ülkelerin enerji politikalarında yer edinmeye başlamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verilerine göre, 2023 yılı sonu itibariyle hidrojen enerjisi üretimi yaklaşık olarak 97 milyon tona ulaşmıştır. Küresel hidrojen arzı, 2022 yılına kıyasla 2023 yılında %2,5 artış gerçeklemiştir. Talep büyük ölçüde endüstriyel merkezlerdeki yerel üretimle karşılanmış olup, uluslararası ticaretin payı oldukça sınırlı kalmıştır.

Üretim miktarı açısından Çin, küresel toplamın yaklaşık %30'u ile başı çekerken, onu %14'er payla ABD ve %9 payla Hindistan izlemektedir (IEA, 2024: 59-60).

Türkiye, hidrojen enerjisinin sürdürülebilir enerji geleceğine katkısı sağlayacağını fark ederek, bu alanı öncelikli bir konu olarak kabul etmiştir. Ekonomik kalkınma doğrultusunda, karbon ayak izi olmayan bir ekonomik model oluşturmayı hedeflemişlerdir. Bu hedefe ulaşmak adına, "Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası" tasarlanmıştır. Hazırlanan yol haritasına göre; yeşil hidrojen maliyetini ilk olarak 2035 yılına kadar 2.4 $/kg$H_2$'nin altına, ardından 2053 yılına kadar da 1.2 $/kg$H_2$énin altına düşürmeyi hedeflemişlerdir. Ayrıca kurulu güç kapasitesini de sırasıyla 2030 yılında 2 GW'a, 2035'te 5 GW'a son olarak 2053 yılında ise 70 GW'a ulaşmasını hedeflemişlerdir (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

1.5. Dünyada Yenilenebilir Enerji Politikaları

Enerji kaynaklarının devlet politikalarını, ulusların geleceklerini ve modern insanın yaşamını etkilemesine neden olan gelişmenin sanayi devrimi olduğu söylenebilir. Sanayi devrimi ile fosil yakıtlar, özellikle de kömür, en çok tüketilen enerji kaynağı olmuştur. Sonrasında kömürün pazar payı petrole geçmiştir. Buna karşın küresel düzeyde bütün devletleri etkisi altına alan petrol krizlerine karşı nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelimlerin arttığı zamanlarda yaşanmıştır. Ancak günümüzde kömür ve petrol gibi enerji kaynaklarının hızla azalarak tükenmesi, nükleer enerji gibi kendini yenileme durumu olmayan kaynakların bilinçsizce kullanılması, bahsi geçen kaynakların çevreye ve atmosfere yaydığı kirlilik, enerji ihtiyacını karşılamada dışa bağımlılığı arttırması gibi nedenlerden ötürü dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik politikalar geliştirilmektedir (Külekçi, 2009: 83). Yenilebilir enerji kaynaklarının dünya genelinde artan enerji ihtiyacına sürdürülebilir bir çözüm olması, karbon salınımını oldukça azaltması, yerli kaynakların kullanımını teşvik etmesi, enerjide dışa bağımlılığı azaltması ve merkezden uzaktaki kırsal alanlara da enerji dağıtımını kolaylaştırmasından dolayı birçok ülke enerji politikalarını oluştururken yenilenebilir enerji kaynaklarına özellikle vurgu yapmaktadır. Aşağıda bahsi geçen ülkeler ve ülke

topluluklarının bazılarının yenilenebilir enerji politikalarının genel hatlarına dair bilgilere yer verilmiştir (Mahmood vd., 2021: 40-41).

Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Politikası

AB, "Avrupa 2020 stratejisi" ile yenilenebilir enerji kullanarak enerji güvenliği ve iklimin korunmasını sağlamak için mevzuat yoluyla birçok yeni hedef belirlemiştir. AB'nin politika yapıcıları, çeşitli politika önerileri aracılığıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan bir ortamın mevcudiyetini sağlamak için aşağıdaki politika önerilerini ortaya koymuşlardır;

- Sera gazı (GHG) emisyonunda 1990 yılına kıyasla en az %20 azalma,
- Enerji verimliliğinde %20 artış,
- Yenilenebilir enerjinin katkısını %20 artırmak,
- Biyoyakıtların ulaşıma katkısının %10 arttırılması.

Avrupa Birliği, 2050 yılına kadar tüm AB ekonomisini karbondan arındırma hedefine ulaşmak için bir süredir iklim ve yenilenebilir enerji politikaları geliştirmektedir. Bu hedefe ulaşmak, birlik genelindeki enerji sisteminin büyük ölçüde karbondan arındırılması ve okyanus enerjisi de dâhil olmak üzere tüm yenilenebilir enerji teknolojilerinin geniş ölçekte yaygınlaştırılması anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Direktifi şu anda 2030 yılına kadar AB'de tüketilen tüm enerjinin en az %32'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından gelmesini sağlamaktadır (https://www.oceanenergy-europe.eu/policy-topics/climate-energy/).

Amerika Birleşik Devletleri'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarına en büyük katkıyı sağlayan devletlerden biri olmasına karşın ABD, esas olarak politika oluşturma ve kapitalist zihniyetteki engeller nedeniyle yenilenebilir enerji sistemlerine ilişkin hâlâ etkili bir politikaya sahip değildir. Şu anda hem yenilenebilir hem de geri kalan diğer enerji kaynaklarına benzer vergi ve enerji dağıtım teşvikleri uygulayan ABD, bu politikasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasının önüne büyük ölçüde set çekme riskini doğurmaktadır.

Çin'in Yenilenebilir Enerji Politikaları

Yenilenebilir enerjiye ilişkin etkili ve yeni politika araçları aracılığıyla Çin, en büyük yenilenebilir enerji kaynağı üreticisi ülkelerinden bir olmuştur. Çin'in çevre ve

iklim değişikliği riskini oldukça dikkate alması, sürdürülebilir kalkınma ve ülkenin daha iyi sosyo-ekonomik bir geleceği sahip olması için çeşitli yenilenebilir enerji politikaları ortaya koymaktadır. Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu (The National Development and Reform Commission of China), özellikle 2012 yılından bugüne daha temiz ve yeşil bir gelecek için karbon emisyonunu en aza indirmek amacıyla pilot karbon üst sınırı ve ticaret planını uygulamaya koymuştur. Bu etkili politikalar sayesinde Çin, yenilenebilir enerji kaynaklarının önde gelen üreticisi ve tüketicisi bir ülke haline gelmiştir.

Hindistan'ın Yenilenebilir Enerji Politikaları

Hindistan'ın enerji ihtiyacının en başat nedeni, ülke içinde elektriğe erişimi olmayan büyük kırsal bir nüfusa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesi, diğer enerji kaynakları üzerindeki yükün büyük bir bölümünü kaldırmak ve enerjinin herkes için erişilebilir olmasını sağlamak amacıyla son derece etkili bir yenilenebilir enerji politikası formüle etmeye çalışmaktadır. Hindistan devletinin son derece odaklanmış yenilenebilir enerji politikaları aracılığıyla Hindistan artık biyoyakıt, rüzgar ve güneş enerjisinin önde gelen kullanıcılarından biri haline gelmiştir. Bu tür politikalardan biri olan Hindistan'ın Entegre Enerji Politikası (India's Integrated Energy Policy); Hindistan'daki enerji taleplerinin karşılanmasına yardımcı olması, güvenli enerji tedariği sağlaması, çevrenin korunmasını ve yenilenebilir enerji tabanlı sistemlerin ülke geneline daha yoğun ve derinlemesine nüfuz etmesi için uygulamaya konulmuştur.

1.6. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları

Türkiye'de enerji konseptine yönelik ilk planlama ve politika geliştirme çabaları 1935 yılında yayınlanan 2819 sayılı kanun ile hayat bulmuştur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 1963 yılında kurulması ve ulusal enerji hedeflerinin belirlenmesi adına yapılan Beş Yıllık Kalkınma Planları ile Türkiye'nin enerji politikasının çerçevesi çizilmeye çalışılmıştır. Buna karşın, özellikle 2005 yılına kadar olan ulusal enerji politikalarında yenilenebilir enerjinin önemine dair yapılan vurgu oldukça dar kapsamda ve sınırlıdır. Örneğin, 1990-1994 yıllarını içeren Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda yenilenebilir enerji kaynakları müstakil bir olgu olarak ele alınmamış ve sadece doğal çevrenin korunması ve çevre sorunlarının çözüme yönelik

olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminden bahsedilmiştir (Özen vd., 2015: 86).

Türkiye'nin enerji politikasında; doğrudan doğruya yenilenebilir enerji, sürdürülebilirlik ve verimlilik kavramlarını referans alan ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları özelinde yayınlanan ilk kanunu olma özelliği taşıyan 5346 sayılı kanun (yapılan değişiklik ile bahsi geçen kanun artık 6094 sayılı kanun olarak adlandırılmaktadır) 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanun kapsamında yenilenebilir enerji kullanımına, bu enerji kaynakları için serbest piyasa mekanizmasının nasıl işleyeceğine ve bu kaynaklardan edinilen enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki kullanım payının artırılmasına yönelik yasal süreç başlamıştır. Dahası, bu kanunla elektrik üretmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin de çeşitli düzenlemeler de yapılmıştır (Hiçdurmaz, 2022: 2228).

2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı kanun; ilki 2007, ikincisi ise 2011 yılında olmak üzere iki kez güncellenmiştir. İlk güncellemede, yenilenebilir enerjiden edinilen elektrik üretimi için ek teşvikler tanımlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin satın alımında taban fiyat uygulaması benimsenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji konseptli şirket kurmak ve lisans almak gibi işlemler hususunda da çeşitli muafiyet prosedürleri belirlenmiştir. İlk revizyonun ardından gelen 8 Ocak 2011 tarihli ikinci revizyonla yenilenebilir enerjinin elektrik üretimini destekleme mekanizması yeniden belirlenmiştir. Bu mekanizmanın geliştirilmesiyle bu kaynaklardan üretilen elektrik maliyetinin ileri teknolojilerden faydalanarak düşürülmesi planlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik böylesi politikalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarından edinilen enerji arzı ve üretimini arttırılmasına yönelik teşviklerde üzerinde durulmaya değerdir. Özellikle 2010 yılında yapılan hukuki düzenlemelerle adeta ivme kazanan bu teşvikler genel anlamda; sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve mali teşviklerden (KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti gibi) oluşmaktadır (Narin ve Gholizadeh, 2018: 281).

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, yatırımcı güvenini artırırken, yenilikçi finansal ürünlerin gelişimine de zemin hazırlamıştır. Özellikle yeşil tahvil ihracı, kitle fonlaması platformlarının enerji projelerine açılması ve kamu-özel ortaklığı modellerinin

yaygınlaşması gibi finansal yenilikler hem finansmana erişimi kolaylaştırmış hem de projelerin bankalardan bağımsız finansman bulma kapasitesini genişletmiştir. Dolayısıyla 5346 sayılı kanunun güncellenmiş versiyonları, yalnızca politika etkinliğini artırmakla kalmamış, aynı zamanda Türkiye'de sürdürülebilir finans ekosisteminin oluşumuna da katkı sağlamıştır.

İKİNCİ BÖLÜM
YENİLİKÇİ FİNANSAL ÜRÜNLER VE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARI

İkinci bölümde, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanına yönelik teorik ve uygulamalı yaklaşımların temellendirilmesi amacıyla, öncelikle geleneksel finansman yöntemine dair temel kavramlar ele alınmıştır. Bu kapsamda, sermaye yapısı ve sermaye bütçelemesi teorileri üzerinden yatırım kararlarının finansal boyutu açıklanmış ve ardından yenilikçi finansal ürünlerin kavramsal çerçevesi sunularak bu ürünlerin işleyişi ve avantajları değerlendirilmiştir. Bölümde ayrıca, yenilikçi finansal ürünlerin yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarındaki rolünü inceleyen güncel akademik çalışmalara da yer verilerek, alternatif finansman modellerinin sürdürülebilir enerji projelerine katkısını değerlendirebilmek için gerekli kuramsal zemin oluşturulmuştur.

2.1. Geleneksel Finansman Kavramı

Finansman, belirli bir sosyal veya bireysel fikri hayata geçirmek, bir iş kurmak ve sonraki aşamalarda yatırımlara devam etmek için gerekli miktarda fona sahip olmak, kısacası faaliyet için gerekli finansal kaynaklara erişim anlamına gelmektedir (Er vd., 2015: 32).

Geleneksel finansman ise bir işletmenin veya projenin finansman ihtiyacını karşılamak için kullanılan klasik yöntemleri ifade etmektedir. Geleneksel finansman, yatırımcıların ve borç verenlerin rasyonel kararlar aldığını ve piyasanın verimli çalıştığını varsaymaktadır. Ancak bu varsayımlar her zaman gerçek dünyadaki durumu yansıtmamaktadır (Kamoune ve Ibenrissoul, 2022: 284-285). Günlük yaşamda ailesi, işi ya da diğer insanlarla ilişkisi olan kişilerin, idealize edilen bu modelin gerçek hayatta geçerli olmadığını rahatlıkla öngörebileceği açıktır (Bloomfield, 2010: 1). Jurevičienė ve Ivanova'nın (2013: 53-54) iddia ettiği gibi, gerçek dünyaya bakıldığında, insanların davranışsal özelliklerinin finansal kararları üzerindeki etkisi, geleneksel iktisadın öne sürdüğü teorilerdeki davranışlardan farklıdır. Bu nedenle geleneksel finans teorileri, finansal boyutu içeren her türlü kararı yeterince açıklamakta ve tahmin etmekte yeterli değildir.

Yenilenebilir enerji projelerinin finansmanında, geleneksel finansman yöntemlerine de başvurulmaktadır; fakat bahsi geçen projelerin nitelikleri itibariyle yüksek başlangıç maliyetine sahip olması, uzun geri ödeme süresi, teknolojik belirsizlik içermesi geleneksel finansman yöntemleriyle finanse edilmesini sınırlı hale getirmektedir. Özellikle finansal piyasalardaki dalgalanmalar, sektörel farklılıklar, yüksek teminat talepleri ve düzenleyici sınırlamalar, başvuru süreçleri, yüksek güvene esaslı olmaları alternatif finansman yöntemlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Bahsi geçen nedenlerle birlikte son yıllarda finans dünyasında ortaya çıkan yenilikçi finansman yaklaşımlarının esnek, şeffaf ve riskleri daha adil biçimde paylaşması işletmeler için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Geleneksel finansmanda başvurulan klasik yöntemler arasında banka kredisi, öz kaynak finansmanı, finansal kiralama, hibe, proje finansmanı ve uluslararası finansman yer almaktadır.

2.1.1. Banka Kredisi

Esasında borçlanmaya dayalı bir finansman yöntemi olan ve genellikle kredi şeklinde fon sağlayan bankalar, kredi verdikleri işletmeler ya da proje sahiplerinin daha sonraki kararlarını etkileme eğiliminde olmadıkları için diğer finansman yöntemlerine göre "pasif" bir yöntem olarak üstün kabul edilmektedir (Tomczak ve Brehm, 2013: 348). Özellikle büyük bankalar girişimcilere ve küçük işletmelere kredi verme hususunda oldukça temkinli yaklaşmaktadır. Bankaların mali yapısı güçlü, finansal açıdan başarılı şirketlere kredi verme, girişimcileri ve küçük işletmelerin kredi başvurularını ise reddetme yönündeki tutumları, girişimcilerin finansal kaynaklara erişimini ciddi bir soruna dönüştürmektedir. Bankaların ise bu tutumlarının keyfiyet taşımadığını, bankacılık mevzuatının bu tür riskli kredilere izin vermediğini ve ticari yönden girişim şirketlerinin pek çok önemli risk taşıdığını belirtmek gerekir (Aktuğ vd., 2020: 8-9; Lehnertz vd., 2022: 1431-1453). KOBİ'lerin özellikle başlangıçtan itibaren karşılaştığı en büyük zorluklardan biri sermaye birikimidir. İngiltere'de banka kredisi başvurularının yaklaşık olarak %38'i reddedilmektedir. Cole ve Rebel, ticari bankaların çoğu KOBİ'ye kredi vermemesinin ana nedenlerinden birinin bilgi şeffaflığının olmayışı olduğunu belirtmektedir (Obiora ve Csordas, 2017: 43-44).

Bu durum girişimcileri başlangıç aşamasında genellikle kendi tasarruflarına başvurmaya zorlamaktadır. Bir şirket büyüdükçe bankalardan finansman alma olanağı

da artmaktadır. Petersen ve Rajan (1994), kredi kurumlarıyla etkileşimin büyük firmalarda KOBİ'lere göre neredeyse iki kat daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Bu durum, birçok işletmenin özellikle başlangıç aşamasında veya erken aşamalarda zorluk yaşadığını göstermektedir. KOBİ'ler için en büyük zorluklardan biri belirsizliktir; çünkü kredi verenler bu şirketlerin faaliyetleri hakkında yeterli bilgi sağlayamadıkları için kredi vermekten çekinmektedirler. Ancak büyük ve köklü işletmeler bu tür bilgileri sağlayabilmektedir. Dolayısıyla KOBİ'ler daha büyük mali kısıtlamalarla karşı karşıya kalmaktadır (Elgammal vd., 2023: 9).

Bu nedenle girişimcilerin finansman talebinde bulunurken ihtiyaçlarını net ve eksiksiz bir şekilde belirtmeleri gerekmektedir. Girişimcilerin işlerini belli bir aşamaya getirdikten sonra bankalara yönelmesi, bankaların finansman sağlama şansını yükseltmektedir. Ancak bankalar alınan riskleri azaltmak adına uzun vadeli krediler yerine kısa vadeli kredi vermeyi tercih etmektedir (Aktuğ vd., 2020: 9).

2.1.2. Öz kaynak Finansmanı

Öz kaynaklar, işletmenin iş kurma aşamasında faaliyetlerine başlayabilmesi için ortakların veya girişimcinin kendi varlıklarından işletme için tahsis ettiği maddi ve manevi ekonomik değerlerdir. Faaliyetini sürdüren bir işletmede, dağıtılmayan ancak işletmede kalan faaliyet kârları ve yedekler de öz sermayeye dahil edilmektedir. İşletmenin dışarıdan borçlanarak elde ettiği kaynaklar ise yabancı kaynaklar olarak kabul edilmektedir. Bu kaynaklar çeşitli finansal kurum veya bankalardan sağlanmakla beraber vadeleri kısa, orta veya uzun olmaktadır (Bakan, 2015; Tuncer vd., 2007: 345). Başka bir deyişle öz finansman; sosyal, fiziksel ve kurumsal kaynaklara erişimi ile girişim şirketinin geliştirilmesi ve bu kaynakların dış finansmana ihtiyaç duymadan koordine edilmesiyle ilgilidir (Klonowski, 2014: 130).

Öz kaynak finansmanı, girişimcilerin özellikle hızlı büyüme dönemlerinde aşırı borçlanmadan dolayı ihtiyaç duydukları fonlara erişmelerine imkan sağlamaktadır. Girişimcilerin öz sermayeyi kullanması, mevcut girişimi finanse edebilecek yatırımcılar veya kurumlar için başarıya doğru atılmış bir adım olarak da nitelendirilebilir. Bir girişimci için sadece öz sermayeyi kullanmak yeterli olmasa da bu finansmanın kullanımı risk finansmanı, bankalar ve melek yatırımcılar gibi kaynaklar açısından bir garanti görevi görmektedir (Yerdelen Kaygın ve Yıldız, 2015: 282).

Öz sermayenin artırılması hem ortaklardan hem de sermaye piyasalarından işin ilerleyen aşamalarında hisse ihraç edilerek yapılabilmektedir. Ancak günümüzün gelişmiş sermaye piyasalarında bile, küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) hisse ihracı yoluyla öz kaynak finansmanı sağlamakta oldukça zorlanmaktadırlar. Bunun en önemli sebebi bu işletmelerin yetersiz sermaye ile kurulmuş olmasıdır. Yeterli öz sermayeye sahip olmayan işletmelerin ilk beş yıl içerisinde iflas ettiği belirtilmektedir (Ridinger, 1995: 361).

Öz kaynak finansmanı, şirket üzerinde sabit bir yük meydana getirmemesi, belli bir vadesinin olmaması ve kredi itibarının artması gibi avantajlar sağlarken, yeni ortakların yönetime dahil olması, kar paylaşımı, hisse senedi ihraç maliyetleri ve temettü dağıtılamaması gibi dezavantajlara da sahiptir. Öz sermaye şirketin kalıcı kaynağıdır. Bir şirket kâr etse de etmese de kullandığı yabancı kaynaklara belli bir tarihte faiz ödemek zorundadır. Ortaklar, şirketin alacaklılarına karşı tüm yükümlülükleri yerine getirdikten sonra temettü alabilirler. Ayrıca alacaklılar, şirketin yükümlülüklerini yerine getirmemesi durumunda dava açabilirken, şirket ortakları, şirket kâr elde etmedikçe veya şirket yetkilileri kârın dağıtılması yönünde karar almadıkça dava açamamakta ve haklarını kullanamamaktadır (Şimşek ve Çelik, 2011: 267).

2.1.3. Finansal Kiralama

Kiralama, bir yatırım ürününün mülkiyetinin kiralama şirketinde kalmasını, belirli bir kira karşılığında kullanım hakkının kiracıya devredilmesini ve süre sonunda mülkiyetin kiracıya geçmesini sağlayan modern bir finansman yöntemi şeklinde tanımlanabilir. Yeterli öz sermayeye sahip olmayan veya üretim faaliyetlerinde kendi sermayesini kullanmak isteyen işletmeler için oldukça karlı bir araç olan finansal kiralama, işletmelerin kapasitelerini artırmaları bakımından da ciddi imkânlar sunmaktadır (Toroslu, 1998: 1).

Finansal kiralama, sermaye mallarının temini için gerekli finansmanın kiraya veren tarafından sağlanması, kiracının ise mülkiyet hakkı olmaksızın varlığı kullanması esasına dayanmaktadır (Galbis, 1991: 465). Kiralama yoluyla işletmeler ihtiyaçları olan yatırım mallarını satın almaktansa, bedelini belirli bir süre ödeyerek kullanabilmektedirler. Bu yöntem, risk ve getirilerin kiracıya devredildiği bir sözleşmeyi ifade etmektedir. Sözleşmenin sonunda mülkiyet kiracıya geçebileceği gibi

kiracı da varlığı iade edebilir veya sözleşmenin yenilemesine gidilebilir. Kiralama genellikle iki aşamada gerçekleştirilmektedir: İlk aşama, iptal edilemeyen "birincil dönem" olarak adlandırılmakta ve bu süre zarfında kiralayan, yatırımını kira bedeli yoluyla geri kazanmaktadır. İkinci aşamada ise kira bedeli sembolik seviyelere indirilmektedir (Alam, 2021: 1-2). Özellikle sermaye piyasalarının gelişmediği ve küçük işletmelerin kredi bulmakta güçlük yaşadığı piyasalarda finansal kiralama ciddi bir role sahiptir. Bankalar tarafından verilen teminatlı kredilere alternatif olarak küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) yatırımlarını finanse etme olanağı sunmaktadır.

Kiralama, işletmelerin mülkiyetin sağladığı güvenceden ve satın alma gücünden yararlanmasını sağlarken, mülkiyetin kiraya verende kalması nedeniyle el koyma prosedürleri kolaylaşmaktadır. Bu avantajlar, küçük işletmelerin finansmana erişimini kolaylaştırmaktadır. Özellikle teminat yetersizliği nedeniyle bankalardan kredi alamayan işletmeler finansman için kiralama sektörüne yönelmektedir. Üretim faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan makine ve ekipmanların kiralanması, KOBİ'lerin teknolojiye erişimini kolaylaştırmakta, çeşitlilik, kalite ve üretim hacimlerinin artmasını sağlamaktadır. Finansal kiralama, 1950'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde gelişerek 1960'lı yıllarda Japonya ve Avrupa'da yaygınlaşmıştır, 1980'li yıllarda ise Türkiye'de uygulanmaya başlanmıştır. Türkiye'de finansal kiralama, 1985 yılında çıkarılan 3226 sayılı Finansal Kiralama Kanunu ile yasal hale gelmiş ve 1990'lı yıllarda kullanımı artmıştır (Baştürk, 2008: 102; Nasr, 2017: 3).

2.1.4. Hibe

Hibe; belirli üst düzey politikalara ilişkin projelerin uygulanması için bir kurum tarafından sağlanan, geri ödemesi olmayan mali kaynak şeklinde tanımlanabilir (Özüt, 2008: 7). "Hibe" kelimesinin bizim dilimizdeki karşılığı "bağış" kelimesidir. Ancak bu kelimelerin temel anlamlarına bakacak olursak, bağış kelimesinde herhangi bir karşılık beklentisi olmasa da hibe kelimesi proje bazında değerlendirildiğinde karşılıksız olmayan bir anlam taşımaktadır. Proje odaklı biçimde kullanılan hibe kavramı; belirli sonuçlara ulaşılması durumunda proje sahibine sunulan mali değeri ifade etmektedir. Hibelerin genel özelliklerine bakılacak olursa (Durukal ve Tekeli, 2016: 37);

- Ticari nitelik taşımadığı,

- Doğrudan bir ödeme olduğu,
- Belirli hedeflerin gerçekleştirilmesi için verildiği,
- Başvuru sahipleri ile yararlanıcıların belirlendiği söylenebilir.

Yeterli sermayeye sahip olamayan girişimciler, işlerini devam ettirmek veya büyütmek için çeşitli hibe destek programlarına başvurabilmektedir. Girişimcilerin finansmana erişimini artırmak amacıyla dünya çapında birçok hibe destek programı uygulanmaktadır. Türkiye'de TÜBİTAK, KOSGEB, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı gibi kurumlar tarafından bu amaçla çeşitli hibe programları tertip edilmektedir (Poyraz ve Tepeli, 2016: 46).

Hibe programlarına başvuru yöntemi ise, teklif çağrısının "kısıtlı teklif çağrısı" veya "açık teklif çağrısı" olarak belirlenmesine bağlıdır. Hibe kılavuzunun başlık sayfasında teklif çağrısı prosedüründen "kısıtlı teklif çağrısı" veya "açık teklif çağrısı" olarak bahsedilmektedir. Kısıtlı teklif çağrısında teklifler iki aşamada değerlendirilmektedir. Bunlar; ön proje teklifi ve tam başvurudur. İlk aşamada ön proje teklifi sunulması gerekmektedir. Ön teklif aşamasını geçen projelerden başvuru formunun tamamını doldurmaları ve istenen belgeleri sağlamaları istenmektedir. Süreç daha sonra değerlendirme ve seçimle sona ermektedir. Açık teklif çağrısı, teklifleri tek aşamada alıp, değerlendirip ve seçmektedir. Dolayısıyla teklif çağrısının türü, hibe programına başvuran kişinin doldurması gereken formları ve bu formların sunulma şeklini etkilemektedir (TC Çalışma ve Sosyal Koruma Bakanlığı, 2012).

Hibeler, geri ödemesiz finansman sağlamaları nedeniyle girişimciler için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Ancak bu desteğin sınırlı miktarlarda sunulması ve belli prosedürlere göre yürütülmesi, özellikle araştırma geliştirme yapan start-up'lar için süreci güçleştirmektedir (Poyraz ve Tepeli, 2016: 46).

2.1.5. Proje Finansmanı

Proje finansmanı terimi, geniş bir yelpazeyi kapsayan ve tek bir özelliğe sahip olan çeşitli finansal yapıları tanımlamak ve sınıflandırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Proje finansmanında finanse edilmesi veya finansman sağlanması, sponsorların kredi itibarına veya finansmana dahil edilen maddi varlıkların piyasa değerine çok fazla bağlı değildir. Proje finansmanında, borç sağlayanlar (kredinin veya borcun geri ödenmesinde önceliğe sahip olan borç) öncelikle projenin performansına

güvenmekte ve bunun neticesinde kredi verenler, projenin fizibilitesine ve olası olumsuzluklara karşı duyarlılığına karşı oldukça duyarlıdırlar (Chance, 1991: 3).

Proje finansmanının, diğer finansman modellerinden farkı, özellikle altyapı ve doğal kaynaklar alanlarında büyük yatırım projelerinin hayata geçirilmesi için kullanılan bir sermaye toplama yöntemi olmasıdır. Bu modelde kredi geri ödemesi, borçlunun sahip olduğu varlıklardan ziyade projenin yaratacağı nakit akışına dayanmaktadır. Proje finansmanı her aşamada karşı karşıya kalınabilecek riskleri ön planda tutan bir yapıya sahip olup Bu yapı sayesinde proje finansmanı genellikle sadece projenin uygulanması için oluşturulan Özel Amaçlı Şirketler (SPV) aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu finansman modeli sınırlı rücu olanağı tanıyan bir yapıya sahip olabileceği gibi tamamen rücusuz bir yapıya da sahip olabilir. Başka bir deyişle, bir projeye yatırım yaparken finansman sağlayan taraflar sadece projeden sağlanacak nakit akışına güvenmekte ve projeye sponsor olan tarafların kişisel varlıkları kullanılmamaktadır (Yalçın, 2013: 238).

2.1.6. Uluslararası Finansman

Uluslararası finansman, ülkeler arasındaki farklı türdeki finansal akışları ve işlemleri nitelendirmek için kullanılan genel bir kavramdır (Bal, 1999: 1). Uluslararası ticaretin gelişmesi ve küresel ekonominin büyümesi, çok uluslu şirketlerin sayısının artmasına ve hizmet, mal, insan ve sermaye akışının hızlanmasına yol açmıştır. Her ülkenin siyasi, ekonomik, kültürel ve hukuki yapıları farklılık gösterdiği için ülkeler arası işlemler de gittikçe karmaşıklaşmaktadır. Bu sebeple uluslararası parasal işlemlerde farklı para birimlerinin, bu para birimlerinin karşılaştırmalı değerlerinin ve ilgili ülkelerin ekonomik koşullarının dikkate alınması gerekmektedir. Bu süreci kolaylaştırmak için uluslararası finans kurumları, para sistemleri ve modern bankacılık yapıları meydana getirilmiştir (Varma, 2019: 1-2).

Uluslararası finans sisteminin fon arz ve talebine dayalı olması, özellikle sermaye akışı, uluslararası yatırımlar ve küresel finans piyasalarının sunduğu ürün çeşitliliği bu yapıyı güçlü kılmıştır. Bilgi teknolojisinin gelişmesiyle birlikte finans yöneticileri artık yerelden ziyade küresel düşünmek zorunda kalmaktadır (Başar, 2018: 159). Dolayısıyla uluslararası finansman, ülke dışında gerçekleşen sermaye ve fonların yönetimini içermektedir. Bu işlemler doğrudan yabancı yatırım, portföy

yatırımı, uluslararası borçlanma ve döviz piyasaları gibi çeşitli yollarla gerçekleştirilmektedir.

Finansmana uluslararası boyut kazandıran en önemli faktörlerden biri İkinci Dünya Savaşı sonrasında uluslararası ticaretin hızlı gelişimidir. Bu süreç ülkelerin ekonomik yönden büyümesini destekleyerek yabancı yatırımların artmasına neden olmuştur. Teknolojik gelişmeler ve küresel bilgi altyapısı sayesinde uluslararası finansal sistemin liberalleşmesi hızlanmış, korumacı politikalar yerini daha liberal politikalara bırakmıştır. Böylece ulusal finansal sistemler gittikçe uluslararası sistemin bir parçası haline dönüşmüştür (Kotler vd., 2000: 182). Bu sebeple uluslararası finansman, gelişmekte olan ülkelerin hızlı ekonomik gelişme sağlamaları ve açıklarını kapatmaları için bir alternatif olarak görülebilir. Uluslararası finansman, bu ülkelerin kendi yatırımlarından ve tüketimlerinden kendi iç kaynaklarından daha fazla kazanç elde etmelerine olanak tanımaktadır (Bal, 1999: 9). Böylece gelişmekte olan ülkelerde uluslararası işletmeler yerel işletmelere göre daha fazla finansman seçeneğine sahip olmakta ve uluslararası para ve sermaye piyasalarından faydalanabilmektedir. Bu işletmeler Euro para, Euro kredi ve Eurobond gibi çeşitli finansman araçlarını kullanarak fon toplayabilmektedir. Ayrıca yabancı tahviller ve eurobondlar uluslararası tahvil piyasasında yaygın şekilde işlem görmektedir. Bu finansal araçların yardımıyla küresel işletmeler risklerini en aza indirererek daha geniş finansman kaynaklarına erişim sağlayabilmektedirler (Demirci, 2021: 43).

2.2. Sermaye Yapısı

Sermaye yapısı, şirketlerin varlıklarını finanse etmek için kullandıkları kaynakların tahsisini ifade etmektedir. Kavramsal olarak bu terim, borç ve özsermaye kombinasyonları da dahil olmak üzere bir işletmenin mali yapısını tanımlamaktadır (Megginson vd., 2012: 305). Otluoğlu (2015) bu yapıyı bir şirketin sahip olduğu tüm kaynakların toplamı olarak ifade etmektedir.

Literatürde "sermaye" ve "finansal yapı" terimlerinin kullanımına ilişkin iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bazı uzmanlar bu terimleri birbirinin yerine kullanırken, bazı uzmanlar ise iki kavram arasında ayrım olduğu üzerinde durmaktadır. Sierpinska (2021) sermaye yapısını bir firmanın varlıklarını finanse etmek için kullandığı kaynaklar olarak tanımlamaktadır. Bukalska (2019), sermaye

yapısının bilançonun sağ tarafındaki tüm yükümlülükleri içerdiğini ve dolayısıyla finansal yapı ile aynı anlama geldiğini belirtmektedir. Cerkovkis vd. (2022) ise sermaye yapısının uzun vadeli borç ve öz sermayeyi içerdiğini ileri sürerek kısa vadeli kaynakları içermeyen bir tanım ortaya koymaktadır. Ancak bu tanım, sermaye yapısının finansal yapıya göre daha dar olduğu görüşünü ortaya koymaktadır.

Şirketlerin günlük giderlerini karşılamak ve varlıklarını yükseltmek için kullanabilecekleri ana finansman kaynakları, sahipler fonu (iç finansman) ve borç fonu (dış finansman) olarak ikiye ayrılmaktadır. Bir işletmenin sermaye yapısı, sahip olunan fonlar ve borç fonlarının birleşiminden oluşmaktadır. Sermaye yapısı kavramı, firmanın performansı üzerindeki etkisi nedeniyle kurumsal hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Optimal sermaye yapısı, firmanın sermaye maliyetini azaltan ve firmanın performansının en iyi şekilde kullanılmasını sağlayan borç ve öz sermayenin birleşimidir. Yöneticilerin en temel görevlerinden biri de bu optimal sermaye yapısını belirlemektir (Patrick vd., 2021: 2).

Bensoussan vd. (2021) göre finansal karar vermenin temel amacı, yatırımcılar için en güvenli olan ve işletmenin piyasa değerini maksimuma çıkaran sermaye yapısını veya özsermaye ve borç sermayesi kombinasyonunu bulmaktır. Piyasa ekonomisinde optimal sermaye yapısına karar vermek sadece önemli bir konu değil aynı zamanda finansal yönetimin en zorlu görevlerinden biridir.

2.2.1. Sermaye Yapısı Teorik Yaklaşımları

Bir şirketin sermaye yapısının oluşturulması bir dizi karmaşık kararla gerçekleşmektedir. Sermaye yapısı, şirketin kullandığı finansman kaynaklarını belirleyerek riskleri ve kontrol haklarını çeşitli taraflar arasında dağıtmaktadır. Doğru sermaye yapısı kararları, finansal piyasalarda değeri artırmalıdır. Temel kararlar arasında borç ve öz sermayenin genel karışımı, borcun biçimleri, koşulları ve vade yapısı, öz sermaye sınıfları arasındaki oy kontrolünün dağıtımı, menkul kıymet ihracının zamanlaması ve hibritler (dönüştürülebilirler) ve leasing gibi borç ikameleri gibi bir dizi konu yer almaktadır (Harris ve Cahplinsky, 2006: 1).

Sermaye yapısına ilişkin teorik çalışmalar, firmaların finansal tercihlerini anlamak ve bu tercihlerin performans üzerindeki etkisini değerlendirmek için önemli bir temel sağlamaktadır. Sermaye yapısı teorileri, sermaye yapısının bir şirketin performansını nasıl etkilediğini ve bu ilişkinin hangi koşullar altında geçerli olduğunu

analiz etmektedir. Geleneksel yaklaşımlar bu etkileşimleri mükemmel sermaye piyasaları varsayımı altında incelemiş olsa da, zamanla geliştirilen yeni teoriler, sermaye yapısına daha dinamik ve karmaşık bir perspektiften bakılmasına olanak sağlamıştır (Aggarwal, 1981: 76). Bu bağlamda, 20. yüzyıl boyunca finansal yönetim yazarları, sermaye yapısını optimize etmek için çeşitli teoriler geliştirmişlerdir. Sermaye yapısı modelleri onlarca yıldır araştırma konusu olmuş ve süreç içerisinde tarihsel finansal ideoloji içerisinde çeşitli sermaye yapısı teorileri ortaya çıkmıştır. Ancak bu teoriler akademide, profesyonel ortamlarda ve uygulamada farklı şekillerde benimsenmiştir (Cerkovkis vd., 2022: 14). Dolayısıyla sermaye yapısına yönelik çeşitli teorik yaklaşımlar bulunmaktadır. Aşağıda bu teorilerin başlıcalarından kısaca söz edilmiştir.

2.2.1.1. Net Faaliyet Geliri

Net Faaliyet Geliri Yaklaşımı, Durand (1959) tarafından ortaya atılan ve borç seviyesinin veya finansal kaldıracın bir şirketin genel değerini etkilemediğini belirten bir teoridir. Bu teoriye göre, ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti (WACC) ve firmanın piyasa değeri, finansmanın borç ve öz sermaye arasındaki dağılımından bağımsızdır. Başka bir deyişle, borç kullanmanın faydaları, öz sermaye maliyetindeki artışla dengelenmekte ve bu durum, şirketin genel maliyet yapısını değiştirmemektedir. Teori, borç oranı arttıkça yatırımcıların risk algısının artacağı ve buna bağlı olarak özsermaye maliyetinin de artacağı varsayımına dayanmaktadır. Daha ucuz borç kullanmanın faydası, yatırımcıların daha yüksek getiri talebiyle dengelenmektedir. Böylece farklı finansman kaynakları kullanılsa bile ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti sabit kalarak firmanın değerinde değişim olmamaktadır. Dolayısıyla Net Faaliyet Geliri Yaklaşımı, sermaye yapısında ideal bir kompozisyonun olmadığını varsayması nedeniyle "Net Gelir Yaklaşımı"ndan farklılık göstermektedir (Chen, 2021: 257).

Bu yaklaşım belirli varsayımlara dayanmaktadır (Kling vd., 2021):

1. Yatırımcılar şirketi bir bütün olarak değerlendirir ve şirketin genel kazançlarını değerlendirir.
2. Firmanın toplam sermaye maliyeti sabittir ve iş riskine göre değişmez.
3. Borcun maliyeti sabittir.
4. Şirketler için gelir vergisi yoktur.

5. Borç oranının artması yatırımcıların riskini artırır, bu da özsermaye maliyetinin artmasına neden olur.

Bu teorinin ortaya koyduğu en önemli sonuçlardan biri finansman yapısının gerekli olmadığıdır. Başka bir deyişle, düşük borç maliyetinin avantajı özsermaye maliyetindeki artışla dengelendiğinden, borç/özsermaye oranına bakılmaksızın sermaye yapısının optimal olduğu düşünülebilir. Bu durum optimal sermaye yapısının belirlenmesini zorlaştırmaktadır, çünkü kaldıraç arttıkça artan özsermaye maliyeti, toplam sermaye maliyetinin sabit kalmasına sebep olmaktadır (Kling vd., 2021).

2.2.1.2. Net Gelir Yaklaşımı

Durand (1952), sermaye yapısını ve bunun firma değeri üzerindeki etkisini tanımlayan ilk yazarlardan biri olarak bilinmektedir. Net gelir teorisine göre sermaye yapısındaki değişiklikler bir işletmenin değerine doğrudan etki etmektedir. Bu yaklaşıma göre, bir işletme daha fazla borçlandıkça, ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti (WACC) azalmakta, bu da işletmenin değerinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla borç kullanımının artması hisse senedi fiyatlarının da yükselmesine sebep olmaktadır. Öte yandan, borç seviyesindeki azalma firma değerinde düşüşe yol açmaktadır. Net gelir teorisine göre borç kullanımı arttıkça, sermayenin ağırlıklı maliyetinde azalış olurken yatırımcıların yüksek getiri talepleri oluşmamaktadır. Benzer şekilde, borç verenler de yüksek borç seviyelerine rağmen daha yüksek faiz oranları talep etmeyeceklerdir. Dolayısıyla borç kullanımı sermaye maliyetini belli bir düzeye kadar indirmeye devam edecektir (Patrick vd., 2021).

Bu teori bazı temel varsayımlara dayanmaktadır. Bunlar:

1. Kâr vergilendirilmez.

2. Hisse ihracına veya borçlanmaya ilişkin işlem maliyetleri dikkate alınmaz.

3. Kârın tamamı temettü şeklinde dağıtılır.

4. Faiz ve vergi öncesi kazançlar sabit olup sermaye yapısındaki değişikliklere bağlı değildir.

5. Tüm yatırımcılar için beklenen kar olasılığı aynı dağılıma sahiptir.

6. Hissedarlar sermayelerinin belli bir getirisini talep ederken, alacaklılar borç yapısına bakmaksızın sabit bir faiz oranı talep ederler (Vanhorne, 1980: 265).

Diğer taraftan bu teorinin sunduğu mantıksal sonuç oldukça tartışmalıdır. Çünkü teoride, yüzde yüz borçla finanse edilen bir sermaye yapısı en ideal yapı olarak kabul

görmektedir. Bunun nedeni, borcun maliyetinin genellikle öz sermaye maliyetinden daha düşük olmasıdır. Dolayısıyla borç oranı arttıkça ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti azalmaktadır. Ancak net gelir teorisi vergi kalkanı etkilerini ve işlem maliyetlerini dikkate almamaktadır. Yine de bu yaklaşım, işletmelerin öz sermaye ve borç sermayesinin uygun kombinasyonunu belirlemelerine yardımcı olmada önemli bir rol oynamaktadır. Doğru sermaye yapısının seçilmesi yalnızca firmanın sermaye maliyetini değil aynı zamanda firmanın genel değerini de etkilemektedir (Chen, 2021: 257-258).

2.2.1.3. Geleneksel Yaklaşım

Bu yaklaşım, sermaye maliyetinin doğrudan borç düzeyiyle ilişkili olduğunu varsaymaktadır. Şirketler başlangıçta daha düşük faiz oranlarıyla borçlansa da, borç miktarı arttıkça borç verenlerin endişeleri de artmaktadır. Bu durumda ek finansman maliyetleri artarak borcun ortalama maliyeti yükselmektedir. Her ne kadar hissedarlar, borç seviyeleri düşük olduğunda şirketin riski konusunda daha az endişe duysalar da, borç arttıkça faiz ödemelerinin öz sermaye getirisi üzerindeki potansiyel olumsuz etkisi konusunda endişe duymaya başlamaktadırlar. Bu durumda yatırımcılar artan riskleri telafi etmek için daha yüksek getiri oranı talep etmektedirler (Vanhorne, 1980: 268-269).

Geleneksel yaklaşım, özellikle sermaye eğrisinin maliyetine ilişkin varsayımlara dayalı olarak oldukça eleştirilmiştir. Aslında geleneksel sermaye yapısı teorisi, ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinin borç miktarıyla ters orantılı olduğunu belirtmektedir. Bu yaklaşım, ideal sermaye yapısının sermaye maliyetinin en düşük olduğu noktada oluşacağını varsaymaktadır. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar, sermaye maliyeti eğrisinin karmaşık V şeklinde bir yapı olduğunu savunurken, diğerleri U şeklinde bir eğriyi desteklemekte ve farklı kaldıraç seviyelerini tanımlamaktadır. Öz sermaye fonksiyonunun davranışına ilişkin de farklı görüşler ortaya çıkmıştır. Bazıları öz sermayenin değerinin önce yavaş, sonra hızla arttığını savunurken, bazıları da değerin sabit kaldığını savunmuştur. Ancak borç miktarı arttıkça sermaye maliyetinin düştüğü yönünde genel bir görüş bulunmaktadır (Harris ve Kaplinsky, 2006: 2).

Bu yaklaşım firmanın net faaliyet gelirine ve bununla ilişkili risk düzeyine odaklanmaktadır. Sermaye yapısındaki değişikliklerin şirketin risk profilini değil,

yalnızca hissedarlara ve borç sahiplerine yapılan ödemeleri etkileyeceği düşünülmektedir. Öz sermaye maliyetinin kaldıraç seviyesine bağlı olarak sabit kalacağı varsayımı ise tartışmalıdır. Bu eleştirilere rağmen geleneksel yaklaşım, modern finansal teorilerin temelini oluşturmuştur (Türko, 2002: 500-501).

2.2.1.4. Modligliani-Miller Yaklaşımı

Modigliani-Miller yaklaşımı (MM teorisi), sermaye yapısının bir firmanın değerini etkilemediğini savunan bir teoridir. Modigliani ve Miller tarafından geliştirilen bu teoriye göre, ideal sermaye piyasası koşullarında bir firmanın değeri, firmanın sermaye yapısına değil faaliyet gelirine dayanmaktadır. Yani sermaye yapısının firmanın değerini etkilemediği varsayılmaktadır. Bu piyasalarda tüm yatırımcılar aynı bilgiye erişebilir, işlem maliyeti yoktur, iflas maliyetleri göz ardı edilir ve vergi uygulanmaz. Borçlanma maliyetlerinin firmalar ve paydaşlar için aynı olması, firma ve yatırımcıların aynı kredi koşullarından faydalanabilmesi anlamına gelmektedir. Aynı risk düzeyine sahip şirketler, borçlarına ilişkin vergi avantajından yararlanamamaktadır. Bu bağlamda MM teorisi, optimal bir borç-öz sermaye oranının olmadığını ve sermaye yapısının yatırımcı servetini maksimuma çıkarma hedefinden bağımsız olduğunu ileri sürmektedir. MM teorisinin temel ilkeleri vergilerin ve işlem maliyetlerinin olmadığı, iflas riskinin olmadığı, bilgi asimetrisinin olmadığı ve yatırımcıların rasyonel davrandığı bir dünyaya dayanmaktadır (Ercan ve Ban, 2005: 236).

MM teorisi, kaldıraçlı ve kaldıraçsız firmaların aynı değere sahip olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla yöneticilerin sermaye yapısına ilişkin kararlarının firma değeri açısından etkisiz olduğunu ve bu nedenle borç ve öz sermaye karışımının önemli olmadığını savunmaktadır. Modigliani ve Miller ayrıca yatırımcıların düşük değerli hisse senetlerini satın alma ve aşırı değerli hisse senetlerini satma eğiliminde olduklarını belirtmişlerdir. Yatırımcılar bu arbitraj fırsatlarından yararlandığında, düşük değerli hisse senetlerinin fiyatı yükselerek aşırı değerli hisse senetleri düşmekte ve bu süreç dengeye ulaşılana kadar devam etmektedir. Teorinin sermaye yapısının önemli olmadığı görüşü teorik olarak çekici olsa da gerçek dünyada geçerli olmayan birçok varsayıma dayanmaktadır. Özellikle vergisiz bir dünya senaryosu neredeyse imkansızdır. Bu nedenle daha gerçekçi yaklaşımlar geliştirilerek vergilendirmenin sermaye maliyeti ve firma değeri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Vergiye göre

uyarlanmış teorilerde borç, firmanın vergi yükünü azaltmakta, dolayısıyla firma değerini artırmaktadır. Vergi avantajı, özellikle borç finansmanı yoluyla sağlanan bir "vergi kalkanı" olarak tanımlanmaktadır. Borcun sağladığı bu avantaj firmanın sermaye maliyetini düşürerek finansal kaldıraç kullanımını cazip hale getirmektedir (Patrick vd., 2021: 4-5).

MM teorisi, geliştirilmesinden bu yana çeşitli eleştirilere maruz kalmış ve bu eleştiriler birçok yeni sermaye yapısı teorisinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. MM teorisinin temel varsayımlarının gerçek dünya koşullarında geçerli olmadığına yönelik eleştiriler, teoriyi derinlemesine inceleyen birçok çalışmanın yapılmasına yol açmıştır. Örneğin işlem maliyetlerinin varlığı ve sermaye piyasalarının mükemmel olmaktan uzak olması MM hipotezine yönelik yaygın eleştirilerdir. Gerçekte, menkul kıymet alım satımı yaparken komisyonlar ve diğer masraflar göz ardı edilememektedir. Ayrıca sermaye piyasaları bilgi asimetrileri ve piyasa çarpıklıkları nedeniyle çoğu zaman mükemmel bir şekilde işlememektedir. Bu durum yatırımcıların karar alma süreçlerinde dengesizliğe neden olabilmektedir. MM teorisinin varsayımlarından biri, finansal risk arttıkça borçlanma maliyetinin değişmeyeceğidir. Ancak gerçekte borç verenler artan risk karşısında daha yüksek faiz oranları talep etmektedir (Bradley vd. 1984: 857).

Bir diğer önemli eleştiri ise şirketlerin ve bireylerin borçlanma maliyetlerinin eşit olmamasıdır. Uygulamada firmalar bireylere göre daha düşük fiyatlarla borçlanabilmektedir. Ayrıca MM teorisi, finansman kaynakları arasında dağıtılmamış karları göz ardı etmektedir. Şirketler genellikle kazançlarının tamamını temettü olarak dağıtmamakta ve bu dağıtılmamış karlar, şirketlerin mali kararlarında önemli bir rol oynamsktsıt. Üstelik MM teorisi sıkıntı maliyetlerinin varlığını kabul etmezken, gerçek dünyada sıkıntıdaki firmalar iflas maliyetleri ve yatırım fırsatlarını kaybetme riski gibi ciddi maliyetlerle karşı karşıyadır. Yatırımcılar da yüksek riskli şirketlerin ihraç ettiği düşük değerli tahvillere yatırım yapma konusunda isteksiz olabilmektedir. Son olarak MM teorisi kişisel ve kurumsal vergilerin etkisini göz ardı ettiği için de eleştirilmiştir (Akgüç, 2011: 499).

Modigliani ve Miller'ın çalışmalarının ardından modern sermaye yapısı teorileri geliştirilmiştir. Bu modern teoriler, klasik teorilerden farklı olarak sadece sermaye yapısı ile firma değeri arasındaki ilişkiyi incelemekle kalmamış; sermaye maliyeti

üzerindeki etkiyi belirleyen vekalet maliyetleri, vergi etkileri, asimetrik bilgi ve iflas maliyetleri gibi faktörleri de analiz etmiştir (Ar ve Sakur, 2021: 749).

2.2.1.5. Finansal Sıkıntı ve İflas Maliyetleri

Finansal sıkıntı, bir şirketin faaliyetlerinden kaynaklanan nakit akışlarının, anapara ve faiz ödemesi gibi yükümlülüklerini karşılamada yetersiz kaldığı ve şirketin düzeltici önlemler alması gereken bir durumdur. Finansal sıkıntı, bir şirketin borçlarını ödeme yeteneğinin yetersizliğini yansıtmakta ve bir şirketin negatif değere sahip olması, yani varlıklarının değerinin borçlarının değerinden az olması veya faaliyetlerinden kaynaklanan nakit akışlarının mevcut yükümlülüklerini karşılamada yetersiz olması halinde ortaya çıkmaktadır (Ross vd., 2002: 408).

Teori, şirketlerin borçlanma yoluyla elde ettiği vergi avantajının kaldıraç oranı arttıkça borç ödeyememe olasılığını arttırdığı ve bu avantajın şirketin mali sıkıntıya girmesine yol açtığı prensibine dayanmaktadır. Bu teoriye göre, gelecekte büyüme potansiyeli daha yüksek olan ve teminat olarak kullanılabilecek varlıkları daha fazla olan şirketlerin borç kullanma yeteneği daha yüksektir (Voulgaris vd., 2002: 1381).

2.2.1.6. Temsil Maliyetleri

Temsilcilik maliyetleri, bir şirketin sahipleri ve yöneticileri arasındaki çıkar çatışmalarından kaynaklanmaktadır. Jensen ve Meckling (1976), hissedarlar ve yöneticiler arasındaki çatışmalar ile hissedarlar ve tahvil sahipleri arasındaki çatışmaların iki ana çatışma türü olduğunu ileri sürmektedir (Çerkovskis vd., 2022: 21). Çünkü bir yöneticinin şirketin tamamına sahip olduğu zamanki davranışı ile şirketin bir kısmına sahip olduğu zamanki davranışı farklıdır. Bu farklılık, yöneticiler ve hissedarlar arasında temsilcilik sorunu, dolayısıyla sermaye açısından temsilcilik maliyeti sorunu yaratmaktadır. Borç oranının artırılmasıyla öz sermayeyle ilgili temsilcilik maliyetleri azaltılabilir. Borç finansmanı şirketlerin nakit ödeme yapmasını gerektirdiğinden, öz sermaye kullanımını sınırlandırır ve hissedarlar ile yönetim arasındaki temsilcilik sorunlarını azaltır. Ancak borcun kullanılması, hissedar ile alacaklı arasında vekalet sorunu yaratacaktır (Niu, 2008: 134).

Borç, serbest nakit akışının temsilcilik maliyetlerini azalttığından dolayı yöneticilerin kendi çıkarları için harcama yapmalarını engellemektedir. Yönetim borcu ödemek mecburiyetindedir, aksi takdirde alacaklılar şirketi, finansal sıkıntı ve iflasın

maliyetini üstlenmeye zorlayabilir. Bu durum, yüksek nakit akışına ve düşük büyüme potansiyeline sahip şirketlerin temsilcilik maliyetlerini azaltan, borç kullanımının pozitif etkisi şeklinde yorumlanmaktadır. Ancak borç finansmanının maliyeti, artan borç oranıyla beraber iflas maliyetleri ve temsilcilik maliyetlerinin de artmasına yol açmaktadır (Ar ve Sakur, 2021: 750; Haris ve Raviv, 1991: 300).

2.2.1.7. Finansal Dengeleme

Finansal dengeleme teorisi, borçlanmanın getirdiği maliyetler ve borçlanmanın sağladığı vergi avantajları nedeniyle ortaya atılmış olup, bu teori, özsermaye maliyetini en aza indiren bir finansman yapısı ile hedef optimal sermaye yapısını oluşturmayı amaçlamaktadır. Dengeleme teorisine göre firmaların sermaye yapısı kararları, borçlanmadan kaynaklanan finansal sıkıntının maliyeti ile borçlanmanın sağladığı vergi avantajları arasındaki dengeye dayanmaktadır (Ross, vd., 2005: 443).

Brealey ve Stewart tarafından geliştirilen bu teori, Modigliani-Miller (MM) modelinin en iyi yönlerini piyasa koşullarıyla birleştirmiştir. MM modeli en yüksek işletme borcunu optimal olarak alırken, Miller'in modeline göre ise optimal borç düzeyine, borcun sağladığı vergi avantajlarının, marjinal borç vereni için kişisel vergi maliyetine eşit olduğu noktada elde ulaşılmaktadır. Finansal dengeleme teorisi, vergi avantajlarının belirsiz olabileceğini öne sürerek bu varsayımları daha gerçekçi bir temele oturtmaktadır. Bu teoriye göre, piyasadaki her işletme sürekli olarak kârlı olamaz ve vergiye tabi gelir elde edemez. İşletmenin zarar etmesi durumunda faiz giderine ilişkin vergi avantajı o yıl kullanılamaz ancak sonraki dönemlerde vergiye tabi kar elde edilmesi durumunda bu avantajdan faydalanılabilir (Cerkovskis vd., 2022: 19).

Bu teori sadece vergi avantajlarını değil aynı zamanda olası bir iflas durumunda ortaya çıkan mali zorlukların maliyetini de dikkate almaktadır. Finansal dengeleme teorisi, optimal sermaye yapısının, faiz vergisi kalkanının faydaları ile iflas ve finansal sıkıntı maliyetleri arasındaki denge noktası olduğunu öne sürmektedir. Firmalar arasında değişen borçlanma düzeylerinin geçerliliğini kabul eden bu teori, işletmelerin kaldırabilecekleri kadar borçlanmaları gerektiğini iler sürmektedir. Sanfilippo-Azofra vd. (2016), yüksek düzeydeki borcun sıklıkla finansal zorluklara yol açtığını ifade etmektedir. Bu maliyetler, doğrudan iflas maliyetleri (örneğin, iflas eden şirketin ödemek zorunda olduğu avukat ve bilirkişi ücretleri) ve dolaylı maliyetler (başarısız

bir firmaın yönetilmesinin getirdiği sorunlar ve giderler) şeklinde sınıflandırılabilir (Buferna vd., 2005: 7).

Kısaca bu teori, borç finansmanının fayda ve maliyetlerinin şirketler açısından analizinin yapılması gerektiğini ve optimal düzeyde borçlanmanın önemli olduğunu savunmaktadır.

2.2.1.8. Asimetrik Bilgi Kuramı ve Sinyal Teorisi

Asimetrik bilgi, bir ticari faaliyette piyasada mevcut olan bilginin taraflar arasında eşit şekilde dağılmaması ve bir tarafın karar vermek için gerekli olan bilgiye diğer tarafa göre sahip olması olarak tanımlanmaktadır (Mishkin ve Strahan, 1999). Başka bir deyişle asimetrik bilgi, bir ticari faaliyette yer alan bir tarafın diğerine göre daha değerli bilgiye sahip olması anlamına gelmektedir. Piyasada mevcut olan bilginin piyasa katılımcıları arasında eşit olarak dağıtılmamasını ifade eden asimetrik bilgi kavramı, finansal literatürde ilk kez Akerlof (1970) tarafından formel şekilde ele alınmıştır. Akerlof, asimetrik bilgi kavramını Amerika Birleşik Devletleri'nde otomobil piyasası örneği üzerinden açıklanmıştır (Otluoğlu, 2015: 25-26).

Asimetrik bilgi teorisi, yöneticilerin mevcut hissedarların çıkarlarını korumak için hareket ettiğini varsaymaktadır. Dolayısıyla, eğer bir projenin finansmanı yeni hisse ihraç etmeyi gerektiriyorsa, yöneticiler pozitif net bugünkü değere (NPV) sahip bir projeden bile vazgeçebilirler. Çünkü bu durumda projenin değeri mevcut hissedarların zararı pahasına yeni hissedarlara aktarılacaktır (Niu, 2008: 135-136).

Sinyal teorisi ise asimetrik bilginin optimal sermaye yapısının belirlenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğunu savunmaktadır (Ar ve Sakur, 2021: 751). Sinyal teorisi bilgi asimetrisine dayanmaktadır ve bir işletmenin finansal durumuna ilişkin bilginin tüm piyasa katılımcılarına aynı anda ulaşmadığı inancı üzerine kuruludur. Bu teori Ross (1977) tarafından geliştirilmiş olup yazar, sermaye yapısındaki kaldıraç artışının bir işletmenin gelecekteki karlılığının olumlu bir göstergesi olabileceğini öne sürmüştür. Yöneticiler sermaye yapısında daha yüksek oranda borç kabul ederek yatırımcılara işletmenin güçlü bir mali pozisyonda olduğuna dair olumlu bir sinyal göndermeye çalışırlar. Çünkü yalnızca başarılı ve kârlı bir işletme yüksek düzeyde borç oranıyla devam edebilir. Bu olumlu sinyaller sonucunda yatırımcı ilgisi artacak ve şirketin hisse fiyatlarında yükseliş yaşanacaktır (Cerkovskis vd., 2022: 20).

Öte yandan ek hisse ihracı yatırımcılar tarafından olumsuz bir sinyal olarak algılanmaktadır. Yöneticiler finansal kararlar verirken piyasanın gönderdiği sinyallerin mevcut değeri ile teşviklerin sonuçları arasında denge kurmaya çalışmaktadırlar. Bu süreçte bir işletme borç oranını artırarak piyasa değerini artırmaya hedeflemektedir. Ancak bu artış, şirketin piyasadaki değerine dair algı, olumlu olduğu sürece geçerlidir (Drobetz ve Fix, 2003: 6).

2.2.1.9. Finansman Hiyerarşisi Teorisi

Finansman hiyerarşisi teorisi, ilk olarak Donaldson (1961) tarafından ortaya konmuştur. Donaldson, işletmelerin sermaye yatırımlarını finanse ederken öncelikle iç kaynakları kullanmayı tercih ettiğini belirlemiştir. Bu teori, 1984 yılında Myers ve Majluf tarafından bilgi asimetrisi kavramının eklenmesiyle daha da geliştirilmiştir. Yazarlar, yöneticilerin işletme hakkında dış yatırımcılara göre daha fazla bilgiye sahip olduğunu, dolayısıyla finansman sağlarken iç fonların dış kaynaklara tercih edilmesi gerektiğini savunmuşlardır (Cerkovskis vd., 2022: 20-21).

Finansman hiyerarşisi teorisi, birkaç temel varsayıma dayanmaktadır: (i) esnek olmayan temettü politikası, (ii) dış finansman kaynakları yerine iç finansman kaynaklarının tercih edilmesi, (iii) hisse ihraç etme konusundaki isteksizlik, (iv) yöneticiler ve yatırımcılar arasındaki bilgi asimetrisi, (v) yöneticiler hissedarların çıkarlarını gözetmesidir. Dış finansmana ihtiyaç duyulduğunda öncelikle borçlanma, ardından hibrit menkul kıymetler (dönüştürülebilir tahviller gibi) tercih edilmeli; hisse senedi ihraç etmek son çare olarak düşünülmelidir (Myers, 1984: 8). Bu teori, daha az kârlı işletmelerin neden daha fazla borç aldığını izah etmektedir. Bu tür işletmelerin dış finansmana ihtiyacı daha fazla olduğundan iç kaynaklar tükendiğinde finansal hiyerarşide borç ilk sırayı almaktadır. Su vd. (2022), bu teorinin bir işletmenin optimal sermaye yapısı hakkında doğrudan bilgi sağlamadığını, yalnızca ideal finansman sıralamasını belirlediğini söylemektedir.

2.2.1.10. Optimal Sermaye Yapısı

Sermaye yapısı, bir işletmenin finansal kaynaklarının bileşimini ifade etmekte ve bu yapının, bir firmanın değeri, risk düzeyi ve maliyetleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. İşletmeler büyüme hedeflerine ulaşmak ve rekabet avantajı sağlamak için doğru sermaye yapısını oluşturmaya çalışmaktadır. Optimal sermaye yapısı

teorisi, bir işletmenin kullanabileceği en iyi borç ve öz sermaye kombinasyonunu belirlemeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu teori maliyetleri en aza indirmeyi ve şirket değerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Ar ve Sakur, 2021: 751).

Optimal sermaye yapısı teorisi, çeşitli finansman kaynaklarının avantajlarını ve dezavantajlarını analiz etmektedir. İşletmeler borç ve öz sermaye kullanımı arasında bir denge kurmaya çalışmaktadırlar. Borcun vergi avantajı ve özsermaye kullanma maliyeti gibi faktörler bir şirketin sermaye yapısını etkileyen faktörler arasındadır. Borç kullanmanın avantajları arasında vergiden düşülebilir faiz ödemeleri gibi vergi avantajları bulunmaktadır. Bu durum, borç oranı arttıkça şirketin nakit akışını artırabilir. Ancak artan borç aynı zamanda finansal sıkıntı riskini de beraberinde getirebilmektedir. Aşırı borçlanma, iflas maliyetleri ve temsilcilik sorunları gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Dolayısıyla optimal bir sermaye yapısı bu iki durum arasında bir denge kurulmasını gerektirmektedir (Ross vd., 2005: 443).

2.2.2. Sermaye Yapısının Temel Belirleyicileri

Sermaye yapısı kararlarının temel amacı, uzun vadeli finansman kaynaklarının optimal kombinasyonunu sağlayarak bir şirketin piyasa değerini maksimuma çıkarmaktır. Optimal sermaye yapısı olarak da adlandırılan bu kaynakların karışımı, şirketin toplam sermaye maliyetini de en aza indirmektedir (Usta, 2008: 65-66).

Bir şirketin sermaye yapısı seçimi, şirketin faaliyet gösterdiği ülkenin ekonomik şartlarından, faaliyet gösterdiği sektörün özelliklerine kadar çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Ülkeler arasındaki ekonomik farklılıklar bir şirketin sermaye yapısı seçimlerini büyük ölçüde etkilese de, bu seçimler aynı sektördeki şirketler arasında da önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Bunun temel nedeni şirketlerin risk ve getiri beklentileri ile yönetim tarzlarının farklılık göstermesidir (Akkaya, 2008: 2). Sermaye yapısının temel belirleyicileri çeşitlilik gösterse de genel olarak bunları genel ekonomik durum, endüstri özellikleri ve firma özellikleri olmak üzere üç başlık altında toplamak mümkündür.

Bir şirketin sağlıklı finansal kararlar alabilmesi genel ekonomik koşullarla doğrudan ilgilidir. Bir ülkenin para birimi ve sermaye piyasasının işleyişi, gelişmişlik düzeyi, yönetim tarzı, siyasi istikrar gibi faktörler birbirine bağlı bir zincir oluşturarak etkin bir şekilde işlemektedir. Bu unsurlardan herhangi birinin bozulması diğer unsurları olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Genel ekonomik koşullar, bir işletmenin

finansman kaynaklarını güvence altına almanın ne kadara mal olacağının ve finansman kaynaklarının seçiminin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İşletmelerin genel ekonomik durumunu değerlendirirken dikkate alması gereken faktörler arasında faaliyet miktarındaki değişiklikler, döviz ve sermaye piyasalarındaki dalgalanmalar, vergi oranlarındaki değişiklikler ve döviz kurlarındaki dalgalanmalar yer almaktadır (Karadeniz, 2008: 56). Döviz piyasasının ve döviz kurlarının gelişimi yerli veya yabancı para cinsinden borçlanma konusunu etkilemektedir. Kârlarının büyük bir kısmını döviz üzerinden elde eden şirketler, döviz kurlarındaki dalgalanmalar nedeniyle kur riskine maruz kalabilmektedir. Bu koşullar bir şirketin sermaye yapısı seçimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Diğer taraftan borçlanma imkanlarının kısıtlı olduğu ülkelerde şirketler daha fazla öz sermaye kullanımında bulunacaklardır. Finansal piyasaları gelişmiş ve yabancı kaynak kullanımında kısıtlama bulunmayan ülkelerde faaliyet gösteren şirketler için finansman genellikle yabancı kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu sayede firmalar kaldıraç etkisinden daha fazla yararlanma fırsatına sahip olmaktadırlar. Ülkemizde ise ekonomik koşullar nedeniyle uzun vadeli borçlanma imkanı çok fazla olmadığından şirketlerin kısa vadeli borçlanmayı tercih etmeleri risklerin artmasına yol açmaktadır. Şirket sahipleri veya yöneticileri kaldıraç etkisinden yararlanmak için borç almayı seçtiğinde de risk artmaktadır. Bu durum çoğu zaman karlılık üzerinde olumsuz etki yaratabilmektedir (Akkaya, 2008: 2-3).

Sermaye yapısının belirlenmesindeki etkili unsurlardan bir diğeri de faaliyet gösterilen sektörün özellikleridir. Bazı sektörlerin satış ve üretim oranları ekonomik aktiviteden çok fazla etkilenmezken, bazı sektörler bu durumdan fazlaca etkilenmektedir. Bilhassa dayanıksız tüketim malı üreten sektörlerde ekonomik dalgalanmalardan etkilenenlerin oranı oldukça düşüktür. Bu sektörlerde finansal kaynak seçiminde esneklik ve riskin dikkate alınması gerekmektedir. Finansman riskini artıran ağır borç yükü, faaliyetin atıl olmadığı dönemlerde şirketler için sorun yaratabilmektedir. Ekonomik dalgalanmalara karşı oldukça hassas olan sektörlerde risklerden korunmak için öz sermaye kullanımına önem verilmesi oldukça önemlidir (Kurshev ve Strebulaes, 2006: 32-42).

Sermaye yapısı belirleyicilerinden en önemlisi ise firmanın özellikleridir. Bir firmanın organizasyon yapısı ve yasal statüsü, büyüklüğü, yaşı, varlık yapısı, büyüme

fırsatları, yönetimsel tutumu ve karlılığı gibi özellikleri sermaye yapısı kararlarını etkilemektedir. Bir şirketin organizasyon biçimi ve yasal yapısı, finansman kaynaklarına erişim ve maliyet üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şahıs mülkiyetinde şirket için gerekli olan finansal kaynaklara ulaşmak ve maliyetleri tahmin etmek şirket sahibinin öz sermayesine ve güvenilirliğine bağlıyken, sermaye şirketleri finansal kaynaklara daha kolay ve daha az maliyetle ulaşabilmektedir (Cassar ve Holmes, 2003: 130-132). Bunun nedeni, fon sağlayıcının, fonun geri ödenmeme riskini sermaye şirketi içindeki birden fazla kişi ve şirkete dağıtmasıdır. Bu nedenle sermaye şirketleri sermaye piyasalarından özel şirketlere göre daha düşük maliyetlerle daha fazla fayda sağlayabilmektedir.

Firmanın özellikleriyle ilgili sermaye yapısı belirleyicileri üzerinde etkili olan başka bir unsur ise firmanın büyüklüğüdür. Finansal Dengeleme Teorisi çerçevesinde, büyük şirketlerin genellikle daha az riskli ve iflas olasılıklarının daha düşük olduğu düşünüldüğü için öz sermaye yerine borç finansmanını tercih ettikleri düşünülmektedir. Bu durum şirket büyüklüğü ile kaldıraç arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Kakıllı ve Acaravcı, 2015: 161). Dolayısıyla bir işletme büyüdükçe sermaye piyasalarından fon toplamak kolaylaşmakta, bu da borçlanma faizlerini düşürerek iflas riskini azaltmaktadır. Bu pozitif ilişki aynı zamanda firma gelirlerinin düzenliliği ile de açıklanmaktadır. Mateev vd. (2013) Orta ve Doğu Avrupa'daki küçük ve orta ölçekli işletmeler üzerine yaptığı çalışma, işletmelerin sermaye yapısını açıklamada büyüklüğün önemini vurgulamıştır. Büyük şirketlerin borç/öz sermaye oranları küçük şirketlere göre daha yüksektir. Bunun nedeni, küçük işletmelerin uzun vadeli borçlara erişiminin sınırlı olmasıdır. Ancak kısa vadeli banka kredileri yoluyla kaldıracı artırma fırsatları da mevcuttur. Araştırmada orta ölçekli şirketlere verilen banka kredilerinin borç finansmanının ana kaynağı olduğu ve bu şirketlerin küçük ve orta ölçekli şirketlere kıyasla uzun vadeli borçlara erişimlerinin olduğu ortaya konmuştur (Lindberg ve Johansson, 2022: 20-21).

Büyüme fırsatları da sermaye yapısı tercihinde etkilidir. Myers ve Majluf (1984), yüksek büyüme potansiyeli olan şirketlerin öz sermaye finansmanına yönelmeleri gerektiğini savunmaktadır. Bunun nedeni, yüksek kaldıraçlı şirketlerin karlı yatırım fırsatlarını kaçırma riskinin daha yüksek olmasıdır. Finansal Dengeleme modeli daha fazla yatırım fırsatına sahip firmaların daha düşük kaldıraç kullanacağını

öngörmektedir. Bu durum, hissedarlar ve alacaklılar arasındaki anlaşmazlıklar nedeniyle ortaya çıkabilecek yetersiz yatırım sorunlarının önlenmesine yönelik bir tercih olarak yorumlanmaktadır. Bu teoriye göre, kaldıraç ve yatırım fırsatları arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca büyüme fırsatları, şirkete değer katsa bile teminat olarak kullanılamayacak varlıklar olarak değerlendirilmektedir. Temsilcilik sorunları nedeniyle büyüme fırsatları ile sermaye yapısı arasında negatif bir ilişki olması beklenmektedir. Bu nedenle büyüme fırsatı yüksek olan şirketlerin ilk aşamada borçlanmaya gitmemesi ve kaldıraç oranlarının büyüme fırsatlarıyla ters orantılı olması öngörülmektedir (Drobetz ve Fix, 2003). Ancak bazı çalışmalar büyüme fırsatları ile kaldıraç arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir (Kakıllı Acaravcı, 2015: 160-161).

Sermaye yapısının belirleyicileriyle ilgili olarak firmanın yaşı da dikkate alınmaktadır. Her zaman yüksek karlılık göstermeseler de daha yaşlı firmalar genellikle borç bulma konusunda daha avantajlıdır. Zamanla büyüyerek finansal piyasalarda güçlü ilişkiler geliştiren bu firmalar, kredi kullanımında daha düşük faiz oranlarından yararlanabilmektedir. Buna karşılık, daha genç firmalar, büyüme fırsatlarını değerlendirmek için yeterli zaman bulamayabilirler ve varlıklarının büyük çoğunluğu maddi olmayan nitelikte olabilir. Bu tür firmaların büyüme fırsatları olmasına rağmen, bu fırsatları değerlendirmenin zorluğu nedeniyle finansman seçenekleri sınırlıdır (Ibbotson ve Ritter, 1995: 1007).

Firmanın varlıklarının yapısı da sermaye yapısının belirleyicilerindendir. Bir firmanın varlıkları genel olarak maddi varlıklar ve maddi olmayan varlıklar olarak ikiye ayrılabilir. Maddi varlıklar fiziksel varlıkları ifade ederken, maddi olmayan varlıklar araştırma ve geliştirme, marka değeri ve fikri mülkiyet hakları gibi unsurları içermektedir. Maddi varlıklar teminat olarak sunulabilirken maddi olmayan varlıklar teminat olarak sunulamamaktadır. Bu da bir şirketin finansman tercihini büyük ölçüde etkilemektedir. Özellikle bir şirketin maddi varlıklarının oranı arttıkça borç finansmanının da artması beklenmektedir (Harris ve Raviv, 1990: 323). Aynı zamanda şirketlerin aktif yapılarının sektörler arası farklılıkları da şirketlerin finansman tercihlerini etkileyen önemli bir faktördür. Varlık yapısındaki farklılıkların sektörel farklılıkları yansıttığı düşünülmektedir. Borç oranlarının belirlenmesinde toplam aktifler içerisinde yer alan maddi duran varlıkların miktarı etkilidir. Bilançolarında

daha fazla maddi kaynakları bulunan şirketlerin tasfiye sırasında daha değerli görülmesi nedeniyle, bu şirketlere borç verenler kredi verme konusunda daha istekli olmaktadır. Bir şirketin tasfiye değeri maddi duran varlık miktarı arttıkça artmaktadır. Duran varlık oranının yükselmesi, iflas durumunda şirketin yanlış fiyatlama olasılığını azaltan bir faktördür. Bir firmanın borçlanmadan faydalanabilmesi için seçilen kaynak yapısının da firmanın sektörel yapısına uygun olması gerekmektedir. Bu bakımdan optimal düzeyde belirlenen bir kaynak yapısı, öz sermaye ve borç dengesinin sağlanmasını kolaylaştıracaktır (Deesomsak vd., 2004: 8; Çabuk ve Lazol, 2013: 217-218).

Bir firmanın kârlılığının da sermaye yapısı üzerinde etkili olduğu belirtilebilir. Nitekim Finansal Dengeleme Teorisi, kârlı şirketlerin kârsız şirketlere göre daha fazla borç almayı seçeceğini savunarak, kârları vergiden korumak için borcun önemini vurgulamaktadır. Bu görüşün aksine Hiyerarşi teorisi, kârlı şirketlerin borca daha az ihtiyaç duyacağını ve birincil finansman kaynağı olarak iç fonları kullanmayı tercih edeceğini savunmaktadır. Bu nedenle kârlı şirketlerin borç oranının zamanla azalması beklenmektedir (Lindberg ve Johansson, 2022: 21). Hiyerarşi teorisini destekleyen Kester (1986: 12), kârlılık ile kaldıraç arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu ilişkinin hem ABD hem de Japonya'daki şirketler için olumsuz olduğunu bulmuştur. Kaldıraç yoluyla elde edilen vergi avantajlarına rağmen kârlı şirketlerin ek risk almaktan kaçındığı görülmektedir. Ampirik çalışmaların, kârlılığın kaldıraç üzerindeki etkisine ilişkin tutarlı teorik tahminlerde bulunmadığı söylenebilir. Finansal Dengeleme Teorisi, yüksek kârlı şirketlerin vergi avantajı elde etmek için daha fazla borç alması gerektiğini savunurken, serbest nakit akışı teorisi, yöneticilerin verimsiz projelere yatırım yapmasını önlemek ve onları nakit dağıtmaya teşvik etmek için şirketlerin daha fazla borç alması gerektiğini öne sürmektedir. Borç yoluyla sağlanan finansmanın borçlanma maliyetinin düşük olması, şirketlerin kaldıraç etkisinden yararlanmasını sağlayarak karlılığı artırmaktadır (Akkaya, 2008: 3). Borç kullanan şirketlerin en büyük avantajı, borcun faiz ödemelerini vergiden düşerek tasarruf edebilmeleridir. Bu avantajlar şirketleri, sermaye yapılarını oluştururken borç kullanmaya yöneltmektedir. Gelecekte genel ekonomide gelir vergisi oranlarının artacağına ilişkin beklentiler hakim olursa kurumsal borç finansmanı artacaktır (Lindberg ve Johansson, 2022: 21).

Toparlamak gerekirse sermaye yapısı kararları öz sermaye ve dış kaynakların toplam borca oranını belirlemektedir. Sermaye yapısında kullanılan borç finansmanının çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Borç finansmanının borcun maliyetini düşürmesi, ödenen faizin vergi matrahından düşülmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan dezavantaj ise borç kullanımının finansman riskini arttırmasıdır. Bu durum şirketin hem öz sermaye maliyetini hem de borç maliyetini artırmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise faaliyet kârının faiz giderlerini karşılamada yetersiz kalması nedeniyle şirketin zor günler geçirmesidir. Bu durumda şirket iflas edebilir. Borç kullanımının yarattığı riskler nedeniyle, işletme nakit büyümesi ve kazanç dalgalanmaları yüksek olan şirketler, borç kullanımlarını sınırlama eğilimindedir (Brigham ve Houston, 2014: 21-22).

2.3. Sermaye Bütçelemesi

Sermaye bütçelemesi bir yıldan fazla fayda sağlaması beklenen varlıklara yapılan yatırımların belirlenmesi ve seçilmesi süreci şeklinde tanımlanabilir (Fabozzi ve Peterson, 2002: 5). O'Sullivan ve Sheffrin'e (2003) göre ise sermaye bütçelemesi, bir kuruluşun makine değişimleri, yeni makineler, yeni ürünler, yeni tesisler, araştırma ve geliştirme projeleri gibi uzun vadeli yatırımlarının firmanın sermaye kaynaklarıyla finanse edilmesine değip değmeyeceğinin değerlendirilmesine dayanan bir planlama sürecidir.

Sermaye yatırımları, uzun vadeli varlıkların (örneğin üretim tesisleri, faydalı ömrü birkaç yıl olan makine ve ekipmanlar) edinilmesini içeren yatırımlardır. Sermaye bütçelemesi ise bu tür sermaye yatırımlarının ömürleri boyunca finansal sürdürülebilirliğini tahmin etmeye yönelik bir yöntemdir. Diğer yatırım analizi türlerinden farklı olarak sermaye bütçelemesi kârdan ziyade nakit akışına odaklanmaktadır. Bu süreç, yatırımlardan elde edilen gelir ve giderlerin muhasebeleştirilmesi yerine nakit giriş ve çıkışlarının belirlenmesini içermektedir. Örneğin borç anapara ödemeleri gibi gider kalemleri nakit akışı işlemleri olduğundan sermaye bütçelemesine dahil edilirken amortisman gibi nakit dışı maliyetler, nakit akışını etkilemedikleri için bu analize dahil edilmemektedir. Nakit dışı maliyetler, sadece vergi sonrası nakit akışına etkide bulunması halinde dikkate alınmaktadır (Ma'aji ve Barnett, 2019: 173; Hofstrand, 2023: 1).

2.3.1. Sermaye Bütçelemesi Teorik Yaklaşımları

İşletmelerin uzun vadeli yatırım kararları almalarında sermaye bütçeleme yöntemleri oldukça önemlidir. Bu yöntemler, firmaların çeşitli yatırım fırsatlarını değerlendirmesine, sermaye kaynaklarını en verimli şekilde kullanmasına ve en iyi değeri sağlayacak projeleri seçmesine olanak tanımaktadır. Dolayısıyla firmalar sermayeyi daha etkin dağıtarak gereksiz yatırımların önüne geçebilmektedir (Kalkan, 2023: 596). Yatırım projelerinin başarılı analizi, sermaye bütçeleme yöntemlerinin etkin kullanımını gerektirmektedir. Her yöntemin artıları ve eksileri olduğundan, sermaye bütçelemesi sürecinde tek bir yönteme bağlı kalmak yerine çeşitli yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Hine ve Pritchett, 2003: 1).

Firmaların yatırım projelerini değerlendirirken kullandıkları yöntemler statik yöntemler ve dinamik yöntemler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Paranın zaman değerini dikkate almayan yöntemler "statik", paranın zaman değerini dikkate alan yöntemler ise "dinamik" yöntemler şeklinde adlandırılmaktadır. Statik yöntemler tek dönemli zaman boyutunda kullanılmaktadır. Çünkü statik yöntemlerde süreç içerisindeki parasal değer kaybı dikkate alınmamaktadır. Dinamik yöntemler ise çok dönemli projelerde gelecekteki nakit akışlarının bugüne indirgenmesine dayanmaktadır (Kanat, 1995: 15).

a) Paranın Zaman Değerini Dikkate Almayan (Statik) Yöntemler:

Geri ödeme süresi yöntemi ve projenin ortalama karlılığı yöntemi paranın zaman değerini dikkate almayan yöntemler olarak bilinmektedir. 1950'li yıllara kadar yatırım projelerinin değerlendirilmesinde statik yöntemler kullanılırken, 1950'lerden sonra indirgenmiş nakit akışı yöntemleri veya dinamik yöntemler kullanılmaya başlanmıştır (Yılmaz Özekenci ve Düzakın, 2022: 605). Günümüzde yatırım projelerinin değerlendirilmesinde statik yöntemlerden temel karar kuralı olarak yararlanılmasa da anlaşılması ve kullanılması kolay bu yöntemler, halen ön fikir sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden aşağıda kısaca söz edilmiştir.

Geri Ödeme Süresi Yöntemi: Sağlıklı nakit akışı bir işletme için oldukça önemlidir; çünkü pek çok yönetici yatırımlarını nakit akışı tahminlerine göre planlamaktadır. Amaçları, ilk yatırımın telafisi için gereken minimum süreyi belirlemektir. Eğer iki yatırım alternatifi söz konusuysa, yönetim tarafından başlangıç

maliyetlerini mümkün olan en kısa sürede telafi edecek olan seçilmelidir. Bu yönteme geri ödeme süresi yöntemi adı verilmektedir. Bu yöntem genellikle kullanımının kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir (Needles vd., 2008: 1259).

Geri ödeme süresi, projeden elde edilmesi beklenen net nakit girişinin zaman içinde dalgalanıp dalgalanmadığına bağlı olarak iki şekilde hesaplanmaktadır (Akgüç, 1998: 336):

1) Projenin sağlayacağı net nakit girişinin uzun yıllar boyunca sabit kalması durumunda;

$$Geri\ Ödeme\ Süresi = \frac{Sabit\ yatırım\ Tutarı}{Yıllık\ Net\ Nakit\ Girişi} \quad (2.1)$$

2) Projeden sağlanması beklenen net nakit girişinin yıllar itibarıyla dalgalanma göstermesi durumunda geri ödeme süresi, projenin sağlayacağı net nakit girişlerinin sabit yatırım tutarına eşitlenene kadar eklenmesiyle hesaplanmaktadır.

Projenin Ortalama Kârlılığı Yöntemi: Yaklaşık öz sermaye getirisi, ortalama öz sermaye getirisi, ortalama muhasebe getirisi, karlılık oranı yöntemi gibi çeşitli isimlerle bilinen bu yöntem, bir projeden elde edilen kârı, projeye yapılan yatırım maliyetleriyle karşılaştırır. Hesaplamada net kâr veya faaliyet kârının yanı sıra belirli bir yıla ait kâr miktarı veya projenin ekonomik ömrü boyunca elde edilen ortalama kâr miktarı da kullanılabilir.

$$Projenin\ Ortalama\ Karlılığı = \frac{Ortalama\ Net\ Kar}{Ortalama\ Yatırım\ Tutarı} \quad (2.2)$$

Bu yöntemi kullanmanın amacı, bir projenin beklenen karlılığını önceden belirlenmiş bir limitle karşılaştırmaktır (Clark vd., 1989: 72).

b) Paranın Zaman Değerini Dikkate Alan (Dinamik) Yöntemler

Sermaye yatırımları yıllara yayılan uzun vadeli nakit akışlarını kapsamaktadır. Yatırım projeleri statik yöntemlerle değerlendirilirken paranın zaman değeri göz ardı edilmekte ve tüm nakit akışları eşit kabul edilmektedir. Ancak bu durum yatırımcıları yanlış kararlar almaya itmektedir. Günümüzde bir şirketin değerini maksimuma çıkarmak isteyen yatırımcılar paranın zaman değerini dikkate alan yöntemlerden yararlanmaktadır (Peterson ve Fabozzi, 2002: 73). Paranın zaman değerini dikkate alan başlıca yöntemler; net bugünkü değer yöntemi, iç getiri oranı yöntemi, düzeltilmiş

iç getiri oranı yöntemi, karlılık endeksi yöntemi ve yıllık eşdeğer gider yöntemidir (Yılmaz Özekenci ve Düzakın, 2022: 606).

Net bugünkü değer yöntemi (NBD): Net bugünkü değer yönteminde paranın zaman değeri, yatırımın ekonomik ömrü ve hurda değeri göz önünde bulundurulmaktadır. Bir yatırımın net bugünkü değeri, yatırımın ekonomik ömrü süresince yaratacağı nakit giriş ve çıkışlarının önceden belirlenmiş belirli bir iskonto oranıyla bugünkü değerine çevrilen tutarlarının toplamıdır (TÜRKO, 2002: 326).

Bu yöntemde, belirli bir iskonto oranı (k) ile hesaplanan nakit girişlerinin bugünkü değeri (Cl), nakit çıkışlarının bugünkü değerinden (CO) çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Değer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CI_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{CO_t}{(1+k)^t} \quad (2.3)$$

NPV>0 olduğunda karlı bir yatırımdır ve istenen getirinin yatırıma eşit veya daha yüksek olduğu, yani sonucun kabul edilebilir olduğu anlaşılmaktadır. NPV<0 olduğundaysa karsız bir yatırım olduğu anlaşılmaktadır. Yani beklenen getiri yatırımdan daha düşüktür, bu da bu yatırım projesinin muhtemelen reddedileceği anlamına gelmektedir (Sarıarslan, 2003: 23).

İç Getiri Oranı (IRR) Yöntemi: İç verim oranı yöntemi olarak da isimlendirilen iç getiri oranı yöntemi, net bugünkü değer yöntemine benzemektedir. Bu yöntemde yatırımın karlılığı vurgulanmakta olup paranın zaman değeri göz önünde bulundurulmaktadır. Bazı yöneticiler, getirileri karşılaştırmalı oranlar üzerinden değerlendirmek yerine, yatırım alternatiflerini analiz etmek için net bugünkü değer ve net bugünkü değere göre analizi daha zor olan iç getiri oranı yöntemini kullanmaktadır (Stice vd., 2011: 1189).

İç getiri oranı, esasında bir yatırımın ne ölçüde katma değer sağlayacağını ifade etmektedir. Daha doğrusu belli bir dönemde elde edilen katma değer serisini yatırım miktarına eşitleyen iskonto oranıdır (Boyacıoğlu, 1994: 89).

İç getiri oranı yönteminde bağımsız projeler açısından temel karar kuralı, iç getiri oranının istenen getiri oranına eşit veya daha büyük olması durumunda kabul edilmesi, sermaye maliyetinden daha düşük maliyetli projelerin ise reddedilmesidir. Birbiriyle ilişkili projeler için karar kuralı ise istenilen getiri oranının üzerinde en yüksek IRR'ye sahip olan projenin seçilmesidir (Baker ve Powell, 2005: 241).

Düzeltilmiş İç Getiri Oranı (MIRR) Yöntemi: Net bugünkü değer yöntemi literatürde daha çok talep görse de iç getiri oranı yöntemi pratikte daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. Nitekim Graham ve Harvey (2002) tarafından finans yöneticileri üzerinde yapılan çalışmada katılımcıların %75,7'sinin iç getiri oranı yöntemini, %74,9'unun net bugünkü değer yöntemini tercih ettiği belirlenmiştir. İç getiri oranı yöntemi pratikte genel olarak kabul edilse de yeniden yatırım sorunu nedeniyle hatalı kararlara neden olabilmektedir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan bu yöntemin söz konusu eksikliği iç verim oranı (MIRR) yöntemi kullanılarak giderilmeye çalışılmıştır. Düzeltilmiş iç getiri oranı, bir projenin beklenen getiri oranını yeniden yatırılan net nakit akışlarının ve başlangıç yatırımının net bugünkü değerlerini sıfıra eşitleyen bir getiri oranıdır (Quiry vd., 2011: 311).

Karlılık endeksi : Kârlılık endeksi, projenin net yatırımının projedeki net nakit girişlerine olan oranıdır. Nakit girişlerinin mevcut değeri, gelecekteki nakit girişlerinin mevcut değeriyle nakit çıkışlarının mevcut değeri arasındaki farka eşittir. Net yatırım projelerinin maliyetinin ciddi bir kısmını oluşturan net nakit girişlerinin mevcut değeri, proje değerindeki çıkış ölçüsünü temsil etmektedir. Bu iki varsayıma göre karlılık endeksi bir şirketin verimliliğini ölçmektedir. Daha yüksek bir endeks daha verimli bir yatırımdır (Kinney ve Raiborn, 2008: 607).

Kârlılık endeksi (PI) yöntemi, net bugünkü değer yöntemi gibi nakit giriş ve çıkışları baz alınarak hesaplanmaktadır. Karlılık endeksi; yatırım projesinde kullanılan nakit girişlerinin (Cl) bugünkü değerinin, nakit çıkışlarının (CO) bugünkü değerine bölünmesiyle bulunmaktadır (Sarıarslan 2003: 26-27).

$$Karlılık\ Endeksi\ (PI) = \frac{Nakit\ Girişlerinin\ Net\ Bugünkü\ Değeri}{Nakit\ Çıkışlarının\ Net\ bugünkü\ Değeri} \qquad (2.4)$$

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{CI_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{CO_t}{(1+k)^t}} \qquad (2.5)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

Karlılık Endeksi (PI) > 1(Kabul edilir)

Karlılık Endeksi (PI) = 1(Kabul edilir)

Karlılık Endeksi (PI) < 1 (Ret edilir)

Yukarıdaki formül kullanılarak hesaplanan karlılık endeksi (PI), bir projenin birim yatırıma göre karlılığını ortaya koyan bir ölçüdür. PI değeri 1'den büyükse, istenen getiri veya iskonto oranından daha çok getiri elde edildiği anlaşılmaktadır. Alternatif projeler karşılaştırılırken, büyük PI'ya sahip projeler tercih edilmektedir (Clark vd., 1989: 83).

Yıllık eşdeğer gider yöntemi (EAC): Eşdeğer yıllık maliyet, proje maliyetlerinin bugünkü değerine eşit olan periyodik maliyetlerin miktarına eşittir. Yıllık eşdeğer gider yöntemi bilhassa ekonomik ömürleri farklılık gösteren makine ve ekipmanların yenilenmesi ve değiştirilmesi kararlarında etkili sonuçlar sunmaktadır. Bu yöntemde ilk önce nakit akışlarının net bugünkü değeri hesaplanmakta ve hesaplanan bu değer, sermaye getiri faktörü ile çarpılarak dönemsel maliyet tutarına çevrilmektedir. Net bugünkü değer hesaplamasında gelecekteki nakit akışları bugünkü değerleri ile ifade edilirken, yıllık eşdeğer gideri yönteminde bu hesaplama tersine çevrilmekte ve bugünkü değer gelecekteki nakit akışlarına (Yılmaz Özekenci ve Düzakın, 2022: 606).

Sermaye bütçeleme kararları günümüzün küresel rekabet ortamında kritik öneme sahiptir. Fakat geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, yatırımların nakit akışlarını bir senaryo dahilinde tahmin ederek pasif bir yönetim stratejisi izlemektedir. Yani geleneksel yöntemler, yönetimin kararlarını piyasa gelişmelerine göre değiştirme veya revize etme esnekliğini dikkate almamaktadır. Halbuki belirsizliğin ve rekabetin hâkim olduğu piyasa şartlarında, yeni bilgiler elde edildikçe, belirsizlik azaltıldıkça veya ortadan kaldırıldıkça, yöneticiler kayıpları azaltmak veya daha uygun fırsatlardan yararlanmak için başlangıçtaki işletme stratejilerini değiştirme esnekliğine sahip olabilirler (Hofstrand, 2023: 8).

2.3.2. Sermaye Bütçelemesinin Temel Belirleyicileri

Finans yöneticileri, işletmenin ihtiyaç duyduğu fonların nereden ve nasıl toplanacağı, bu fonların nasıl ve nerede değerlendirileceği gibi hususlarda işletmelere yarar sağlamaktadır. Bir şirketin finansal kaynakları ne kadar güçlü ve kapsamlı olursa olsun, mevcut yatırım projelerinin tamamını aynı anda finanse etmesi ve hayata geçirmesi oldukça zordur. Bu durum hemen hemen bütün işletmelerin kaynak kısıtlılığı altında çalıştığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle şirketlerin veya proje yöneticilerinin sınırlı kaynakları verimli kullanmak için rakip yatırım teklifleri

arasından seçim yapması, projeleri önem sırasına göre sıralaması ve bazı yatırım projelerinden belirli bir süreliğine vazgeçmesi gerekmektedir.

Bu durumda işletmelerin ne yapması gerektiği sorusu akla gelmektedir. Şirketler, hangi yatırımların hedeflerine yönelik en iyi sonuçları sağlayacağına dair değerlendirme kriterleri belirlemelidir. Yatırım projesi değerlendirme kriterlerini belirlerken en önemli nokta işletmenin amacıdır. Günümüzde işletmelerin pek çok amacı bulunmakla birlikte öne çıkan amaçlar arasında yatırım, finansman ve temettü dağıtım kararlarının bir fonksiyonu olarak kurumsal değeri en üst düzeye çıkarmak sayılabilir (Vanhorne, 1980: 2).

Yatırım kararları alınırken sağlıklı veri, bilgi ve tahminler kararların temelini oluşturmaktadır. Yatırım projelerini değerlendirmek için sermaye bütçeleme sürecinde rol oynayan yatırım için gereken harcama tutarı, işletme için gerekli olan sermaye, yatırımdan sağlanacak nakit akış, yatırımın ekonomik ömrü, hurda değeri ve yatırımdan beklenen getiri oranı dikkatlice belirlenmelidir (Gereklioğlu Düzakın, 2013: 176). Dolayısıyla "sermaye bütçelemesinin temel belirleyicileri" ifadesi, işletmelerin sermaye bütçelemesi kararları alırken dikkate aldığı en önemli faktörleri ifade etmektedir. Bu faktörler, işletmelerin yatırım yapacakları projeleri seçerken ve kaynak tahsis ederken göz önünde bulundurmaları gereken temel kriterlerdir. Bu kriterleri kısaca açıklamak gerekirse;

a) Nakit Akışları: Bir yatırım projesinin gelecekte yaratacağı nakit akışı, sermaye bütçeleme kararlarının en önemli belirleyicilerinden biridir. Bir projenin sağladığı gelir ve katlandığı maliyetler, o projenin yatırım çekiciliğini doğrudan etkilemektedir. Bir projenin onaylanması durumunda şirket değerindeki değişimi belirlemek için projenin gelecekte yaratacağı nakit akışlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak mevcut nakit akışı tahminleri altın tepside sunulmamaktadır (Brealey ve Myers, 2003: 119). Nakit akışını tahmin etmek finans profesyonellerinin pazarlama araştırması, üretim planlaması, yöneylem araştırması, muhasebe verileri ve geçmiş deneyimlere dayanarak toplanan ham verilerden kapsamlı bir analiz yoluyla belirlemesini gerektirmektedir.

b) Projenin Risk ve Getiri Oranı: Yatırımın içerdiği riskler ve bu risklerden beklenen getiri önemlidir. Riski yüksek projelerin aynı zamanda beklenen getiri

oranlarının da yüksek olması gerekmektedir. Riskler genellikle piyasa koşulları, ekonomik değişkenler ve projenin başarı olasılığı gibi faktörlerle alakalıdır.

Bir yatırımın beklenen getiri oranı, yatırım gerçekleştiren kişi ya da kurumun yatırımdan elde etmeyi beklediği asgari getiri veya karlılık oranıdır. Bir yatırımcının beklenen asgari getiri oranı, alternatif yatırımların karlılığı, enflasyon oranları, faiz oranları ve yatırım risk düzeyi gibi etkenler tarafından belirlenmektedir (Yeniay, 2010).

İşletmelerin bugün alması gereken yatırım kararları, uzun vadeli başarılarını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Bilindiği üzere üretim kaynakları sınırlıdır ve bu sınırlı kaynakların verimli ve doğru yatırımlar için kullanılması şirketlerin devamlılığı bakımından çok önemlidir. Bierman ve Smidt (1993)'e göre, bir yatırıma hangi kaynakların tahsis edileceğine karar verebilmek için, yatırımın şirkete sağlayacağı beklenen yararların değerlendirilmesi gereklidir. Ayrıca beklenen yararların gerçekleşmesi uzun zamana yayıldıkça, uzun vadeli bir belirsizlik de söz konusu olacağından yanlış karar verme olasılığının arttığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla bir yatırımdan beklenen yararın gerçekleşmesi ne kadar uzun sürerse riskin de o kadar artması söz konusudur. Bu nedenle uzun vadede şirkete yararına olacak yatırımları içeren doğru sermaye bütçeleme kararlarının alınması, şirketin kıt kaynaklarının doğru yerlere taşınması ve verimli kullanılması bakımından oldukça önemlidir (Aslan ve Erden, 2021: 133).

c) Sermaye Maliyeti: Sermaye maliyeti, bir işletmenin dış kaynaklardan ya da kendi sermayesinden sağladığı finansmanın maliyetidir. Sermaye maliyeti, işletme hissedarlarının bir projeyi yürütmek için arzuladığı minimum riske göre düzeltilmiş getiri oranıdır (Shapiro, 2005: 143). Sermaye maliyeti fırsat maliyetidir. Kabul edilebilir asgari getiri oranı olan sermaye maliyeti, bir yatırımcının eşit derecede riskli bir fırsattan sağlayacağı getiridir Varlık finansmanında hem borç hem de öz sermaye alternatiflerini kullanan işletmeler için öncelikle sermaye maliyetinin dikkate alınması gerekmektedir (Seitz ve Ellison, 1999: 530).

d) Yatırımın Stratejik Uygunluğu: Sermaye bütçelemesinde bir projenin, işletmenin uzun vadeli stratejik hedefleriyle uyumlu olma derecesi de önemlidir. Yatırım projeleri, bir işletmenin büyüme planları, rekabet avantajı sağlama stratejileri ya da pazar genişlemesi stratejileriyle örtüştüğü takdirde daha cazip hale gelmektedir.

e) Projenin Ekonomik Ömrü: Projenin yarar sağladığı sürenin uzun olması yani ekonomik ömrü de yatırım kararlarında belirleyici bir faktördür. Genellikle kısa vadeli getiri yerine uzun vadeli karlılık sunan projeler tercih edilmektedir. Bir varlığın ekonomik veya faydalı ömrü, fiziksel aşınma ve yıpranma, teknolojik eskime veya ürün pazarındaki rekabetin derecesi tarafından belirlenmektedir (Fabozzi ve Peterson 2002: 8). Bu kapsamda bir yatırımın fiziki ömrü ile ekonomik ömrü birbiriyle karıştırılmaması gereklidir. Fiziksel ömür; bir ürünün belli kalite standartlarına göre üretilebildiği süre olarak tanımlanabilir. Ekonomik ömür ise kar sağlarken üretimin devam edebileceği süre olarak tanımlanabilir.

f) Yatırımın Hurda Değeri: Hurda değeri, bir yatırımın ekonomik ömrü neticesindeki değeridir. Hurda değeri nakit girişi olarak kabul edilmektedir ve yatırımın ekonomik ömrünün sona ermesi halinde net nakit girişine eklenmektedir. Yenileme yatırımlarında eski yatırımın hurda değeri yeni yatırım tutarından düşülmektedir. Özellikle yatırım sonunda yüksek hurda değerinin beklendiği durumlarda, hurda değerinin doğru tahmin edilmesi, sağlıklı yatırım kararları verilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Akgüç, 1998: 330).

2.4. Finansman Kararlarını Etkileyen Faktörler

İşletmelerin borçlanma veya öz kaynak gibi finansman tercihlerinde çeşitli faktörler etkilidir. Bir işletmenin sermaye yapısını borç oranını düşürecek şekilde değiştirmek, yani öz sermaye finansmanına odaklanmak, vergi tasarrufu ve finansal kaldıraç avantajlarından yararlanma fırsatını azaltmaktadır. Aşırı bir durum olarak; tamamen öz sermaye ile finanse edilen işletmeler, borcun vergi tasarrufundan yararlanamamaktadır. Bu sebeple firmaların ihtiyaçlarını borç yoluyla finanse etmeyi tercih etmelerinin temel nedeni borçlanma maliyetinin öz sermaye maliyetinden daha düşük olmasıdır (Ceylan ve Korkmaz, 2013: 289). Scherr vd. (1993) ise kişisel özelliklerin bireyin risk tercihlerini etkileyebileceğini ve bunun da finansman kararlarını etkileyebileceğini öne sürmektedir. Hendon ve Bell (2011) ise finansman kararlarında cinsiyetin önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Kadın girişimcilerin genel olarak dış finansmana bağımlılıktan kaçındıklarını ve iç finansmana daha çok güvendiklerini ifade etmişlerdir. Scherr vd. (1993), erkeklerin kadınlara göre daha fazla borçlanmaya başvurduklarını, bunun da kadınların riskten daha fazla

kaçınmasından veya kredi kararlarında ayrımcılık yapılmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ancak Mamonov ve Malaga (2020), öz sermaye finansmanı platformlarının kredilendirmede, cinsiyete dayalı ayrımcılık yapmadığını ileri sürmüşlerdir.

Borç pozisyonunda sektör türünün de önemli rol oynadığı belirtilmektedir. Bazı sektörlerde kredi sağlanması daha kolayken bazı sektörler için kolay olmayabilmektedir. Girişimcilerin belirli bir sektörün risklerine ilişkin algıları, finansman seçeneklerini ve kararlarını etkileyerek yeni firmaların dış finansman kaynaklarına erişimini sınırlayabilmektedir. Erdoğan (2018), volatilitenin yüksek olduğu şirketlerin sermaye temininde daha fazla zorlukla karşılaşabileceğini belirtmektedir. Örneğin gıda sektörü istikrarlı bir yapıya sahip olduğundan finansmana erişim daha kolaydır. Benzer şekilde, imalat sektöründeki birçok işletme, kredi sağlayıcılarını ikna etmek için deneyimli danışmanlara ve iyi hazırlanmış iş planlarına güvenmektedir. Bu durum, belirli sektörlerdeki yeni işletmelere finansman sağlamada bankaların rolünü artırmaktadır.

Başarıyı ölçmenin zorluğu nedeniyle yatırımcılar özellikle bazı sektörlerde küçük işletmeleri desteklemekte tereddüt edebilmektedir. Vasilescu (2014), bu tür şirketlerin sıklıkla soyut ürünler ürettiğini, bunun da fon verenlerin maddi değeri değerlendirmesini zorlaştırdığını belirtmektedir. Pedauga vd. (2022), turizm ve ulaştırma sektörlerindeki işletmelerin, diğer sektörlerdeki işletmelere kıyasla, COVID-19 salgını sırasında daha fazla zarar gördüğünü tespit etmiştir (Elgammal vd., 2023: 8-9). Bu bağlamda finansal kaynaklara erişim açısından alternatif finansman kaynakları girişimciliğin gelişimi için bir fırsat penceresi olarak görülebilir. Bu doğrultuda mevcut alternatif kaynakların geliştirilerek aynı zamanda yeni alternatif kaynakların girişimcilerin kullanımına sunulması gerekmektedir (Er vd., 2015: 31).

Sonuç olarak, işletmelerin finansman kararlarını etkileyen faktörler; işletmenin faaliyet gösterdiği sektörün özelliklerinden girişimcinin bireysel risk algısına, ekonomik dalgalanmalardan cinsiyet temelli farklılıklara kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel finansman yöntemlerinin her zaman girişimcilerin ve küçük ölçekli işletmelerin finansal ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalabildiği görülmektedir. Yüksek teminat gereklilikleri, sınırlı kredi imkanları ve düzenleyici çerçevelerin sıkılaşması gibi etkenler, işletmeleri alternatif finansman

kaynaklarına yönelmeye teşvik etmektedir. Bu doğrultuda, finansal teknolojilerin gelişimi ve girişimcilik ekosisteminin genişlemesiyle birlikte yenilikçi finansman yöntemleri ön plana çıkmış ve işletmeler için yeni fırsatlar sunan alternatif çözümler haline gelmiştir.

2.5. Yenilikçi Finansman Kavramı

Geleneksel finansman araçlarının sınırlamalarını aşmak ve daha geniş yatırımcı kitlelerine ulaşmak amacıyla geliştirilen yenilikçi finansman yöntemleri, günümüz finansal piyasalarında önemli bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin finansmana erişim zorluklarını aşmalarına yardımcı olan bu yöntemler; teknolojinin sunduğu imkanlardan yararlanarak hem yatırımcıları hem de işletmeleri daha hızlı ve etkin bir şekilde bir araya getirmektedir. Bu bağlamda, kitle fonlaması, eşler arası kredi platformları ve melek yatırım gibi modeller, finansmana erişimde geleneksel bankacılık sistemine alternatif oluşturarak girişimcilerin sermaye ihtiyaçlarını karşılamalarına katkı sağlamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, yenilikçi finansman kavramı detaylı bir şekilde ele alınarak, söz konusu yöntemlerin temel özellikleri ve işletmelere sağladığı avantajlar incelenecektir.

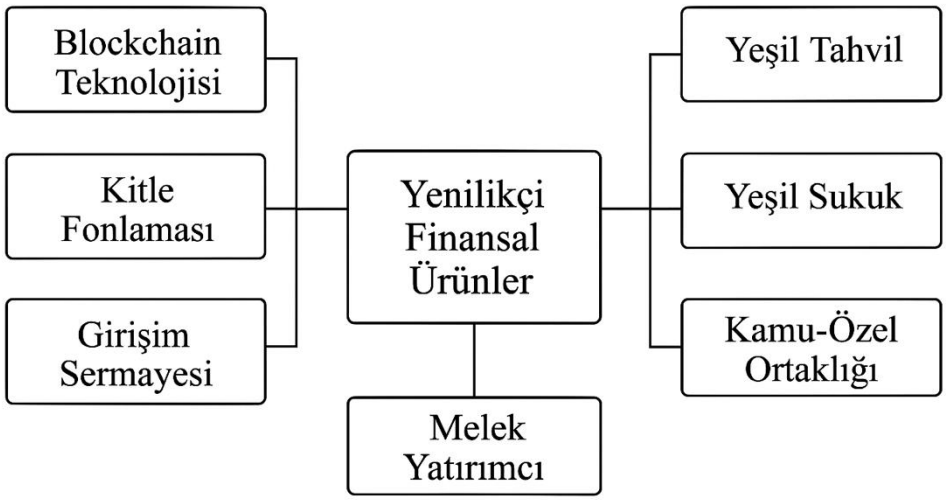
Son yıllarda finansman alanında önemli değişiklikler yaşanmaktadır. Kitle fonlaması, eşler arası (P2P) işletme kredileri ve melek yatırımcılar gibi yenilikçi modeller dikkat çekmektedir. Block vd. (2021), bu platformların yatırımcıları ve şirketleri bir araya getirerek bilgi alışverişine olanak sağladığını ve karşılıklı fayda sunduğunu belirtmektedir. Ayrıca arz ve talep faktörleri etrafında modern finansal yaklaşımlar geliştirilmiştir. Arz tarafında kısıtlayıcı düzenlemeler, kurumsal bilgi sistemlerinin eksikliği, girişimcilere devlet desteğinin olmaması gibi faktörler ön plana çıkarken, talep tarafında ise küçük ve orta ölçekli işletmelerin zayıf iş planları, verimsiz fon kullanımı ve kötü performans gibi özellikleri finansal destek alma kapasitelerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu olumsuzluklar da küçük ve orta ölçekli işletmeleri alternatif finans yöntemlerine yöneltmektedir. 2013 yılında başlayan fintech (finansal teknoloji) devrimiyle beraber yeni finansal modeller, küçük ve orta ölçekli şirketlere başlangıç fırsatları sunarak ekonominin yeni bir büyüme aşamasına geçmesine önemli katkılar sağlamıştır (Elgammal vd., 2023: 5-6). Yenilikçi finansman modellerinin yatırımcıları, teknolojinin gelişmesi üzerine internet

aracılığıyla birbirine bağladığı belirtilebilir. İnternet teknolojileri maliyetlerin azalması, verimliliğin artması ve olumlu sosyal etki gibi faydalar sunmaktadır. Bu platformlar aynı zamanda arz ve talebe dayalı otomatik dağıtım veya önceden belirlenmiş doğrulama yöntemleri gibi yöntemlerle faiz oranlarının belirlenmesinde de etkili olabilmektedir. Dolayısıyla yenilikçi finansman kaynakları, geleneksel finansman yöntemlerine alternatif olmanın yanı sıra bu yöntemlerden daha etkili olabilmektedir. Ayrıca yeni finansman kanalları geri bildirim toplamak, sadık müşteri tabanları oluşturmak ve uzmanlar, fikirler ile şirketler arasında bağlantı kurmak gibi parasal olmayan kaynaklara da erişimi mümkün kılmaktadır (Eldridge vd., 2019: 8-9). Sadece küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) değil, aynı zamanda büyük ve köklü şirketler de ürünlerini yenilikçi yöntemlerle geliştirmek için bu kaynaklardan yararlanmaktadır (Qin vd., 2016: 1053).

Coğrafi engellere takılmayan bu tür finansman yöntemleri, küçük ve orta ölçekli işletmelere birçok yatırımcının nispeten küçük miktarlarda yatırım yapmasına olanak tanımaktadır. Ancak Qin vd. (2016), kitlesel fonlamanın karşılaştığı engellerden birinin, bu yeniliklerin geleneksel kaynaklara göre daha riskli görülmesi olduğunu savunmaktadır. Geleneksel finansman yöntemlerinden uzaklaşmak, insanlardan hem fikir hem de finansal destek almak için cesaret ve kabullenmeyi gerektirmektedir. Ayrıca, küçük ve orta ölçekli işletmelerin yenilikçi finansman kanallarını kullanırken karşılaştıkları maliyet ve çaba, geleneksel yöntemlerin kullanılmasından daha fazla olabilir. Güven ve gizlilik sorunları işletmelerin bu kaynakları kullanmasını zorlaştırabilir. Ancak yenilikçi finans kaynaklarının kullanımına ilişkin kuralların gevşek olduğu gelişmekte olan ülkelerdeki işletmelerin kullanımı için makul olduğu söylenebilir (Wellalage ve Fernandez, 2019: 66). ABD, İngiltere ve Kanada gibi sıkı düzenlemelerin olduğu ülkelerde ise bunun tersi geçerlidir. Eski sistemler sözleşmeye dayalıyken, yenilikçi yöntemlerin anonim olarak uygulanması, güvenilir kişilerin bulunmasını zorlaştırmaktadır. Genel olarak yeniliğin üretkenlik üzerinde olumlu bir etki yaratması beklenmektedir. Effiom ve Edet (2020), yenilikçi finans kaynaklarının küçük ve orta ölçekli işletmelerin verimliliğini ve büyümesini artırabileceğini öne sürmektedir (Elgammal vd., 2023: 6-7).

Bu noktada, yenilikçi finansman kaynaklarının küçük ve orta ölçekli işletmelere sağladığı katkılar kadar, bu kaynakların çeşitliliği de dikkat çekicidir. Literatürde

farklı kategoriler altında incelenen yenilikçi finansal ürünler, girişimcilerin ve işletmelerin değişen ihtiyaçlarına uyum sağlamaktadır. Aşağıda, günümüzde yaygın olarak kullanılan başlıca yenilikçi finansman türleri tablo halinde sunulmuştur.



Şekil 2.1. Yenilikçi Finansal Ürünler

2.5.1. Blockchain Teknolojisi

Blockchain ve kripto para birimleri, finansmanın ve ödemelerin daha hızlı ve daha düşük maliyetlerle yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler geleneksel finansal sistemlere alternatif olarak kullanılmaktadır (Akbulut ve Karakaş, 2023: 1671). Basitçe ifade etmek gerekirse blockchain, dağıtılmış bir dijital defterdir; Defterdeki her işlem kriptografik olarak imzalanarak bir blok halinde gruplanmaktadır. Yeni bir işlem meydana geldiğinde, yeni blok, uygun doğrulamanın ardından kriptografik olarak önceki bloğa bağlanarak ağdaki tüm düğümlere kopyalanmaktadır. Yeni blok eklendikten sonra önceki blok değiştirilememektedir. Blockchain, belirli işlemlerin kayıtlarının çok sayıda makinede aynı anda saklanmasına olanak tanıyan dijital bir veritabanıdır. Bu teknoloji ile işlemler, sözleşmeler ve iletişim veritabanlarındaki dijital veriler, birbirine bağlı bir dizi blok halinde depolanmaktadır (Efuntade ve Efuntade, 2023: 22-23).

Blockchain teknolojisinde meydana gelen son gelişmeler, ademi merkeziyetçilik ve aracısızlaştırmaya odaklanan yeni bir paradigmayı güçlendirmektedir. Blockchain teknolojisi, dağıtılmış güven ve merkezi olmayan platformlar vasıtasıyla eşler arası işlemleri kolaylaştırabildiğinden dolayı finansal işlemlerde aracılara duyulan gereksinimi ortadan kaldırabilmektedir. Bu durum da eşler arası işlemlerin verimliliğini ve kapsamını ciddi ölçüde artırarak daha önce mümkün görülmeyen iş modellerini uygulanabilir kılabilmektedir. Blockchain teknolojisine dayalı finansal hizmetler daha merkezi olmayan, birlikte çalışabilir, yenilikçi, sınırsız ve şeffaf hale dönüşebilmektedir (Chen ve Bellavitis, 2020: 2).

Blockchain teknolojisi özellikle küreselleşme ve teknolojik gelişim ile etkili bir finansal araca dönüşmüştür. Küresel finans sistemi, yüksek miktarlarda nakit para akışını yönetirken her gün milyarlarca kişiye hizmet sunmaktadır. Bu iddialı hedefler, finans sektörünün uzun süredir üstesinden gelmeye çalıştığı çeşitli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlar arasında çok fazla paydaş, gecikmeler, ekstra evrak işleri, veri ihlalleri vb. yer almakta ve bu da işletmelerin her yıl büyük kayıplara uğramasına neden olmaktadır. Küresel finansal sistemin karşılaştığı bu tür sorunlar blockchain teknolojisiyle çözülebilmektedir. Ayrıca düzenleyici, aracı kurum, borsa gibi kuruluşların varlığı da maliyetleri artırmaktadır. Sistem verimliliğini artırmak için borsalar için merkezi olmayan bir yönetim stratejisi kullanılabilir. Blockchain üzerinde akıllı sözleşmeler oluşturularak harici düzenleyicilere olan ihtiyaç ortadan kaldırılabilmektedir. Blockchain teknolojisi her türlü yatırımcı-şirket etkileşiminin güvenli ve aracısız olarak yürütülmesine olanak sağlamaktadır (Efuntade ve Efuntade, 2023: 23). Blockchain teknolojisine dayalı olarak varlıklar internet üzerinden anında birbirine bağlanabilir, satın alınabilir ve satılabilir. Küresel varlıklar mevcut sermaye piyasalarından çok daha büyük olduğundan, blockchain teknolojisinin devreye girmesiyle mevcut işlemlerin şeklinin ve içeriğinin değişmesi oldukça doğaldır (Khacef ve Pujolle, 2019: 8).

Dijital inovasyon teknolojilerinden biri olan blockchain teknolojisi, merkezi olmayan bir veri tabanı oluşturarak enerji sektöründe şeffaflığın ve güvenin artırılmasına imkân tanımaktadır. Blokzincir ağında depolanan bir kod olan Akıllı sözleşmeler, dağıtık defter teknolojisi (DLT) ve P2P (peer-to-peer) yeni yapıların, hız, güvenilirlik ve düşük maliyet avantajları yoluyla enerji ticaretini kolaylaştırması ve

böylece çeşitli olumlu ekonomik etkiler yaratması beklenmektedir (Doğan ve Narin, 2024: 126). Kamu hizmetleri sağlayıcılarından çokuluslu petrol ve gaz şirketlerine kadar enerji şirketleri, blockchain teknolojisinin kendi sektörleri üzerindeki dönüştürücü etkisinin farkına varmaya başlamıştır. Enerji sektörü son yıllarda güneş panelleri, elektrikli araçlar ve akıllı sayaçlar gibi yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla hızlı bir değişim yaşamaktadır. Akıllı sözleşmeler ve çeşitli sistemlerin entegrasyonunun enerji sektörünün dönüşümüne doğru atılacak bir sonraki adım olabileceği belirtilmektedir (Blockchain Türkiye Platformu, 2022: 1). Bu çerçevede yenilenebilir enerji sektöründe, blockchainin güvenli ve şeffaf enerji ticaretini, arz ve talebin verimli yönetimini ve yeşil enerji kaynaklarının izlenmesini ve doğrulanmasını kolaylaştırabileceği ifade edilmektedir. Son yıllarda Blockchain'in enerji sektöründe uygulanması, sürdürülebilir uygulamalara ve döngüsel ekonomi girişimlerine geçişi önemli ölçüde hızlandırmıştır (Rejeb vd., 2024: 2).

Birçok startup şirketi tarafından, gerçek zamanlı bilgileri paylaşmak ve enerji şebekelerini daha erişilebilir ve sürdürülebilir hale getirmek için blok zinciri kullanılmaya başlanmıştır. Blockchain ile bağlantılı bir enerji şebekesi kurma fikri oldukça basit bir şekilde açıklanabilir. Blockchain teknolojisi, rekabeti teşvik ederek ve tüketicilere enerji tedarikleri üzerinde doğrudan kontrol sağlayarak sürdürülebilir enerjinin teşvik edilmesine etki etmektedir. Bu noktada blockchain akıllı şebekeleri, tüketiciler ile enerji sisteminin merkeziyetsiz yapısı arasındaki eşitsizliklerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Hem gelişmiş şebekesi bulunan hem de yeterince hizmet alamayan bölgelere daha ucuz ve temiz enerji sağlayabilir. Bunun yanında blockchain teknolojisi, küresel bir sorun olan karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik çözümlerden biri olarak sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesine destek olabilir (Alay ve Deveciyan, 2023: 8).

2.5.2. Kitle Fonlaması

Genel olarak kitlesel fonlama, adından da anlaşılacağı üzere, büyük bir insan grubundan (kitleden) bir girişim için küçük miktarlarda fon toplama sürecini ifade etmektedir (Obiora ve Csordás, 2017: 48). Alternatif bir finansman yöntemi olan kitlesel fonlama kavramı, İngilizce “crowdfunding” sözcüğünden türetilmiştir. “Crowd” kelimesi kalabalık, kitleler veya topluluk anlamına karşılık gelirken “funding” kelimesi ise fonlama anlamına gelmektedir. Bu iki kelimenin birleşimiyle

meydana gelen “crowdfunding” sözcüğünün Türkçe karşılığı da kitle fonlamasıdır (Çubukçu, 2017: 156).

Kitlesel fonlamanın en kapsamlı tanımlarından biri Mollick (2014) tarafından yapılmıştır. Mollick, kitlesel fonlamayı, girişimci bireylerin veya grupların (kültürel, sosyal veya ticari amaçlarla), geleneksel finansal aracılara başvurmadan, çevrimiçi olarak geniş bir kitleye ulaşarak projeleri için fon toplama çabası olarak tanımlamaktadır. Belleflamme vd. (2010) ise kitlesel fonlamayı, internet platformları aracılığıyla çok sayıda kişiden finansal kaynak toplama amacıyla yapılan açık talep olarak tanımlamaktadır. Benzer şekilde Bernardino ve Santos, (2020) da kitlesel fonlamayı, “bireysel yatırımcıların/kuruluşların, kültürel, sosyal veya kâr odaklı iş fikirlerini finanse etmek amacıyla internet üzerinden birçok kişiden küçük miktarlarda para toplama çabası” şeklinde tanımlamışlardır.

Kitlesel fonlamanın ilk kullanıldığı alanlar kültür ve sanat projeleri olmuştur. 1997 senesinde İngiliz rock grubu Marillon, Amerika Birleşik Devletleri'nde verecekleri konserlerini finanse etmek için internet aracılığıyla hayranlarına çağrıda bulunarak 60 bin dolar toplamıştır. Zamanla teknoloji ilerledikçe ve bu yöntemlerle kaynak yaratmaya olan ilgi arttıkça kitlesel fonlamanın mevcut durumunu meydana getiren ilk adımlar da atılmıştır. Bu bağlamda halktan fon sağlanması ilkesi üzerine kurulan ilk online platform olan Sellaband 2006 yılında Hollanda’da kurulmuştur. Sellaband, bağımsız müzik sanatçılarının müziklerini tanıtmalarına ve sponsorlardan gerekli fonları toplamalarına imkan sağlamıştır. 2008 yılından sonra ise girişimcilerin finansal kaynaklara erişimde zorlandığı büyük ekonomik krizin ardından kitlesel fonlamanın önemi artmıştır (Hemer, 2010, 1: Belleflamme vd., 2010: 1).

Kitle fonlaması modeli, girişimcileri proje uygulama aşamasının en başından itibaren destekleyen bir finansman yöntemidir. Bankalar tarafından yeni girişimcilik hamleleri riskli bulunmakta, bu sebeple esasen başlangıç aşamasında finansal ihtiyacı olan girişimlerin çok azı bankalardan beklentileri doğrultusunda destek görebilmektedir. Aile ve yakın gruplardan gelen sermayeler ise projeler için yeterli gelmemektedir. Bu bağlamda son dönemde girişimcilerin sermaye gereksinimlerini karşılamak ve bu eksikliği gidermek amacıyla kitlesel fonlama kavramı ortaya çıkmıştır (Hornuf ve Schmitt, 2016: 16). Kitlesel fonlama özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için önemlidir. Paschen (2017) kitlesel fonlamanın küçük ve orta

ölçekli işletmelerin başarısını ve büyümesini artırdığına dikkat çekmektedir (Elgammal vd., 2023: 7). Nitekim kitlesel fonlama pek çok küçük çaplı yatırımcıya yatırım yapma fırsatı verirken aynı zamanda birçok yenilikçi fikir için fon sağlama fırsatı da sunmaktadır. Küçük ama geniş kitlelerden toplanan meblağlar bir araya gelince ihtiyaç duyulan finansmanın sağlanmasını mümkün kılmaktadır (Turan ve Narin, 2022: 871).

Kitle fonlaması, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli rol oynayan yenilenebilir enerji projelerinin finansmanı için de potansiyel bir mekanizmadır. 2009 yılından bu yana yenilenebilir enerji kaynakları projelerine odaklanan önemli kitlesel fonlama platformları ortaya çıkmıştır. "TrillionFund" platformu 2011 yılında yenilenebilir enerji kaynakları projelerine yaklaşık 122 milyon dolar fon sağlamıştır. Bu rakam, yenilenebilir enerji kaynakları projeleri için kitle fonlama mekanizmalarının potansiyelini göstermektedir. Kitlesel fonlama, yenilenebilir enerji kaynakları alanında girişimciler tarafından sunulan fikir ve girişimleri, yatırımcılara fon ve tavsiye sağlayan bir platforma taşıyarak çalışmaktadır (Altunkaya ve Özcan, 2020: 4).

Küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), yüksek teknolojik maliyetler ve inovasyon riskleri içeren iklimle ilgili girişimleri finanse etmekte zorlanmaktadır. Kitle fonlama platformları, yenilenebilir enerjiye yatırım yapmayı düşünen küçük ve orta ölçekli işletmelere yeterli finansman fırsatı sunmaktadır. Kitle fonlaması, yenilenebilir enerji projelerine şeffaf ve doğrudan yatırım yapılmasını sağlayan ve aynı zamanda toplumu yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmaya teşvik eden bir finansman aracıdır (Aksu, 2021: 54).

Zheng vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada kitlesel fonlama modelinin yenilenebilir enerji yatırımını artırdığı analitik olarak kanıtlanmış ve kitlesel fonlamanın, hükümet politikaları ve teknoloji geliştirmeye kıyasla yeşil üretimi artırmanın basit ama etkili bir yolu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kitlesel fonlamanın enerji tüketiminde yeşil enerji payını artırdığın, enerji tedarikçileri için enerji tedarik maliyetini düşürdü, güneş tarlaları sahipleri için yatırım düzeyini artırırken yenilenebilir enerji yatırımlarını artırdığı belirlenmiştir (Aksu, 2019: 123). Akdağ ve Gözen (2020: 153)' e göre bu fonlar, menkul kıymet yatırımlarına alternatif olması, düşük risk taşıması ve çevresel etkilerin ortadan kaldırılmasına olumlu katkı sağlaması

nedeniyle yatırımcılar tarafından kabul edilebilir yatırım araçları olarak değerlendirilmektedir.

Kitlesel fonlama, ticari ya da sosyal girişimcilik açısından farklı modelleriyle çeşitli avantajlar sunmaktadır. Aşağıda başlıca kitle fonlaması çeşitleriyle ilgili kısaca açıklama yapılmıştır.

2.5.2.1. Bağışa Dayalı Kitle Fonlaması

Bağışa dayalı kitlesel fonlama kampanyalarındaki bağışçılar, bağışları karşılığında maddi getiri elde edememektedir. Bu bağışlar çeşitli projeleri desteklemek amacıyla yapılmaktadır. Bağışçılar, projenin türüne bağlı olarak bağışları karşılığında vergi indirimi alabilmektedir. Örneğin Almanya merkezli web sitesi FriendFund, 2010 yılında kurulmuş, bağışa dayalı bir kitlesel fonlama platformudur. Bu platform, kampanya sahiplerinin herhangi bir amaç için arkadaşlarından veya daha geniş bir kitleden bağış toplamasına olanak tanımaktadır (Gabison, 2015: 9). Burada bağışçının motivasyonu ise bir girişimciye veya projeye katkı sağlamak, kendini gerçekleştirmek, hayırseverlik gibi kavramları içermektedir (Canbaz ve Çonkar, 2018: 44). Ancak kar amacı güdülmediği ve bağış esasına göre hareket edildiğinden dolayı proje sahiplerinin hedefledikleri fon miktarını toplayabilmeleri zor olabilmektedir. Bu sebeple bilhassa bağış ve ödül bazlı kitlesel fonlama modellerinde mesajlaşma, sosyal medya, e-posta ve diğer etkileşimler oldukça önemli olup projenin gidişatına olumlu etki etmektedir (Kaartemo, 2017: 306). Proje sahipleri ve destekçiler arasındaki ilişki ise kampanya süreciyle yakından bağlantılıdır. Destekçiler verdikleri desteğin gerçek bir karşılığını beklemediklerinden, kampanyanın başarısı ya da başarısızlığı ile projeyle olan bağları resmi olarak sona ermektedir. Ancak projeyi destekleme motivasyonları tamamen hayırseverlik üzerine olduğundan projeye olan ilgileri, kampanya döneminin ötesine geçerek, beklenen sonuçlar elde edilene kadar devam edebilmektedir (European Investment Bank, 2016: 16-17).

Bağışa dayalı kitlesel fonlama modelinde proje sahipleri kendi projelerini yürütmek için fon toplayabildikleri gibi sosyal destek kuruluşları, dernekler veya vakıflar adına proje de başlatabilmektedirler. JustGiving adlı kitlesel fonlama platformu bu modelin bir örneğidir. Platform, bireylerin bireysel projeler aracılığıyla bağış toplamasına olanak sağladığı gibi, platformda kayıtlı bir sosyal destek

kuruluşunu seçerek diledikleri bir hayır kurumu için de bağış toplayabilmelerine olanak tanımaktadır (Kaartemo, 2017: 306).

2.5.2.2. Ödüle Dayalı Kitle Fonlaması

Ödül bazlı modelde destekçilere, projeye yaptıkları katkıların karşılığında ayrıcalıklar veya yeni bir ürünün erken sürümleri sunulmaktadır. Bu modelde destekçiler "erken müşteriler" olarak görülmektedir (Belleflamme vd., 2014). Kickstarter.com ve Indiegogo.com gibi platformlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bernardino ve Santos, 2020: 3).

Ödül bazlı kitlesel fonlama sayesinde alternatif pazar araştırmaları da gerçekleştirilmektedir. Bir ürün veya proje, yatırımcıların dikkatini çekemezse girişimciler ürün veya pazarlama stratejisini değiştirme fırsatına sahip olmaktadırlar (Mackey, 2015: 16). Proje sahipleri ile destekçiler arasındaki ilişki ise, kampanyanın bitiminden birkaç ay sonrasına kadar devam etmekte ve her bir katkıda bulunana somut ödüller dağıtılmaktadır. Bağış modelinde olduğu gibi, kampanya dönemi sona erdikten sonra destekçiler, proje faaliyetlerine veya yeni ürün ve hizmetlerin takibine belirli bir ilgi gösterebilmektedirler (European Investment Bank, 2016: 17).

Ödül bazlı kitlesel fonlama işlemleri e-ticaret alışveriş işlemlerine benzetilebilir. Ödül bazlı kitlesel fonlamada, e-ticaret üzerinden yapılan alışverişlerde olduğu gibi, yatırımcılar finansman sağladıktan sonra ödülünü almaktadır. Bu anlamda ödül bazlı kitlesel fonlamanın e-ticaret alışverişine benzediği söylenebilir. Ödül bazlı kitlesel fonlama modelinde yatırımcıların harcadığı maliyetler ile e-ticaret siteleri üzerinden alışveriş yapan tüketicilerin harcadığı maliyetlerin hemen hemen aynı olduğu söylenebilir. Ancak bu modelin bazı olumsuz sonuçları da bulunmaktadır. Ödülün yatırımcılara ulaştırılmaması, projenin platformda anlatıldığı gibi gerçekleştirilmemesi durumunda kimin sorumlu olacağının bilinmemesi gibi bazı belirsizlikler bulunmaktadır (Kunz vd., 2016: 427).

2.5.2.3. Borçlanmaya Dayalı Kitle Fonlaması

Borçlanmaya dayalı kitlesel fonlamada, katkıda bulunanlar, projeye fon sağlamanın karşılığında faiz ödemesi almaktadırlar. Bu model, katılımcıların belirli getiri oranlarına ve vade tarihlerine sahip projeler arasından seçim yapabileceği bir mikro kredilendirme şeklidir (Gabison, 2015: 10). Bu kitlesel fonlama modeli aynı

zamanda P2P (Peer to Peer) yani internet üzerinden bir araya gelen ve birbirini tanımayan çeşitli kişilerin borç alıp verme yöntemidir. Yatırımcıların girişimcilerden aldıkları borçları faizli olarak geri ödemeleri oldukça yaygın bir uygulamadır ancak verdiği borcu faizsiz olarak geri alan yatırımcılar da bulunmaktadır (Canbaz ve Çonkar, 2018: 45).

Borç bazlı kitlesel fonlama genellikle aracının olmadığı, yüz yüze bir platformdur. Bu platformda bireyler birbirlerine banka faiz oranlarına göre çok daha iyi faiz oranlarıyla borç verebilmektedirler. Bankalar esas olarak mevduat sahipleri ile fon ihtiyacı olanlar arasında aracılık görevi üstlenmektedir. Bankaların yüksek maliyetleri, yavaş süreçleri, yüksek teminat talebi ve sınırlı finansman seçenekleri nedeniyle borca dayalı kitlesel fonlama platformları, geleneksel bankaların doğrudan gerçekleştirdiği işlemleri otomatik olarak web teknolojileri ile değiştirerek ve genişleterek bankaları aradan kaldırmaktadır (De Buysere vd., 2012: 22).

2.5.2.4. Yatırıma Dayalı Kitle Fonlaması

Yatırıma dayalı kitlesel fonlama modeli, bir şirketin varlıklarına veya performansına dayalı olarak menkul kıymetlerinin satılmasını içermektedir. Yani şirket, yatırımcılardan kredi formunda veya şirket varlıklarının hisselerini ya da şirket fikri mülkiyet haklarını satarak fon toplamaktadır. Dolayısıyla yatırıma dayalı kitle fonlaması genellikle kredi bazlı ve hisse bazlı olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir (Onur ve Değirmenci, 2015: 2).

Hisse bazlı kitlesel fonlamada en basit şekilde girişimciler, projeleri için ortaklar bulmaktadırlar. Eğer bir fon sağlayıcı projeyi destekliyorsa, aslında şirket tarafından ihraç edilen hisseleri satın alıyor demektir. Bu model bir öz sermaye ortaklığı olarak da görülebilir. Ülkemizde mevzuat çalışmalarının sebepleri arasında yer alan bu modelin, ilerleyen zamanlarda daha yoğun kullanılacağı tahmin edilmektedir. Massolution 2013 Kitlesel Fonlama Endüstrisi Raporu'na göre hisseye dayalı kitlesel fonlama modelleri diğer modellerden 40 kat daha hızlı büyüme sağlamaktadır. Kredi bazlı fonlamada ise projeden elde edilen getiriden pay alınması söz konusudur (Gabison, 2015: 10; Çonkar ve Canbaz, 2018: 123-124). Yatırıma dayalı kitlesel fonlama modellerine yatırım yapanlar, girişim sermayesi yatırımcıları ve melek yatırımcılardan farklı olarak küçük miktarlarda yatırımlar gerçekleştirmektedirler (Onur ve Değirmenci, 2015: 2).

2.5.2.5. Ön Satışa Dayalı Kitle Fonlaması

Ön satışa dayalı kitlesel fonlamada, yatırımcılar tarafından ürün ya da proje, geliştirme aşamasında desteklenmekte, tamamlandıktan sonra da kendilerine teslim edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan bu model, ödül bazlı kitle fonlaması modeliyle sıklıkla karıştırılmaktadır. Ödül bazlı modelde "ödüller", aktarılan fon karşılığında elde edilen maldır ve genellikle bu ödüller manevi tatmin sağlamaktadır. Ön satışa dayalı modelde ise manevi tatminin yanı sıra aktarılan fon karşılığında alınan ürün veya hizmetin niteliği de önem taşımaktadır (Bradford, 2012: 16).

Kickstarter ve Indiegogo gibi küresel platformlarda girişimciler henüz geliştirilmemiş ürünler için kampanyalar düzenleyerek Ar-Ge ve talep risklerini azaltırken teslimat risklerini artırmaktadır (Zeng ve Shen, 2023: 2). Bu model, satış sözleşmesine benzer bir yapıda çalışmakta ve genellikle minimum finansman hedefi (%100 eşiği) ve zaman sınırı belirlenmektedir. Proje belirlenen süre içerisinde %100 eşiğine ulaşamazsa başarısız kabul edilmekte ve sağlanan fonlar yatırımcılara iade edilmektedir. Bu model ya hep ya hiç prensibiyle çalışmakta olup riskleri asgari düzeye çekerek yatırımcılara güvence sağlamaktadır (Swacha-Lech, 2019: 115). İngiliz müzik grubu Marillion, 2001 senesinde Anoraknophobia albümünü ön satışa dayalı kitlesel fonlama yoluyla finanse etmiş ve 2016 yılında FEAR albümünde de aynı modeli kullanarak fon sağlamıştır (Güçlü ve Canbaz, 2024).

2.5.3. Girişim Sermayesi

Girişim sermayesi, fon fazlası olan bireysel veya kurumsal yatırımcılardan fon gerektiren şirketlere yatırım yaparak pay satın almak ve şirket büyüdükçe ve değer kazandıkça da bu payları satarak kar elde etmek amacıyla yapılan bir finansman şeklidir (Hacıpaşaoğlu ve Şencan, 2012).

Sermaye bulmanın başlıca alternatif yollarından biri olan girişim sermayesinin bir diğer adı da risk sermayesidir. Girişim sermayesi Türkiye'de 1990'lı yıllarda incelenmeye başlanmış ancak ilk şeklini 1980'li yıllarda Avrupa'da, 1970'li yıllarda ise Amerika Birleşik Devletleri'nde almıştır. Bu modelin en önemli yönü, finansman arayan nitelikli fikirlere sahip girişimcilerle finansman sağlayacak girişim sermayesi fonlarını bir araya getirmesidir (Aracıoğlu vd., 2016: 65).

Girişim sermayesi, girişimcilerin daha disiplinli şeklide ilerlemelerini sağlarken firmanın da tanınırlığı ve kredibiletesinin artmasına katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan girişimcilerin kontrol ve karar haklarını ise kısıtlamaktadır (Denis, 2004: 307).

Girişim sermayesi yöntemi, gelişmiş ülkelerde mevcut işletme, ürün veya hizmetlere alternatif yaratarak maliyetleri düşürmek ve karı artırmak düşüncesiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede kaynak bulmak ve bunları doğru yer ve zamanda yatırım yaparak yönetmek en önemli finansal konulardır. Teknolojik ilerlemenin yavaş olduğu ve yeni fikirlerin uygulanmasının önünde engellerin olduğu bir ekonomide girişim sermayesi, en geniş manada rekabeti teşvik eden ve bu dürtü aracılığıyla üretimi, kalkınmayı ve istihdamı destekleyen unsur olarak belirmektedir (Kuğu, 2004: 142).

Bu tür yatırımlarda en önemli risk, inovasyon sürecinin sonucu olan ürün, hizmet veya sürece yapılan yatırımın piyasada kabul görmesiyle alakalıdır. Elbette risk ne kadar yüksek olursa getiri de orantılı olarak o kadar yüksek olacaktır. Bu nedenle girişim sermayesi risk algısı yüksek, getirisi yüksek, yenilikçi şirketleri tercih eden iştahlı yatırımcıların yaptığı uzun vadeli bir yatırım olarak değerlendirilebilir (Turan ve Narin, 2022: 869).

Dünyanın en etkili ve en hızlı büyüme gösteren işletmelerinden bazılarının girişim sermayesiyle ilişkisinin olduğu bilinmektedir. Örneğin, dünyanın en büyük sekiz şirketinden yedisi (Mayıs 2020 itibarıyla piyasa değerine göre) girişim sermayesiyle desteklenmişlerdir. Bunlar arasında Amerikan şirketleri Alphabet, Apple, Amazon, Facebook ve Microsoft'un yanı sıra Çinli Alibaba ve Tencent gibi önemli şirketler bulunmaktadır (Lerner ve Nanda 2020: 237).

Gelişmekte olan piyasalarda ekonomik büyüme için yeterli enerji kaynaklarına erişim de aynı derecede önemlidir. Yenilenebilir enerji girişim sermayesi, gelişmekte olan ülkelerde özel sermaye enerji yatırımlarını yöneterek ve yenilenebilir enerji projeleri geliştirerek gerekli değişime destek olmaktadır (Koç, 2019). Türkiye'de girişim sermayesi yatırım ortaklığı modelinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının, ileri teknoloji ürünlerinin üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları ve girişimcilik faaliyetlerinin desteklenmesi açısından oldukça önemli olduğu belirtilmektedir. Girişim sermayesi, gelişme potansiyeli olan yüksek teknoloji şirketlerinin veya küçük ve orta ölçekli işletmelerin yeni fikirlerine finansal destek

sağlayarak, hem yurtiçi teknolojik gelişmeyi hem de yenilikçi fikirlerin pazarda önem taşıyan ürünlere dönüştürülerek uluslararası pazarlarda rekabet gücünü sağlamaktadır (Bayazıtlı vd., 2015: 83). Bu sebeple girişim sermayesi ile yüksek sermaye gerektiren yenilenebilir enerji alanına yönelik inovatif fikirlerin hayata geçirilmesi mümkün hale gelebilmektedir.

Türkiye'de rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji sektöründeki en büyük sorun, bankaların bu tür enerjisi yatırımlarını riskli görerek finansman taleplerini reddetmeleri veya ağır şartlarla kredi sağlamalarıdır. Bu nedenle bankaların enerji sektörüne finansman sağlarken, öncelikle kömür, petrol, doğalgaz gibi belirsizlik ve riskin daha az olduğu enerji kaynaklarından enerji üreten tesislere kredi sağlama eğilimleri yüksektir. Bu sebeple yenilenebilir enerji sektörünün finansman ihtiyacını karşılamanın tipik bir yolu girişim sermayesidir. Bu yöntem, yatırımcıların büyük teminat yükümlülükleri altına girmeden uzun vadeli finansal kaynak gereksinimlerini karşılamalarına ve riskleri daha iyi değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır (Bayazıtlı vd., 2015: 84-85).

Yenilenebilir enerji finansmanı alanında girişim sermayesi, risk ve getiri profilleri dikkate alındığında üç kategori öne çıkmaktadır. Birinci kategoride, düşük risk alarak yüzde 5-10 getiri hedefleyen altyapı fonlarına yatırım yapan yatırımcılar yer almaktadır. İkinci kategoride ise büyüme sermayesi fonlarına yatırım yaparak orta düzeyde risk almaya istekli ve yüzde 10 ile yüzde 25 arasında getiri hedefleyen yatırımcılar yer almaktadır. Üçüncü kategoride ise, %25'in üzerinde getiri elde etmeyi hedefleyen ve yüksek risk almaya istekli olan yatırımcılar yer almaktadır (Yıldırım, 2016: 736-737).

2.5.4. Yeşil Tahvil

Yeşil tahviller, özellikle iklim veya çevre projelerini desteklemek amacıyla sermaye toplamak için ihraç edilen borçlanma senetleridir. Toplanan fonların belirli projeler için kullanımı yeşil tahvilleri standart tahvillerden ayıran temel özelliktir. Bu nedenle yeşil tahvilleri değerlendirirken yatırımcılar sadece geleneksel finansal özelliklere (vade, oran, kredibilite gibi) değil, tahvillerin desteklemeyi amaçladığı çevresel projelerin hedeflerini de dikkate almaktadırlar (World Bank, 2015: 23). Bu tür projelere örnek olarak yenilenebilir enerji yatırımları gösterilebilir. Bunlar arasında rüzgar, hidroelektrik ve güneş panellerinin kurulumunun yanı sıra fosil yakıtlardan

temiz enerji teknolojilerine geçiş gibi projeler sayılabilir. Ayrıca biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilir balıkçılık ve arazi kullanımı gibi ilginç projeler de yeşil tahvillerle desteklenmektedir. Bu kapsamda, yeşil tahvillerin diğer tahvillerden farkı tahvil ihracında belirli kullanım alanı esasına göre zorunluluğun olmasıdır (Reichelt ve Davies, 2015:2). Yeşil tahviller vergi indirimleri ve vergi muafiyetleri gibi avantajlarından dolayı karşılaştırılabilir vergiye tabi tahvillere kıyasla nispeten cazip bir yatırımdır (Niyazbekova vd., 2021: 1). Yeşil tahvillerin bu avantajı, sermaye toplama sürecini de kolaylaştırmaktadır (Sobik, 2023: 292).

Yeşil tahviller etiketli ve etiketsiz tahviller olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Yeşil tahvil olarak tanımlanamayan ancak çevre dostu olduğu bilinen projelerin finansmanı amacıyla ihraç edilen tahviller, etiketsiz yeşil tahvillerdir. Ancak yeşil tahvillerin kapsamına tam olarak uyan tahviller etiketli yeşil tahvil olarak tanımlanmaktadır (Ng & Tao, 2016: 510).

Daha önce de belirtildiği gibi yeşil tahviller çevre dostu, iklim dostu ve toplum yanlısı projeleri desteklemek üzere tasarlanmıştır. Ancak yeşil tahvillerin tanımlarındaki çeşitlilik ve kullanımlarındaki coğrafi farklılıklar, evrensel olarak uygulanabilirliğini güçleştirmektedir. Bu finansal aracın gelişiminin ilk aşamalarında, tutarlı kuralların bulunmaması, gelişimini sınırlayan önemli bir dezavantaj olmuştur (Pavlovsky, 2017: 222). Günümüzde ise yeşil tahvillerle ilgili iki küresel standart bulunmaktadır. Bunlar; Yeşil Tahvil İlkeleri ve İklim Tahvili Standardıdır (Gemra, 2021: 33). İklim Tahvili Standardı, tahviller için bir tür adil ticaret etiketi gibi çalışmakta olup Paris Anlaşması'nda belirlenen sera gazı emisyon azaltım hedefleriyle benzer kriterlere dayanmaktadır. İklim Tahvili Standardı tahvil ihraççıları, yatırımcılar ve diğer piyasa katılımcıları tarafından iklim değişikliği sorunlarını ele alan yatırımların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yeşil Tahvil İlkeleri ise ilk olarak 2014 yılında bir yatırım bankaları konsorsiyumu tarafından oluşturulan gönüllü en iyi uygulama yönergeleridir. Bu yönergeler günümüzde Uluslararası Sermaye Piyasaları Birliği (ICMA) tarafından denetlenmektedir. ICMA her yıl yeşil tahviller için kılavuzu güncelleyerek yayınlamaktadır. Yeşil Tahvil İlkeleri ihraççılara yeşil tahvil ihraç sürecinde rehberlik sağlamakta ve yatırımcılara yeşil tahvil yatırımlarının çevresel etkilerini değerlendirebilmeleri için kolaylık sunmaktadır (Sobik, 2023: 292-293). Bağlayıcı nitelikte olmayıp gönüllük esasına dayanan yeşil tahvil ilkeleri dört başlık

altında toplanmakta olup, nakit akışının kullanımı, proje değerlendirme ve seçim süreci, nakit akışının yönetimi ve raporlama unsurlarını kapsamaktadır (Yandır ve Yakar, 2017: 92).

Yeşil tahvillerin sunduğu avantajlar arasında çevresel, sosyal ve yönetişim (ESG) ilkelerinin ve sürdürülebilirlik hedeflerinin uygulanması, yatırımcı güveninin sağlanması ve ihraççının imajının güçlendirilmesi yer almaktadır. Bu tahviller yenilenebilir enerji projelerini finanse ederek çevrenin korunmasına ve iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olmaktadır. Bu nedenle önemli çevresel ve sosyal faydalar sunmaktadır. Yeşil tahvillerin dezavantajları arasında ise bu tahvilleri "yeşil" olarak sınıflandırmak için yeterli standart ve düzenlemelerin bulunmaması gösterilebilir (Maltais ve Nykvist, 2021: 10). Standartlara uygunluk sertifikası alabilmek için yapılan başvurular dahi ek maliyetlere yol açabilmektedir. Ayrıca ihraç sırasında belirlenen çevresel veya sosyal yükümlülüklerin yerine getirilmemesi halinde ihraççılar para cezasına çarptırılabilmektedir. Yatırımın başarısız olması durumunda ise ihraççılar ciddi bir itibar kaybı riskiyle karşı karşıya kalabilmektedir (Flammer, 2020: 96).

Yeşil tahvil uygulamaları, yenilenebilir enerjiye yatırımı teşvik etmek amacıyla çok önemli bir yeşil finans uygulaması olan finansal bir üründür. Sachs vd. (2019 tarafından yapılan araştırma, yeşil finansın, bilhassa küçük ölçekli enerji projeleri olmak üzere yeşil enerji projelerine yapılan yatırımın artırılmasında olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Nguyen vd. (2021) ise çalışmalarında 2008-2019 yılları arasındaki yeşil tahvil ile temiz enerji arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Temiz enerji gelişimi üzerinde yeşil tahvillerin önemli etkisi bulunduğunu tespit etmişlerdir.

ABD'de ilk kez 2009 yılında çıkarılan yeşil tahviller, "temiz ve yenilenebilir enerji tahvilleri" adı altında pazarlanabilirliği artırmak amacıyla kupon ödeme yöntemiyle tasarlanmış ve yatırımcılara kupon ödemesi yerine, kupon ödeme tutarına eşdeğer bir vergi indirimi sağlanmıştır. Bu tahvilden elde edilen tüm gelirler yalnızca rüzgar, jeotermal, güneş ve biyokütle projeleri için kullanılmıştır. Avrupa'da ise 2007 yılından bu yana toplam 144 ihraççı tarafından 122 milyar avro değerinde yeşil tahvil ihraç edilmiştir. Estonyalı yenilenebilir enerji şirketi Nelja Energia ise, 2015 yılında güneş, hidro, rüzgar ve biyokütle projelerini finanse etmek için 50 milyon avro tutarında ilk yeşil tahvil ihracı gerçekleştirmiştir (Altunkaya ve Özcan, 2020: 6).

Türkiye'de ise 2016 yılında ilk yeşil tahvil ihracı gerçekleştirilmiştir. TSKB, 5 yıl vadeli 300 milyon dolar tutarındaki ilk yeşil tahvil ihracını gerçekleştirmiştir. İhraç yoluyla toplanan fonun %42,6'sı yenilenebilir enerji, %10,7'si sağlık, %24,9'u elektrik dağıtımı, %1,8'i enerji ve kaynak verimliliği ve kalan %20'si limanlar için kullanılmıştır (Altunkaya ve Özcan, 2020: 6).

Kandır ve Yakar (2017)'ın yaptığı araştırmaya göre, yeşil tahviller dünya genelinde ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca Türkiye'de yeşil tahvil piyasasının gelişmesinin yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımlar için finansman avantajı sağlayacağı ifade edilmiştir. Hou vd. (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada dünya genelinde 53 ülkede 2000-2021 yılları arasındaki dönemde yeşil finansın yenilenebilir enerji gelişimine olumlu etki ettiği ortaya konmuştur. Ayrıca 53 ülkeyi üç gruba (gelişmiş ülkeler, yükselen piyasa ülkeleri ve gelişmekte olan ülkeler) ayırarak gerçekleştirdikleri analizde yeşil finansın hem gelişmiş ülke ekonomileri hem de hem de yükselen piyasa ekonomilerinde yenilenebilir enerji gelişimine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir.

Görüleceği üzere yeşil tahviller, iklim dostu yeşil projeler için daha iyi bir yatırım ortamı sağlayabilir ve ülkelerin sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmasına büyük katkı sağlayabilir. Ancak yeşil tahvil piyasasının geleceği büyük ölçüde ihraççıların daha fazla yeşil tahvil ihraç etme yeteneğine ve isteğine, yatırımcıların yeşil tahvillerin hem ekonomik değer hem de çevresel etki sağlama yeteneğine olan güvenine bağlıdır (Çanakçıoğlu, 2023: 547-548).

2.5.5. Yeşil Sukuk

Arapçada sukuk, mülkiyet belgesi anlamına gelen sakk kelimesinin çoğuludur. İslami Finans Kuruluşları Muhasebe ve Denetim Örgütü ise sukuku, belirli projelerin veya özel bir yatırım faaliyetinin varlıklarının borç değil, mülkiyetine ilişkin bölünmemiş hisseleri temsil eden, eşit değerdeki sertifikalar olarak tanımlamaktadır. Bu sertifikalar, sukuk sahipleri için emanette tutulan sözleşmeye dayalı hakları da içermektedir (Rahim ve Mohamad, 2018: 129).

Yeşil sukuk ise daha spesifik amaçlar için kullanılan çevre dostu projeleri finanse etmek üzere tasarlanmış şer'i uyumlu finansal araçlardır. İslami finansın temel motivasyonu, uzun vadeli faydalar elde etmek ve sürekli olarak insanlara fayda sağlayan faaliyetlerde bulunmaktır. Dolayısıyla İslami finans, reel ekonomik faaliyeti

ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklerken topluma zarar veren faaliyetlerin finansmanını içeren ürünleri yasaklamaktadır. Aslında sukukun doğası gereği belirsizlik içeren işlemler de zarar riski nedeniyle yasaklanmıştır (Alam vd., 2016: 167). Dolayısıyla günümüzde yeşil sukuk ihracı sürdürülebilir, iklim ve çevre dostu projeleri finanse etmek amacıyla geliştirilmiştir.

Yeşil Sukuk piyasaya çıkan en yeni finansal araçlardan biridir. İlk yeşil sukuk, yenilenebilir enerji grubu Tadau Energy tarafından 2017 yılında Malezya'daki bir güneş enerjisi santralini finanse etmek için 59 milyon ABD doları toplayarak ihraç edilmiştir (UKIFC, 2021: 16). Yeşil sukukun en büyük avantajlarından biri hem çevresel duyarlılığı yüksek yatırımcıları hem de İslam'a uygun yatırım yapmak isteyenleri cezbetme potansiyeline sahip olmasıdır (Abdullah ve Nayan, 2020: 16). Yapılan açıklamalar ışığında yeşil sukukun tasarlanma amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Çevrenin korunması ve İslam'ın çevreyi korumayla ilgili gerekliliklerinin karşılanması,
- İklim değişikliğiyle mücadele,
- Sürdürülebilir kalkınma ve çevre ile ilgili yatırımların finansmanı,
- Yeşil projelerin finansmanında artış için İslami finansal yeniliklerin desteklenmesidir (Ela, 2019: 223).

Yeşil sukuk piyasalarının büyümesi ve gelişmesini sağlamak amacıyla başta Endonezya, Malezya, Singapur ve Hong Kong olmak üzere birçok ülke bazı teşvikler sağlamaktadır. Yeşil sukuk ihracının sabit maliyetleri, geleneksel ihraçlara kıyasla biraz daha külfetlidir. Yeşil sukuk/tahvil ihracında maliyetlerin çoğu, ihracın yeşil ilkelere uygun olmasını sağlamak için bağımsız derecelendirme kuruluşlarından üçüncü taraf onayı alınması ve çevresel etki raporlarının hazırlanması gibi bazı ek maliyetlerden kaynaklanmaktadır (Sarac ve Karabulut, 2021: 33).

Diğer taraftan yeşil sukuk, küresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmanın önemini vurgulamakta ve İslami finans sektörünün finansman altyapısını destekleyerek özel sektör büyümesini desteklemektedir. Yeşil sukuk, geniş bir yatırımcı tabanına sahip olup hem İslami yatırımcılar hem de çevre bilincine sahip

konvansiyonel yatırımcılar için cazip olup, yeşil projelere yönelik finansmanın çeşitlendirilmesine olanak tanımaktadır (Yazıcıoğlu ve Baştan Töke, 2022: 9).

Yeşil sukuk, sermaye piyasalarında yeni bir varlık sınıfı olup, yenilenebilir enerjinin faizsiz fonlarla finanse edilmesinin yenilikçi bir yoludur. Piyasada sukuk arzının yetersizliği nedeniyle faizsiz fonların atıl kalmasını önlemede çok önemli bir rol oynayabileceği gibi, bu kaynağın sürdürülebilir projeler için değerlendirilmesine ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde belirli bir altyapının oluşturulmasına da yardımcı olabilir. Yeşil sukuk, olumlu ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler yaratabilmekte, reel sektöre katkı sağlamak ve faiz unsurunu ortadan kaldırmak amacıyla kullanılabilmektedir; zira sukukun kupon ve anapara ödemeleri proje gelirlerine bağlıdır (Aydın, 2021: 82-83). Ela (2019: 222)'ya göre yeşil sukuk, güneş enerjisi santralleri, biyogaz tesisleri ve rüzgar enerjisi santralleri gibi çevre dostu projelerin finansmanını sağlayan Şeriat uyumlu bir yatırım aracıdır.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) tarafından Zorlu Enerji adına ilk yeşil sukuk ihracı 2020 yılında gerçekleştirilmiştir. TSKB, Zorlu Enerji için 450 milyon TL tutarında sürdürülebilirlik odaklı "Sukuk İhraç Programı"nı hayata geçirmiştir (Aydın: 2021: 47-48). Karatepe Kaya (2024: 446)'ya göre bu tür yatırımların arkasında sadece maddi kazanç değil, aynı zamanda gezegenin sürdürülebilirliği ve gelecek nesillerin refahı konusundaki kaygılar da yatmaktadır. Bu şekilde İslami finansın yapısı çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği gibi küresel zorluklar üzerinde olumlu etki yaratmayı hedeflemektedir.

2.5.6. Melek Yatırımcı

Melek yatırımcı, tek başına ya da sendika içerisinde, kendi parasını doğrudan aile bağlantısı bulunmayan ve halka açık olmayan bir firmaya yatıran, yatırım sonrasında danışmanlık ya da yönetim kurulu üyeliği gibi pozisyonlarda aktif roller alan, yüksek net değere sahip kişidir (Mason ve Harrison, 2008: 310). Türk hukukunda ise "melek yatırımcı" tabiri yerine "bireysel katılım yatırımcısı" tabiri kullanılmaktadır. Bireysel Katılım Sermayesine ilişkin Yönetmelik (2013.02.15, Sayı: 28560) yürürlüğe girerek BKS sistemi faaliyete geçirilmiştir. Yönetmeliğe göre "Bireysel Katılım Yatırımcısı" , kuruluş/büyüme aşamasında şirkete kişisel varlık ve/veya deneyim katan gerçek kişilerdir (Sakarya ve İlkdoğan, 2023: 155).

Melek yatırımcılar, genellikle risk sermayesi kuruluşlarının yatırım yapamadığı erken aşamadaki girişimlere küçük miktarlarda fon sağlayan ve bu fonu girişimcilere satış, pazarlama, işe alım, eğitim, yönetim gibi konularda destek sağlamak için kullanan varlıklı bireylerdir (Er vd., 2015: 40). "Melek yatırımcı" terimi ilk kez 1981 yılında finans profesörü William E. Wetzel tarafından kullanılmıştır. Wetzel bu ismi, finansörlerin kâr beklentileri dışındaki motivasyonlarını da dikkate alan işletme finansman modellerini incelerken bulmuştur. Diğer yatırım yöntemlerine kıyasla %25 ve üzerinde getiri sağlayan girişimlere destek sağlayan melek yatırımcılar da aynı zamanda başarılı girişimcilerdir. Bu nedenle girişimcilere sadece finansal anlamda değil çalışma alanlarında danışmanlık sağlama bakımından da katkı sağlayarak işletmenin katma değerini artırmaktadır (Kurnaz ve Bedük, 2017: 29).

Bu modelde girişimciler finansal ihtiyaçlarını karşılamak için melek yatırımcılara veya melek yatırım ağlarına başvurmaktadır. Girişimci başvuruları ürün yeniliği, kalitesi, satış potansiyeli, girişimci güvenilirliği, deneyimi ve pazar büyüme potansiyeli gibi çeşitli kriterlere göre değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre finansman talebi onaylanmakta veya reddedilmektedir. Tek bir melek yatırımcının ihtiyaç duyulan finansmanı karşılayamaması halinde söz konusu miktar birden fazla melek yatırımcı tarafından karşılanmaktadır (Uluyol, 2008: 49).

Yapılan açıklamalardan melek yatırımcının özü itibariyle girişim sermayesiyle benzerlik gösterdiği anlaşılsa da ikisi arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

• Melek yatırımcıların yatırım hacmi, girişim sermayesine kıyasla daha düşüktür. Girişim sermayesinde milyonlarca dolarlık yatırımlar söz konusuyken melek yatırımcı çok düşük meblağlarda yatırımda bulunabilmektedir.

• Girişim sermayesinde kurumsal ve bireysel yatırımcılardan sağlanan fonlar şirketlere yatırılırken, melek yatırımcılar kendi paralarını kendileri yönetmekte ve bizzat kendileri yatırım yapmaktadır. Melek yatırımcı tarafından desteklenen, bir kurum olabileceği gibi bireysel bir girişim ya da şahıs da olabilir.

• Melek yatırımcılar doğrudan katılabilecekleri ve karar alma süreçlerinde kişisel rol üstlenebilecekleri iş fikirlerine veya şirketlere yatırım yapmaktadırlar.

İngiltere'de gerçekleştirilen bir araştırma, melek yatırımcıların genellikle yatırım yaptıkları şirketlerin yaklaşık %8'ini satın aldıklarını ortaya koymuştur. Norveç'te bu

oran daha yüksek olup ortalama %18'dir (OECD, 2011: 32). Farklı ülkelerde yapılan araştırmalar melek yatırımcıların çoğunluğunun erkek olduğunu göstermektedir. Örneğin ABD'de melek yatırımcıların %95'i, İngiltere'de %99'u, Almanya'da %97'si ve Macaristan'da %100'ü erkektir (Kosztopulosz, 2004: 4). Bunun nedeni, başarılı girişimler kuran veya büyük şirketlerde liderlik pozisyonlarında bulunan kadın sayısının az olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Melek yatırımcıların genelinin ise 40-65 yaş aralığında olduğu belirtilmektedir. Bu yaş aralığında, girişimcilerin yeterli deneyim kazandıkları ve finansal olarak yatırım yapmaya yetecek kadar birikim sağladıkları düşünülmektedir (Ramadani, 2012: 308).

Melek yatırımcılar yenilenebilir enerji kaynaklarına dair projelerin hayata geçirilmesi evresinde önem arz etmektedir. Girişimcilerin düşük maliyetli kaynaklara yeterli erişiminin olmaması, yenilenebilir enerji gibi gelecek vaat eden projelerin finansal fizibilite, pazar kapsamı, teknik fizibilite ve tamamlanma faktörlerinin yetersiz olması nedeniyle hayata geçirilmesini güçleştirmektedir (Atay, 2017: 11). Erken aşamadaki girişimler genellikle kaynak eksikliğiyle mücadele etmek durumunda kalmaktadır. Bilhassa finansal planlama ve pazarlama kabiliyetleri açısından istenilen seviyede değildir. Melek yatırımcılar, bu tür girişimlere fon, pazarlama, yönetim stratejisi, bilgi ve deneyim sağlayarak kaynak sıkıntılarının üstesinden gelmelerine yardımcı olmaktadır. Böylece erken aşamadaki girişimlerin finansman, pazarlama, müşteri edinimi ve patent koruması gibi kriterleri elde etmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda melek yatırımcılar, bir şirket için sürdürülebilir rekabet avantajı açısından taklit edilmesi veya ikame edilmesi zor, değerler sunmaktadır (Öztürk, 2024: 5).

2.5.7. Kamu-Özel Ortaklığı

Kamu-özel ortaklığı tanımı, teorik ve pratikte çok boyutlu anlamlar içermesi, bağlamsal ve zamansal faktörlerle şekillenen esnek özelliği sebebiyle tek bir tanımla sınırlandırılamaz. Ayrıca, çeşitli uygulama biçim ve modelini kapsaması sebebiyle "şemsiye kavram" niteliğine sahiptir (Bayansar ve Özer; 416). Örneğin; bir altyapı yatırım projesi, başlangıçta "x" kamu-özel ortaklığı modeli başlayıp, süreç içerisinde "y" modeline evrilebilir ve nihai aşamada ise "z" modeline dönüşebilir. Bu nedenle model türleri arasında hiyerarşik ya da sıralı bir düzen bulunmamakta, bunun yerine yönsüz bir döngü söz konusudur (Kalaycı, 2018: 51).

Dünya bankası kamu-özel ortaklığını, kamu hizmetinin sağlanması amacıyla kamu kurumu ve özel sektör arasında yapılan uzun vadeli iş birliği modeli olarak tanımlamaktadır. Bu modelde, özel sektör tarafı önemli düzeyde risk ve yönetim sorumluluğu üstlenmekte, gelir elde etmesi performans göstergelerine bağlı olmaktadır (World Bank, 2025). OECD'ye göre kamu-özel ortaklığı ise; özel sektörün kamu hizmetlerini bir sermaye yatırımı aracılığıyla finanse edip sunduğu ve riskleri kamuyla birlikte üstlenmiş olduğu uzun süreli altyapı ve sosyal hizmet iş birliği modeli olarak tanımlamıştır (OECD, 2025: 3).

Kamu-özel ortaklığı modelinin temel mantığı; kamu kurumunun altyapı projelerinde yeterli finansmana sahip olmadığı veya mevcut mali yükünü hafifletmek veya mali yükümlülüğü geleceğe bırakmayı tercih ettiği durumlarda; bunların da ötesinde gerekli finansman gücüne sahip olsa bile, projeleri doğrudan finanse etmek yerine özel sektöre gelir ve piyasa payını aktararak ortaklık kurmayı tercih etmesidir (Kalaycı, 2018: 56). Bu doğrultuda; kamu-özel ortaklığı modellerinde, kamu kurumu düzenleyici ve denetleyici bir role sahip olurken; özel sektör tarafı ise projeyi finanse edeni, tasarlayan, inşa eden ve belirli bir süre sonunda kamuya devreden konumda yer almaktadır.

Günümüzde giderek yaygınlaşan bu model, imtiyaz sözleşmeleri, kiralama sözleşmeleri, yap-işlet-devret, yap-kirala-devret, tasarla-yap-işlet, yap-finanse et, yap-finanse et-bakımını yap gibi birden fazla uygulama biçimlerine sahiptir (Zakharina, vd. 2020: 241). Bahsi geçen bu modeller, sözleşme koşulları, riskin paylaşımı, finansman sorumluluğu ve işletmenin süresi gibi faktörlere göre farklılıklar göstermektedir.

Kamu-özel ortaklığı, dünya genelinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde; enerji, ulaşım, sağlık, eğitim ve altyapı gibi kamu yararına yönelik temel hizmetlerin temininde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Sfakianakis ve Van De Laar 2013: 181). Örneğin, ulaşım altyapısında yap-işet-devret modeliyle inşa edilen köprü projeleri, trafik akışını iyileştirirken devletin sermaye harcamalarına katkı sağladığı gözlemlenmiştir (Grimsey ve Lewis, 2004). Buna ek olarak; Nasrin Joudyian vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada kamu-özel ortaklığı projelerinin sağlık hizmetlerine erişimi özellikle kırsal alanlarda artırma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Buna paralel olarak; Benli vd. (2014), tarafından yapılan çalışmada

kamu-özel ortaklığı ile yürütülen büyük altyapı projelerinde kur riski analizinin önemli bir kriter olduğu ortaya koyulmuştur.

Enerji sektöründe de kamu-özel ortaklığı projelerinin uygulanmış olduğu çeşitli çalışmalara literatürde yer verilmektedir. Coviello vd. (2012) yapmış olduğu çalışmada Latin Amerika ve Karayip'lerde sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğiyle mücadele hedeflerine ulaşmada kamu-özel ortaklığı modelleri özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı projelerde stratejik bir araç olarak değerlendirilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir. Benzer şekilde; Othman ve Khallaf (2024) yapmış oldukları çalışmada, yenilenebilir enerji alanında kamu-özel ortaklığı projelerini etkileyen faktörleri analiz etmiş ve projenin başarısını etkileyen unsurların teknolojik gelişim ve nitelikli taraflar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çevresel hedeflerin de proje başarısında etkili olduğu vurgulanmıştır. Öte yandan, Hossin vd. (2024) ele aldıkları çalışmada Güneydoğu Asya Uluslar Birliği bölgesinde kamu-özel ortaklığı modeliyle uygulanan enerji yatırımlarının ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamadığı altı çizilmiştir.

2.6. Yenilenebilir Enerji ve Yenilikçi Finansal Ürünlere Yönelik Literatür Taraması

Yenilenebilir enerji kaynakları projeleri; iklim değişikliğine karşı verilen küresel mücadelede, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ve karbon nötrlüğü hedefine ulaşmada, enerji arz güvenliğinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Fakat; bahsi geçen projelerin geniş ölçekte kullanılması önünde yüksek ilk kurulum maliyetleri ve geri ödeme süreleri gibi ciddi engeller yer almaktadır. Geleneksel finansal araçların çözüm üretemediği bu hususta, yenilikçi finansal ürünler devreye girerek yenilenebilir enerji projelerinin finansal sürdürülebilirliğini artırmakta ve yatırımcılar için önemli birtakım fırsatlar sunmaktadır. Bu doğrultuda, yenilikçi finansal ürünler, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının geniş ölçekte hayata geçirilmesini destekleyerek ilgili sektörün devamlılığına ve gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu literatür taraması, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında kullanılan kitle fonlaması, yeşil tahviller, blockchain, girişim sermayesi, kamu-özel ortaklığı, yeşil sukuk gibi yenilikçi finansal ürünleri inceleyerek, bu alandaki çalışmaları sistematik bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, hem

akademik literatürdeki boşlukların tespit edilmesine hem de sektör paydaşlarına yol gösterici bir kaynak oluşturulmasına katkı sağlanacaktır.

Onabowale (2024), çalışmasında yenilenebilir enerjiye geçişte enerji politikaları ve sürdürülebilir finansmanın kritik rolüne odaklanmıştır. Bu bağlamda, yenilikçi finansal araçlara ilişkin vaka çalışmaları aracılığıyla, finansal teşviklerin ilgili yatırımlarla nasıl uyumlu olabileceğini tespit etmeye çalışmıştır. Enerji politikalarının ve sürdürülebilir finansal ürünlerle birlikte uygulanmasının piyasa istikrarını katkı sağladığı ve temiz enerji projelerini teşvik ettiğini ifade etmiştir. Ayrıca, bahsi geçen politikaların girişimciler ve hükümet tarafından özümsenmesinin ulusal ve uluslararası iklim hedefleriyle bir uyum içerisinde hareket etmesine katkı sağlayacağını vurgulamıştır. Buna ek olarak; finans kuruluşlarının yeşil tahvil, ESG fonlara yönelik imtiyazlı kredilere daha fazla kaynak ayırarak sürdürülebilir finansa teşvik sağlamaları gerektiğinden söz edilmiştir. Son olarak; enerji şirketlerinin de operasyonel süreçleri ve finansman stratejilerini optimize edebilmek için hızlıca dijital dönüşüm ile entegre bir şekilde çalışması gerektiğinin altı çizilmiştir.

Sreenu (2025), makalesinde yeşil tahvil ve FinTek'lerin Hindistan'da sürdürülebilir enerji dönüşümü nasıl desteklediği ve yeşil yatırımlara yönelik riskleri incelemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçlar, Ocak 2015 – Ekim 2023 dönemi arasında Hindistan'daki on adet finansal araç arasındaki karşılıklı ilişki Toda-Yamamoto yöntemi ile incelenmiştir. Amprik bulgular, temiz enerji yatırımları ile yeşil tahvil ihracı arasında olumlu bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. İlgili yatırımlardaki artışın önemli ölçüde FinTek platformlar aracılığıyla gerçekleştiği, bu sayede enerji sektörünün büyümesinde önemli rolü olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra; yeşil tahvil fonlarının düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi hızlandırmak için etkili bir araç olduğu ve iklim değişikliğiyle mücadele önemli bir potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yeşil tahvil ve FinTek'lerdeki yatırım riskini, geleneksel yatırım araçlarına göre nispeten daha az olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, bahsi geçen finansal araçların daha istikrarlı ve güvenilir bir yatırım aracı olduğu gösterilmiştir.

Zhang ve Su (2024), yayımlamış oldukları makalede yenilenebilir enerji kaynaklarını geleneksel finansman yöntemleriyle finanse etmede yeşil tahvil, kitle fonlaması,

blokzincir gibi modern finansal araçlara kıyasla daha yetersiz olduğunu ifade etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla; yenilebilir enerji projelerini geniş ölçekte yaygınlaştırmak isteyen uygulayıcılar için önemli çıkarımlar sunmak istemişlerdir. Elde edilen bulgular ışığında; modern finansal modellerin finansal ve teknik riskleri azaltabileceği, yatırımcı güvenini artırabileceği, toplumsal katılımı teşvik edebileceği ve dijital entegrasyonu sağlayarak küresel iklim hedeflerine ulaşmaya katkı sunabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, tüm paydaşların koordineli bir çaba sarf etmesi gerektiği, hükümetlerin düzenleyici çerçeveyi oluşturması ve finansal kurumların yeni teknolojilere uyum sağlamasının kritik öneme sahip olduğu ifade edilmiştir.

Aksu (2025), çalışmasında yenilenebilir enerji finansmanında faydalanılabilecek olan Fintek uygulamalarından kitle fonlaması, blokzincir uygulamaları değerlendirilmiştir. İlgili finansman araçlarının yenilenebilir enerji finansmanında kullanımına yönelik literatür araştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; kitle fonlaması ve blokzincir teknolojilerinin uluslararası düzeyde kullanımı yaygın iken; Türkiye'de henüz kullanılmadığı tespit edilmiştir. Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu bir ülke düşünüldüğünde; yenilenebilir enerji yatırımlarının hız kazanması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca kitle fonlaması ve blokzincir teknolojilerinin de yenilenebilir enerji yatırımlarında önemli potansiyele sahip olduğu için yasal düzenlemelerin yapılması ve yatırımcıların bu konuda bilgilendirilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Rahim ve Mohamad (2018); yapmış oldukları çalışmada, birbirinden farklı yeşil sukuk türlerinin Malezya özelinde nasıl uygulandığını tartışmışlardır. Başka bir deyişle; yeşil sukukun yenilenebilir enerji projeleri için bir yatırımcı olarak nasıl çalıştığını gösteren üç vaka çalışması bulunmaktadır. Vaka çalışmaları, son üç yıl içinde yeşil sukukun en güncel uygulamalarına dayanarak seçilmiştir. İlk vaka çalışmasında, Tadau Energy Sdn. Bhd. tarafından güneş fotovoltaik (PV) santrallerinin finansmanı için benimsenen "Hibrit Sukuk" çerçevesi ele alınmıştır. İkinci vaka çalışmasında, BEWG (M) Sdn. Bhd. tarafından bir su arıtma projesi için ihraç edilen "Sukuk Wakalah" incelenmiştir. Son olarak, üçüncü vaka çalışmasında, Sarawak Hidro Sdn. Bhd. tarafından BAKUN hidroelektrik projesinin finansmanı için kullanılan "Sukuk Murabahah" detaylı olarak

ele alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda; yeşil sukukun başarısının finansal kurumların farkındalığına ve desteğine bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

Nigam vd. (2018); yenilenebilir enerji projelerinin finansmanını en etkin şekilde destekleyen kitle fonlaması modeli üzerine keşifsel bir ampirik çalışma yapmıştır. Birleşik Krallık, ABD, Almanya, Hollanda, Fransa İsviçre ve Portekiz'deki yenilenebilir enerjiye özel 30 önde gelen kitle fonlaması platformu incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; yenilenebilir enerji projelerine kitle fonlaması aracılığıyla 305 milyon Euro toplandığı ve bu miktarın büyük bir kısmının borç temelli model aracılığıyla sağlandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, banka kredileriyle karşılaştırıldığında kitle fonlamasının payı küçük olsa da, yenilenebilir enerji projelerinin finansman ihtiyacını karşılama potansiyeli bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra; kitle fonlaması yoluyla yenilenebilir enerji projelerine ülkelerin katkılarını karşılaştırdığında, Birleşik Krallık şüphesiz lider olarak öne çıkmıştır ve toplam miktarın %54'üne katkı sağlamaktadır. Çalışmadaki diğer ülkeler, kitle fonlaması endüstrisinde Birleşik Krallık'ın çok gerisinde kalmıştır. Birleşik Krallık 2014 yılında kitle fonlaması platformlarını düzenlemek için yasalar çıkarmıştır. Çıkarılan yasalara göre; hem yatırım temelli hem de kredi temelli kitle fonlaması düzenlenmiş olup; bu sayede yatırımcılar risklere karşı bilinçlendirmek ve kendilerini nasıl koruyabileceklerine yönelik kılavuzlar sağlanmıştır. Ayrıca hükümet; yenilenebilir enerji yatırımını teşvik etmek adına; yatırım değerine göre değişebilen%30 gelir vergisi iadesi sağlayan Kurumsal Yatırım Planı kurmuşlardır. Bahsi geçen gelişmelerin hükümet tarafından desteklenmesiyle yatırımcıların ilgisinin daha da artacağı sonucuna varılmıştır.

Taghizadeh-Hesary ve Yoshino (2020), çalışmasında yeşil finansman ve yenilenebilir enerji kaynakları projeleri yatırımlarında karşılaşılabilecek sorunları ve yeşil finansman kaynağına ulaşmada yönelik pratik çözümler sunmayı amaçlamışlardır. Ayrıca, yenilenebilir enerji projeleri yatırımlarına ilişkin temel engellerin bulunduğunu ve finans kuruluşlarının söz konusu projelere katılımını teşvik etmek için yeşil finansman risklerini azaltacak adımların atması gerektiğini düşünmektedirler. Bu noktada, bankacılık sektörü dışındaki yatırımcıların (kamu-özel ortaklıkları, emeklilik

fonları, sigorta şirketleri vb.) yeşil enerji projelerine yönlendirilmesi etkili bir strateji olabileceğini vurgulamışlardır. Bu sayede; sermayeye erişimi genişletilerek, risklerin azaltılmasını ve paylaşılmasını kolaylaştırarak, piyasa oyuncularının kapasitesini güçlendirerek ve daha geniş piyasa koşullarını yönlendirerek gerçekleştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte; finansman riskini azaltmak için yeşil kredi garanti programlarının geliştirilmesini, toplum temelli güven fonlarının kullanılmasını, finansal olmayan riskleri önleyebilmek için sigorta mekanizmalarının tanıtılmasını ve yeşil projelerdeki getiri oranının arttırılması için vergi iadesi kullanılması gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Vásquez-Ordóñez vd. (2023), yenilenebilir enerji kaynakları projeleri için kitlesel fonlama kampanyalarının performansını etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. İlgili çalışmada 7 adet hipotez öne sürülmüştür. Araştırma verileri, ECrowd! Platformundan toplanmış olup, bulanık küme nitel karşılaştırma analizi ile uygulama yapılmıştır. Çalışmada, kampanya süresi ölçüt olarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre; görsel ve video kullanımının, sürdürülebilirlik yöneliminin, küçük ve kısa vadeli kredilerin, yüksek faiz oranlarının ve Facebook'taki bağlantının sayısının fazlalığının fon toplama süresini kısalttığı ve kitle fonlaması kampanyası başarısının önemli belirleyicileri olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışma, ilgili literatürle doğruluğu desteklenmiştir.

Alharbi vd. (2023), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada 2007-2020 dönemini kapsayan 44 ülkeden oluşan geniş bir örneklem kullanarak yenilenebilir enerji projelerini teşvik etmede yeşil tahvilin rolünü araştırmışlardır. Farklı modelleme yaklaşımları ve tahmin yöntemleri kullanarak gerçekleştirdikleri analizler sonucunda, alternatif enerji projelerinin finansmanında yeşil tahvillerin önemli bir rol oynadığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, politika yapıcıların, finansal engelleri ortadan kaldırıp yenilikçi projelere destek vererek bu etkinin daha da artmasını sağlayabileceğini ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde, finansal piyasaların güçlendirilmesi ve yeşil tahvil ihracının teşvik edilmesi büyük bir önem taşıdığını vurgulamışlardır.

Tsipas vd. (2024), ilgili çalışmasında yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmede bir finansal araç olarak etkinliğini değerlendirmiş, özellikle Covid-19

pandemisi sürecindeki performanslarına odaklanmışlardır. 2014-2022 yılları arasındaki 55 ülkeden oluşan bir örneklem üzerinde gerçekleştirdikleri analizde FMOLS yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonuçları, yeşil tahvillerin yeşil enerji geçişini teşvik etmede etkili bir araç olduğunu, ancak pandemi döneminde bu etkinin zayıfladığını doğrulamıştır. Çalışmada rüzgar, güneş ve hidroelektrik olmak üzere üç farklı yenilenebilir enerji kaynağına odaklanılmıştır. Bulgulara göre; yeşil tahvil ihracının rüzgar enerjisi yatırımını hızlandırdığını gösterirken, güneş enerjisi yatırımı üzerinde dikkate değer bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Liu vd. (2023), yapmış oldukları çalışmada yeşil finans ile sürdürülebilir enerji şirketleri arasındaki ilişkiyi ampirik olarak inceleyerek, finansal araçların potansiyelini çıkarmayı ve Çin'de faaliyet gösteren enerji şirketlerinin gelecekteki gelişimi için politika önerileri sunmayı amaçlamışlardır. Söz konusu çalışmada yeşil finansın enerji şirketleri üzerindeki rolünü incelemek için statik ve dinamik modeller kullanışlardır. Çalışmaya dahil olan 2006-2020 yılları arasındaki analiz sonuçlarına göre; yeşil finans ve sürdürülebilir enerji şirketleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Özellikle yeşil finans uygulamalarının rüzgar ve güneş enerjisi kaynaklarına teşvik etmede etkili olduğu; fakat hidroelektrik enerji kaynağı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca; yeşil finansın geliştirmesi, rüzgar ve güneş enerjisine daha fazla odaklanılması gerektiği ve yeşil teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesi gibi politika önerileri sunulmuştur.

Mukherjee vd. (2024), ele aldıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynakları projelerinde kitle fonlamasına yönelik mevcut araştırmaları ele alarak, bu tür fonlama kampanyalarının gerekliliğine ve başarısını etkileyen faktörlere yönelik sistematik literatür incelemesi yapmışlardır. Çalışmada 2016-2023 yıllarını kapsayan ve önde gelen dergilerde yayımlanmış 33 hakemli makalenin bulgularını sentezleyip analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara; özellikle geleneksel finansman yöntemlerinin kısıtlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, kitle fonlamasının yenilenebilir enerji projeleri için etkili bir finansman olabileceğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca; kitle fonlama kampanyalarının başarısını etkileyebilecek finansal özellikler, iletişim ve pazarlama stratejileri, medya kapsamı, proje kategorisi ve mesaj çerçevelendirmesi gibi çeşitli

temel temaları belirlemişlerdir. Son olarak; yenilenebilir enerji projeleri için kitle fonlamasını desteklemede kamu sektörünün rolü de ele alınmış; elverişli bir ortam oluşturulması, finansman ve teknik destek sağlanması, yenilebilir enerji ve kitle fonlamasının faydalarını teşvik edilmesi, düzenleyici ve bilgiye erişim engellerin aşılması ve diğer paydaşlarla iş birliği yapılması gibi alanlarda katkı sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Ziobrowska-Sztuczka (2023), çalışmasında kitle fonlaması ve Polonya halkının yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına yönelik sosyal tutumlarını ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu amaçla; ilgili 500 katılımcıdan oluşan bir örneklem büyüklüğüne sahip anket gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre; kitle fonlamasının yenilenebilir enerji kaynakları projeleri finanse etmede iyi bir yol olabileceği sonucuna varılmıştır. Bunun nedeninin ise; ilgili yatırımlarda kamu desteğinin olması ve yeşil girişimleri desteklemeye yönelik farkındalığın olması gösterilmiştir.

Ogunsola vd. (2024), yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji finansmanında güçlü bir ekosistem oluşturmak için yeşil tahvillerin diğer tamamlayıcı finansal araçlarla entegrasyonuna yönelik stratejik bir çerçeveyi ele almışlardır. Buna göre; yeşil tahvillerin enerji projelerinde özel sermayenin harekete geçirilmesinde kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca tamamlayıcı finansal araçlar olarak ifade edilen yenilenebilir enerji fonları, karbon kredileri ve karma finansman modellerin ise; özellikle gelişmekte olan pazarlarda risk paylaşımı, uygun fiyatlılık ve proje uygulanabilirliği gibi kritik açıkları giderdiği açıklanmıştır. Bahsi geçen araçların uyumlu çalışmasının temel bileşenlerinin ise; paydaş işbirliği, düzenleyici kurum, şeffaf raporlama ve riski azaltmanın olduğunun altı çizilmiştir.

Appiah-Otoo vd. (2022); yayımlamış oldukları çalışmada kitle fonlamasının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çerçevede; 2013-2018 yılları arasında 32 ülke genelleştirilmiş momentler yöntemi (GMM) ile analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre; kitle fonlamasının yenilenebilir enerji üretimi üzerinde anlamlı bir pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Kitle fonlamasındaki %1'lik artışın yenilenebilir enerji projeleri üretimini %0.35 artırdığını göstermektedir. Ayrıca; Çin'in kitle fonlamasının yenilenebilir enerji üretimi

üzerindeki etkisinin diğer ülkelere daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dahası; ilgili projeleri arttırmaya yönelik sübvansiyonlar, tarife garantileri ve teknolojik altyapı gibi politikalar da tavsiye edilmiştir.

Okyerebea Menyeh ve Acheampong (2024); çalışmalarında kitle fonlamasının mekaniği ve dinamiği hakkındaki bilgi eksikliğini gidererek; Gana'daki hane halkı ile yapılan odak grup görüşmeleri yaparak yenilenebilir enerji yatımları ve kitle fonlaması hakkındaki temel konuları ve düşünceleri özetlemişlerdir. Yapılan odak grup görüşmeleri doğrultusunda; güneş enerjisine diğer rüzgar enerji projelerine kıyasla daha güven duyduklarını ifade etmişlerdir. Buna ek olarak; yatırımcılar hem risksiz enstrümanlara kıyasla yüksek getiri beklentisinde iken; hem de projelerin uzun vadeli sürdürülebilirliğine ilişkin kanıtlara sahip olmak istemişlerdir. Ayrıca katılımcılar; ilgili projeler için hükümet politikalarının yatırım güvenini arttıracağını ve projenin uygulanabilirliği ve itibarına da katkı sağlayacağını vurgulamışlardır.

Long vd. (2024); söz konusu çalışmalarında sürdürülebilir ve temiz enerjiye geçişi hızlandırma finansal araçların belirleyici rolünü öne çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu bağlamda; 2014-2024 yıllarına ait ScienceDirect, SpringerLink ve Scopus gibi veritabanlarında yayınlanan 111 makaleyi incelemişlerdir. İlgili makalelerden elde edilen bulgulara göre; enerji projelerinin uzun vadeli ve sürdürülebilir şekilde geçişini sağlamak için; finansal araçların etkin bir şekilde uygulanması elzemdir. Dijital teknoloji ile uyumlu bir şekilde uygulanan finansal modellerin şeffaflığı artırma, maliyetleri azaltma ve yenilenebilir enerji projelerine erişimi kolaylaştırmaya yardımcı olacağı öngörülmüştür. Ayrıca, yenilenebilir enerjiye geçişin sosyo-ekonomik etkilerinin de iyi anlaşılması, sürecin adil ve hiçbir kesimi dışarıda bırakmayacak şekilde tasarlanması gerekliği vurgulanmıştır.

Vasileiadou vd. (2016), yapmış oldukları çalışmalarında Hollanda'da kitle fonlamasını yenilenebilir enerji kaynakları projeleri için alternatif bir finansman kaynağı olarak incelemiştir. Çalışmada ilk olarak; ilgili platformlardaki başarılı olan yedi adet projeyi tespit etmişlerdir. Çevrimiçi dökümanlar aracılığıyla, belirlenmiş olan projelere yatırılan para miktarını, katılımcı sayısını ve zaman içindeki başarılı proje sayısını belirlemişlerdir. Elde edilen bulgular neticesinde; ilgili projelere yatırılan veya

bağışlanan toplam paranın, yenilenebilir enerji dönüşümü için gereken yatırımların küçük bir kısmını oluşturduğu gözlemlenmiştir. Fakat; kitle fonlaması platformunun yeni olması dikkate alındığında ciddi bir potansiyele sahip olduğu da vurgulanmıştır.

Naderi ve Tian (2022), çalışmalarında blok zincir teknolojisinin yenilenebilir enerji yatırımlarının açığını kapatmadaki potansiyelini ele almışlardır. Bu bağlamda, blok zincir teknolojileri ile finanse edilen yeşil proje uygulamalarına ilişkin örnekler incelenmiştir. Elde edilen incelemeler sonucunda; kripto paraların sürdürülebilir yatırımları geliştirmede ve teşvik etmede uygun çözümler sunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca; sistemde şeffaflığın sağlanması, karbon varlık işlem sisteminin iyileştirilmesi, güvenliğin ve izlenebilirliğin artmasının yeşil projelerin büyümesine etki edeceği vurgulanmıştır. Diğer yandan; blok zincir teknolojilerin politika yapıcılar ve finansal düzenleyicilerin uygun düzenlemelerle desteklendiklerinde, yeşil finansman açığının kapatılmasına yardımcı olabileceğini savunmuşlardır.

Santoso (2020), Endonezya'da sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmada yeşil sukuk'un rolünü ve yeşil projelere olan katkısını incelemeyi amaçlamıştır. Bu bağlamda, araştırma yöntemi olarak nitel yöntem kullanılmıştır. Araştırma gözlemi, katılımcı gözlem, yapılandırılmamış gözlem ve grup gözlemi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Analiz bulgularına göre; yeşil sukuk'un karbon emisyonlarını azaltma programlarına destek sağladığı, hükümetin halihazırda yürüttüğü altyapı projeleri için de potansiyel oluşturduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak; rüzgar, güneş ve jeotermal enerji projeleri için de yatırım seçeneği sunduğu ifade edilmiştir.

Omopariola (2023), çalışmasında; ABD'de merkezi olmayan enerji yatırımlarının, finansal, teknolojik ve politika odaklı yönlerini analiz ederek enerji projeleri finansmanındaki zorlukları çözmede kamu-özel ortaklıklarının ve dijital finansal araçların belirleyici rolünü dikkat çekmeyi amaçlamışlardır. Başarılı uygulama örneklerinin incelenmesi neticesinde; temiz enerji geçiş sürecini hızlandırmada yenilikçi finansal modellerin dönüştürücü rolünün var olduğu saptanmıştır. Ayrıca; geleneksel finansal modellerin, enerji projelerinin etkin bir şekilde ölçeklendirilmesi için ihtiyaç duyulan esnekliği ve erişilebilirliği sağlayamadığı vurgulanmıştır. Bu yüzden; kamu-özel ortaklıklarının devlet teşvikleri ve risk paylaşım mekanizmalarını

paylaşarak finansman açığını kapatmada etkili bir araç olarak ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Buna ek olarak; kamu-özel ortaklıkları büyük ölçekli enerji projelerinde büyük bir potansiyel barındırdığı ifade edilmiştir. Dijital finansal araçların, enerji projeleri yatırımlarındaki entegrasyonun yüksek likidite ve kolaylaştırılmış işlemlerle hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılar için erişim imkânı sunarak temiz enerji finansmanında daha bütüncül bir bakış açısı sağladığı vurgulanmıştır.

De Broeck (2018), yenilenebilir enerji projelerine yatırım imkânı sağlayan kitle fonlaması platformlarını, bu platformlarda yatırımcının ne ölçüde riske maruz kaldığı ve bu riski nasıl yönettiğini incelemiştir. Yenilenebilir enerji projesinin türü, kitle fonlamasının finansal düzenlemesi ve kitle fonlaması temsilcilerinin risk algılarına yönelik farklı ülkelerde faaliyet gösteren 23 aktif kitle fonlamasını kapsayan anket çalışması yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre; kitle fonlamasıyla finanse edilen projelerde prim ve sabit alım garantisi temelinde yenilenebilir enerji politikalarına sahiptir. Örneğin; en eski ve en fazla platforma sahip olan Hollanda ve Almanya'da istikrarlı prim tarifeleri tespit edilmiştir. Bu durumun, yatırım getirisi için gerekli olan nakit akışlarını garanti altına alındığını göstermektedir. Bunlarına aksine; İngiltere'deki politika belirsizliği ve İspanya'daki beklenmedik destek kesintileri bahsi geçen faaliyeteler üzerinde olumsuz etkileri sebep olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla; bu ülkelerde yüksek iş ve temerrüt riskine maruz kalındığı ifade edilmiştir. Yatırımcı açısından düşünüldüğünde ise; dolandırıcılık, müşteri verilerinin kaybı veya çalınması gibi risklerle karşı karşıya kalınabileceği ifade edilmiştir. Bu tür riskleri azaltabilmek için de platformların tümünün, projelerini sunmadan önce bir tür ön araştırma yaptığından söz edilmiştir.

Fu ve Ng (2021), Çin'de çıkarılan yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji varlıklarını finanse etmedeki etkinliğini ve başlıca riskleri nasıl yönettiğini araştırmışlardır. Bu amaçla; devlet işletmesi tarafından yönetilen rüzgar enerjisi projelerini finanse ederken, yeşil tahvillerin nasıl yapılandırılıp çıkarıldığını ve projeye dahil olan risklerin nasıl yönetildiğini incelemişlerdir. Yapılan vaka analizine göre; 2014 yılında beş yıllık vadeli ve 1 Milyar Yuan tutarında çıkarılan ilk yeşil-karbon tahvilin başarıyla çıkarıldığı, bu başarının hem Çin'in sermaye piyasasının hızlı gelişimine katkı

sağlarken hem de karbon ticareti piyasasının gelişimini teşvik ettiği ifade edilmiştir. Aynı zamanda; özel yatırımcılar için finansal teşviklerle bütüncül bir yeşil tahvil mekanizmasının oluşturulacağından söz edilmiştir. Son olarak; ilgili çalışmanın yenilenebilir enerji projelerini finanse etme ve yatırım yapmada ortaya çıkacak riskleri etkili bir şekilde ortaya koyan, buna ek olarak iyi yapılandırılmış bir kamu ve özel aktör iş birliği yoluyla yatırımı teşvik eden ve işlem maliyetini azaltan çalışma olarak literatüre katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Şerbetçi ve Fettahlıoğlu (2024), yayımlamış oldukları çalışmalarında yükselen piyasa ekonomilerinde yeşil enerji yatırımlarına alternatif olabilen ve sürdürülebilirlik açısından imkân sunabilen finansman modelleri değerlendirilmiştir. Bahsi geçen kategoriye giren ülkelerin sahip oldukları standartlara göre; kamu-özel ortaklıkları, karbon kredisi mekanizmaları, uluslararası finans kurumları ve fonları, blockchain tabanlı çözümler ve yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji yatırımlarından alternatif olabileceği ifade edilmiştir. Öte yandan; ilgili ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımları hususunda sermaye yetersizliği, yüksek finansman maliyeti, düzenleyici engeller, teknolojik kısıtlar ile güven eksikliği gibi risklerle karşı karşıya kalınabileceği belirtilmiştir.

Siebeneicher vd. (2022), yapmış oldukları çalışmada finansal getiri amaçlı kitle fonlamasının başarı kriterlerini inceleyerek, bu finansal aracın enerji geçişinde nasıl bir katkıya sahip olacağını araştırmaya çalışmışlardır. Çalışmada, 2016-2021 yılları arasında Almanya ve Avusturya'da meta-platform üzerinden başlatılan 434 adet finansal getiri amaçlı kitle fonlaması kampanyası analiz edilmiştir. İlgili analizi yapabilmek için; çeşitli hipotez soruları oluşturulmuş ve istatiksel analiz için hiyerarşik doğrusal regresyon modelleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; sürdürülebilirlik temasının kitle fonlaması başarısını önemli ölçüde etkilemediği gösterilmektedir. Diğer bir deyişle, sürdürülebilirlik odaklı kampanyaların başarısı ile geleneksel kampanyaların başarısı arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yüksek faizin oranlarının yatırımcılar için daha yüksek karlılık getireceği için dolayısıyla kitle fonlamasının başarılı olması için, faiz oranını arttırması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca, kampanya süresinin uzunluğunun da kitle fonlaması başarısında negatif bir

etkiye sahip olduğu tespit edilmiş olup; literatürle de tutarlı bir sonuca sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Wang ve Zan (2023), yürüttükleri araştırmada yeşil finansın yenilenebilir enerji şirketlerinin yatırım davranışlarını ne derece kolaylaştırdığını incelemişlerdir. Bu doğrultuda çalışma 2007-2019 yılları arasında Çin'deki yenilenebilir enerji şirketlerini kapsayarak dinamik panel modeli ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulama sonuçlarına göre, yeşil finans yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmada önemli role sahip olduğu, üstelik daha az gelişmiş bölgelerde etkisinin daha belirgin bir şekilde görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, yeşil finans sistemi ve piyasasının henüz erken aşamada olması sebebiyle, politika yapıcıların yeşil finansa yönelik yasalar ve düzenlemeler oluşturması gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle küçük ve orta ölçekli yenilenebilir enerji şirketlerinin karşılaştığı finansman sorununu giderebilmek kredi garanti sistemini oluşturması gerektiği de ifade edilmiştir.

Parihar ve Joshi (2024), çalışmalarında blok zincir teknolojisinin yeşil finans alanındaki potansiyelini incelenmiştir. İlgili finansal aracın sürdürülebilir yatırımlarda şeffaflık, hesap verilebilirlik ve verimliliği nasıl artırabileceğini ele almışlardır. Çalışmada yalnızca blok zincirin sunduğu fırsatlardan değil, aynı zamanda yenilenebilir enerji sektöründeki regülasyon sistemi ve fon eksikliği gibi güçlükler de ele alınmıştır. Bu bağlamda, nitel bir metodoloji kullanılarak akademik literatür, vaka çalışmaları ve düzenleyici raporlar titizlikle incelenmiştir. İnceleme sonucuna göre; blok zincir teknolojisinin yeşil finans alanında gözle görülür bir değişim oluşturma kapasitesine sahip olduğu ifade edilmiştir. Ancak bu kapasiteyi gerçekleştirebilmek için, küresel düzenlemelerin kapsamının genişletilmesi, geliştirilmesi ve uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir. Ayrıca, blok zincir teknolojisi uygulamaların yüksek maliyetler gerektirdiği için kamu ve özel iş birliği yapılarak, bu tür finansal engellerin üstesinden gelinmesi gerektiği belirtilmiştir.

Piroschka Otte ve Maehle (2022), kitle fonlamasının temiz teknoloji projeleri finansmanı için alternatif bir yöntem olduğunu ifade etmişler. Bu sayede; çalışmalarında kitle fonlaması literatüründe yer alan altı adet kriterin temiz teknoloji proje üzerine olan etkisini nitel karşılaştırmalı analiz ile incelemeyi amaçlamışlardır.

Çalışmada geçen ve kitle fonlaması üzerinde etkili olan kriterler sırasıyla; hedeflenen miktar, duygusal çekicilik, kampanya süresi, iletişim, yatırımcının cinsiyeti, lokasyon şeklindedir. Sözü edilen kriterlerin analiz sonuçlarına göre; duygusal dilin kullanılması ve güncellemelerin sık yapılmasının kampanya başarısında etkili olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, düşük hedefli fonların ve 30 günden daha kısa süren kampanyaların aciliyet hissi oluşturarak başarılı sonuç elde edildiği gözlemlenmiştir. Kampanyaların başarısız olmalarındaki ortak noktanın ise; iletişim noksanlığı ve uzun süreli olmasından kaynaklandığı dile getirilmiştir.

Wing Lee ve Zhong (2015), ele almış oldukları çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları projelerini finanse etmek için hibrit tahvil adı altında yeni bir finansal enstrümanı sunmuşlardır. Hibrit tahvillerin yapısından ve karşılaşılabilecek risklerden bahsedilen çalışmada örnek bir uygulama oluşturarak üç güneş enerjisi ve iki rüzgâr enerjisinden oluşan bir hibrit tahvil portföyü oluşturmuşlardır. Portföy optimizasyonu ve Monte Carlo simülasyonu kullanılarak en yüksek Sharpe oranına sahip bir uygun bir portföy belirlemişlerdir. Oluşturulan portföye göre; enerji projelerinde piyasa riski, likidite riski, operasyonel riski, kredi riski gibi belirsizliklerin nasıl yönetileceği vurgulanmıştır.

Misra vd. (2024), çalışmasında sürdürülebilir enerji projelerinde FinTek'lerin fon sağlama sürecindeki rolünü ve önemini analiz etmeye çalışmışlardır. Bu bağlamda; nitel araştırma yöntemi kullanarak literatür ve belgeler içerik analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre; FinTek'lerin yenilenebilir enerji yatırımlarında uygulanmasının sürdürülebilirlik hedeflerinde iyi bir aşama kaydedilmesinde ve olumlu çevresel sonuçlar elde edilmesinde faydalı gözlemlenmiştir. Ayrıca, ilgili finansal araçların işlem maliyetini azalttığı ve operasyonel verimliliği artırdığı için yenilenebilir enerji projelerin finansmanında uygulanabilirliğini daha da kolaylaştırdığı ifade edilmiştir.

Sarıgül ve Topçu (2020), ele aldıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji yatırımların yeşil tahvil aracılığıyla finanse edilmesine ilişkin önerilerde bulunmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla; yeşil tahvilin dünya ve Türkiye ekonomisindeki verilerini değerlendirerek karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; Türkiye'nin

enerji sektöründe dışa bağımlılığını azaltabilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının arttırılması gerektiği ve ilgili yatırımları finanse etmek için yeşil tahvil ihracını da tercih edilir duruma getirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bahsi geçen finansman kaynağını daha ilgi çekici bir duruma gelmesi için yeşil tahvillerin standartlarının belirlenmesi, vergisel teşviklerin sağlanması, risk algısı ve maliyetlerinin azaltılması gerektiği belirtilmiştir. Böylece hem yeşil tahvil ihracı artacağını hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanını erişilebilir hale gelebileceği ifade edilmiştir.

Bourcet ve Bovari (2020), ilgili çalışmasında Fransız vatandaşların yenilenebilir enerji projelerini kitle fonlaması aracılığıyla finanse etmedeki karar sürecini ve kitle fonlaması ile yatırım yapma kararlarını etkileyen faktörleri analiz etmeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda; 2019 yılı Şubat ve Mart aylarını kapsayan süreçte çevrimiçi anket çalışması uygulanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre; yenilenebilir enerji yatırımlarını kitle fonlamasıyla finanse etmek için şeffaflığı artırmak ve kitle fonlamasına yönelik algılanan riski azaltmak, yenilenebilir enerji kaynakları projelerinde sürdürülebilirliğe dikkate almak ve perakende yatırımcılar için yeşil yatırımları çeşitlendirmek gerektiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak; hükümet politikaları yenilenebilir enerji projelerini teşvik etmek için önemli bir adım olduğu ve bu sayede kitle fonlamasına da katkı sağlayacağı vurgulanmıştır.

Yıldırım (2016), yapmış oldukları çalışmada Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımları projelerinin finansmanı hakkında kapsamlı bir çerçeve sunmaya çalışmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre; yenilenebilir enerji projelerinin yapılabilmesi için, finansal desteğin sağlanması gerektiği konusuna vurgu yapılmıştır. Ardından idari süreçlere ilişkin engellerin ortadan kaldırılması, yeni çözümlerin uygulanmasına yönelik yasal çerçevenin geliştirilmesi, elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarına güvenli erişimin sağlanması ve destek paket programlarının geliştirilmesine yönelik amaçlara ulaşmak için stratejiler oluşturulması vurgulanmıştır.

Donastorg vd. (2017), gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları projelerinin finansman kaynaklarını ve yeni trendleri incelemeyi amaçlamışlardır. Bu

amaçla; mevcut yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları ve ilgili projelerin finansman kaynaklarını değerlendirmek, kısıt ve sınırlamaları analiz etmek için literatür taraması yapılmıştır. Çalışmalarının neticesinde; sözü edilen ülkelerde yenilenebilir enerji finansmanı iklim değişikliğiyle mücadele kritik öneme sahip olmasına rağmen finansmanı karşılamada bilgi yönetimi, yasal çerçeve ve politik düzenleme gibi engellerle karşılaşmaktadır. Kamu-özel iş birliği, uygun finansal aracın seçimi ve politik çerçevenin oluşturulmasının enerji geçişini hızlandıracağı ifade edilmiştir. Son olarak; teknoloji, eğitim ve kaynak yöntemi gibi kriterlerin de bütüncül bir şekilde ele alınmasını gerektiğini vurgulamışlardır.

Slimane ve Rousseau (2020), Fransa'da faaliyet gösteren üç adet kitle fonlaması platformundan toplanan veriler ışığında, yenilenebilir enerji yatırımlarında kitle fonlaması kampanyalarının başarısına etkili olan faktörleri incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; projenin başarılı olmasında faiz oranı, talep edilen miktar, firmanın büyüklüğü ve finansal durumu gibi ekonomik kriterlerin etkili olduğu anlaşılmıştır. Bunlara ilave olarak; yatırımların demografik özellikleri, sosyal ağ gibi subjektif faktörler de fonların toplanmasında önemli olduğu gözlemlenmiştir. Nihayetinde; kitle fonlamasıyla projelerin başarılı olmasında finansal ve kişisel faktörlerin önemi anlaşılmıştır. Bahsi geçen platformlar ise; daha şeffaf bir kampanya süreci hazırlayarak yatırımcıların güvenini arttırabileceğinin altı çizilmiştir.

Altunkaya ve Özcan (2020), yenilenebilir enerji finansmanında kullanılan finansman yöntemlerini incelemişlerdir. Yaptıkları inceleme sonucunda; kitle fonlamasının sosyal ağ aracılığıyla finansman erişimini kolaylaştırması sebebiyle başta ABD olmak üzere Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanıldığını ifade etmişlerdir. Türkiye'de ise; kitle fonlaması platformlarının sayıca az olmasının toplum tarafından bu finansman kaynağının tanınmasını zorlaştırdığı ve piyasa gelişimine negatif etki yapacağından söz etmişlerdir. Yeşil tahvil ihracının Türkiye'de ilk olarak 2016 yılında olması sebebiyle de dünyadaki gelişimine geç kaldığını vurgulamışlardır.

Guillochon (2022), çalışmasında Fransa'da seçkin kitle fonlaması platformundan biri olan Lendopolis'in 2017-2021 döneminde etkili bir şekilde fonlanan yenilenebilir enerji projelerinin kampanya hususlarını ilişkin detayları inceleyerek, kitle fonlaması

sonuçlarını etkileyen unsurları analiz etmiştir. Çalışmanın neticesinde; medya unsurunun kitle fonlamasıyla yenilenebilir enerji projelerine katılan yatırımcı sayısının kayda değer biçimde artırdığı dile getirilmiştir. Daha da önemlisi hem sosyal hem de geleneksel medyanın birlikte kullanılmasının, yalnızca birine göre kıyaslandığında daha fazla yatırımcı çekebileceğinin altı çizilmiştir. Aynı zamanda; kampanyaların başarısında coğrafi kısıtlamalarının da etkisinin olduğu ifade edilmiştir. Dahası; bahsi geçen kısıtlamaların lokasyonlara göre, gelir, nüfus ve internet erişimi gibi farklı etkilerinin olduğu görülmüştür. Bu durumun; düşük gelirli, az nüfusa ve sınırlı dijital erişime sahip bölgelerde daha uzun kampanya sürelerine maruz kalındığını göstermiştir. Son olarak; yenilenebilir enerji projelerinin başarısında bir değer faktör olan yerel yönetimlerin desteğinin artırılması ve bu yönde çalışmaların hızla yapılması gerektiği ifade edilmiştir.

Akdağ ve Gözen (2020), ele aldıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji projeleri yatırımları için uygulanmakta olan güncel finansman modelleri üzerine karşılaştırmalı bir değerlendirme yapmışlardır. Çalışmalarında, ilgili projelerinin finansmanında kullanılan sabit fiyat garantisi, enerji kooperatifi, kitle fonlaması, yeşil tahvil, yenilenebilir enerji fonu gibi finansman modelleri hakkında kapsamlı bir verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda; bahsi geçen finansman modellerin uygulama sıklığı hakkında genel bir değerlendirme yapabilmenin mümkün olmayacağı, piyasa dinamikleri ve ekonomik şartların göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmiştir.

Feng vd. (2023), çalışmalarında 1970-2020 dönemlerine ait süreç içerisinde Çin'de uygulanan yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji yatırımları ve çevre kirliliğine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında kullanmış oldukları NARDL yönetimi sonuçlarına göre; yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmesinde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda; yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasıyla birlikte çevre kirliliğinde azalma meydana geleceği gözlemlenmiştir. Bulgulara ek olarak; politika yapıcıların yeşil finansmanı güçlendirmeleri yönünde teşvikleri artırması ve fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini hızlandıracak adımların da atılması gerektiği vurgulanmıştır.

Zheng vd. (2023), yapmış olduğu çalışmada 2014-2019 yılları arasında dünya genelinde 64 ekonomiye ait büyük ölçekli verileri kullanarak, yeşil finansmanın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerindeki etkilerini dinamik panel yöntemi analiz etmişlerdir. Analizden elde edilen bulgulara; yeşil finansın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerinde olumlu bir etkisini olduğu ortaya koyulmuştur. Hükümetin sürekliliği, yeşil finansmanın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerindeki etkisini de artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca; yeşil finansın özellik rüzgar enerjisi projelerini daha fazla teşvik ettiği; diğer enerji kaynaklarında ise sınırlı bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ VE AMPİRİK ANALİZ

Üçüncü bölümde, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımına etki eden faktörler ve bu yatırımların finansmanına yönelik yenilikçi finansal ürünlerin alternatiflerinin sıralanması amacıyla yürütülen analizlerin metodolojik çerçevesi ortaya konulmuştur. Bu çerçevede; öncelikle araştırma kullanılacak yöntem ve uygulama adımları açıklanmıştır. Ardından uzman görüşleri ve literatür doğrultusunda kullanılan kriterlere yer verilmiş ve çalışmadaki yöntemler uygulanarak nihai sıralama oluşturulmuştur. Son olarak; analiz bulgularının yorumlanması ve yenilenebilir enerji kaynakları finansmanına yönelik politika önerileri ifade edilmiştir.

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Bireyler yaşamları boyunca çeşitli alanlarda ve konularda karar vermek zorunda kalmaktadırlar. Gündelik yaşam içerisinde bireylerin karşısına farklı sorunlar veya alternatifler çıkmaktadır. Bireyler günlük yaşamda satın alma kararı verirken, iş tercihi yaparken, yatırım kararı alırken ve pek çok benzer hususlarda karar vermeleri gerekmektedir. Öte yandan, çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak her zaman kolay değildir. Bunun başlıca sebebi bireylerin vermiş oldukları kararların yanlış olma riskidir. Verilen kararların doğru olmaması ise bireylerin yaşamları üzerinde olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Dinçer vd., 2019: 274).

Karar verme sürecinde ortaya çıkan zorluklardan dolayı, çok kriterli karar verme yöntemleri literatüre kazandırılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden fazla ve genellikle birbiriyle çelişen kriter ve alternatifler arasından en uygun seçeneğin belirlenmesini kolaylaştıran yöntemler bütünüdür. Bu sistematik yaklaşım, karar vericilerin en iyi sonuca ulaşmasını sağlarken, aynı zamanda riskleri en aza indirmelerine ve araştırmanın hedeflerine etkin bir şekilde ulaşmalarına olanak tanımaktadır (Alhammadi vd., 2025: 3578). Bu yöntem; en iyi çözümün bulunabilmesi için dikkate alınması gereken nicel ve nitel kriterleri göz önünde bulundurur (Taherdoost ve Madanchian, 2023: 77). Bu bağlamda, kriterlerin doğru şekilde ağırlıklandırılması, karar verme sürecinin doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrudan etkilemekte olup, elde edilen sonuçların kalitesini belirleyici bir unsur haline gelmektedir.

Literatürde farklı özelliklere sahip çok kriterli karar verme yöntemleri geliştirilmiştir. Örneğin; kriter ağırlıklarının belirlenmesinde, temel olarak Analitik Hiyerarşik Süreci (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Ayrıca, DEMATEL yöntemi hem bu hususun belirlenmesinde hem de kriterler arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemlere ilave olarak, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE ve MOORA gibi yöntemler de çeşitli alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanmasında kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemlerin, bazı çalışmalarda sonuç karşılaştırması yapmak amacıyla bir arada kullanıldığı gözlemlenmektedir (Dinçer ve Yüksel, 2018: 2).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, farklı sektörlerde yaygın olarak uygulama alanı bulmaktadır. Bu yöntemler; tedarikçi seçimi, ihale tekliflerinin değerlendirilmesi, hizmet kalitesinin ölçülmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gibi çeşitli alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Ceballas vd., 2016: 315). Literatürde bu kapsamda yapılan bazı çalışmalar şu şekildedir: Türkiye'nin uzun vadeli enerji stratejilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada Ervural vd. (2018), çok kriterli karar verme yaklaşımını kullanmıştır. Vietnam'daki sanayi bölgeleri için çevresel sürdürülebilirlik temelli en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi amacıyla Van Thanh (2020) benzer bir yaklaşım benimsemiştir. Datta vd. (2011), yeşil enerji kaynaklarının seçimi sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yönteminden yararlanırken; Huang (2022) ise en uygun yenilenebilir enerji alternatifini belirlemek amacıyla çok kriterli değerlendirme yöntemlerini kullanmıştır. Saraswat vd. (2021), Hindistan özelinde en uygun yenilenebilir enerji kaynağını yine AHP yöntemiyle belirlemeye çalışmıştır. Zhang vd. (2019) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, okyanus termal enerji dönüşüm projeleri için en uygun saha seçimine odaklanılmıştır. Son olarak, Kahraman vd. (2016), bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle farklı yenilenebilir enerji kaynaklarını karşılaştırarak en uygun alternatifi belirlemeyi amaçlamıştır.

Belirtilen alanlara ilaveten, çok kriterli karar verme yöntemlerinin özellikle son yıllarda finans alanında da kullanıldığı görülmektedir. Xu ve Xi (2004), bankaların kredi tahsis süreçlerinde müşterilerinin kredibilite analizlerini ne kadar etkin gerçekleştirdiklerini araştırılmıştır. Özbek (2015) ise, Türkiye'de faaliyet gösteren

dokuz adeta yabancı sermayeli bankanın verimlilik analizini gerçekleştirmiştir. Ayrıca (Zopounidis ve Doumpos, 2002: 173-175), çok kriterli karar verme yöntemlerinin finansal karar verme süreçlerinde çoklu kriterleri sistematik şekilde analiz etmeyi, risk-getiri gibi çelişkili hedeflerin ağırlıklandırılmasına olanak sağlayan kabul edilebilir çözümler üretmeye olanak sağladığını belirtmektedir. Hallerbach ve Spronk (2002) ise, finansal karar problemlerinin karmaşıklığının karar bağlamının doğru tanımlanmasından uygun ÇKKV yönteminin seçilmesine kadar uzanan bütüncül bir süreci gerektirdiğini ve bu bağlamda finans teorisi ile çok kriterli karar verme yaklaşımlarının entegrasyonunun zorunlu olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla, finans sektöründe bu yöntemlerin etkin bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir.

3.2. Bulanık Mantık Kavramı

Günlük yaşamda sıklıkla kullandığımız birçok terim, ekseriyetle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir kavramı açıklarken, bir durumu yorumlarken, yönergede bulunurken ve benzeri pek çok durumda başvurduğumuz ifadeler çoğunlukla bulanıklık barındırır. Örneğin, yaşlı, genç, sıcak, soğuk, hızlı, yavaş gibi birçok sözel terim, kesinlikten uzak ifadelerdir ve insanlar bir durumu anlatırken ya da karar verirken sıklıkla bu tür ifadeleri kullanmaktadır. Bu doğrultuda, bulanıklık belirsizlik şeklinde ifade edilmiştir. Belirsizlik altında karar verilen bu tür durumlar, literatürde 'bulanık ortam' olarak tanımlanmaktadır (Bellman ve Zadeh, 1970: 141). Bahsi geçen belirsizlik durumlarını ifade etmek amacıyla, Zadeh (1965) tarafından bulanık mantık geliştirilmiştir (Wang vd. 2007: 151; Castillo ve Melin, 2014: 615).

Bulanık mantığın temel prensibi, insanların karar verme süreçlerindeki genellikle kesin olmayan, belirsizlik içeren önerme olgusuna dayanmaktadır. Örneğin; "Berkeley'in nüfusu 100.000'in üzerindedir." önermesi bulanık bir önermedir; çünkü cümlede geçen sayısal ifade örtük bir anlama sahiptir. Bu önermede geçen bulanık gerçekler ve kurallar genellikle kesin değilmiş gibi manipüle edilir, bu da gerçekliği sorgulanabilir yol açar (Zadeh, 1983: 201-202).

Zadeh'e göre, bulanıklık bir bakıma derecelendirme kavramıyla ilgilidir. Klasik mantıkta her ifadenin doğru ya da yanlış olarak diğer bir deyişle 0 veya 1 şeklinde ifade edilmesinin yeterli olmayacağı ifade etmiştir. Diğer bir deyişle, gerçek

dünyadaki birçok durumun bu ikili yaklaşımla modellemenin yetersiz kalacağını, dünyanın süreklilik arz eden yapıya sahip olduğunu ifade etmiştir. Örneğin; yaşlı ile genç arasında kesin sınırlar değil, sürekli bir derecelendirme söz konusudur (Karataş; 2018: 157-158).

Bulanık işlemler esasen matematiksel işlemlerdir. Zadeh'in görüşüne göre, günümüz insan düşüncesinin sayısal verilerle ifade edilmesi doğal bir temsil biçimi oluşturmamaktadır. Örneğin, bir restoranda garsonun biftek pişirme derecesini sorduğu durumda tüketiciler "%75 oranında pişmiş" gibi kesin sayısal ifadeler yerine "orta pişmiş" veya "az pişmiş" gibi nitel tanımlamaları tercih etmektedir. Bu durum, sayısal ifadelerin günlük yaşamda hem pratik olmadığını hem de insan düşünme biçimiyle uyumsuz olduğunu göstermektedir. Ancak bu doğal dil kullanımı, düşünsel süreçlerimizdeki pek çok nüansın ve detayın gözden kaçmasına yol açarak bilişsel indirgemeye neden olmaktadır. Nitekim, bulanık mantık sistemlerinde olgular net sınırlara sahip olmasa da belirli matematiksel kurallar çerçevesinde düzenlenmiştir (Işıklı, 2008: 4).

Öte yandan, Zadeh'in bulanık mantık kavramını ortaya koymasının ardından; bu mantığın ilk uygulanması 1974 yılında Mamdani tarafından bir buhar makinesini kontrol eden sistemde gerçekleştirilmiştir (Tiryaki ve Kazan, 2007: 3). Bu dönemde, Zahed'in kuramı teorik olarak büyük ilgi gördü ve geniş uygulama alanları bulmuştur. Bulanık mantığın yaygınlaşmasında çoğunluğu Japonya kaynaklı olan ticari bulanık ürünlerin son dönemdeki artışı belirleyici rol oynamıştır. 1980 yılında, Kopenhag merkezli F.L. Smidth & Company firması bir çimento fırınının işletim sürecini denetlemek amacıyla ilk kez bulanık sistem uygulamasını hayata geçirmiştir. 1988'de ise Hitachi firması, Japonya'nın Sendai kentindeki bir metro hattının kontrolünü bulanık sisteme devretmiştir. Bu tarihten itibaren Japon şirketleri, yüzlerce ev aleti ve elektronik üründe bulanık mantık teknolojisini kullanmaya başlamıştır (Kosko ve Isaka, 1993:76). Günümüzde bulanık mantık; elektronik kontrol sistemleri, depremlerin önceden tespit edilmesi, kanser teşhisi, ekonomik ve finansal sistemler, optimizasyon, görüntü tanımlama, bilgi sistemleri, elektronik aletler, internet ağı, yapı malzemeleri endüstrisi gibi birçok alanda uygulanmaktadır.

Bulanık mantığın genel özellikleri şu şekilde sıralamıştır (Zadeh, 1965: 338-353; Zadeh, 1983: 204-205; Keskenler ve Keskenler, 2017: 7; Baykal ve Beyan 2004: 39-41,):

- Bulanık mantık doğruluk değerleri [0,1] aralığında herhangi bir değer alabilir.
- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayalı düşünme yerine yaklaşık değerlere dayalı düşünme esas alınmaktadır.
- Her mantıksal ifade, bulanık bir ifade dönüştürülebilir.
- Bulanık mantıkta bilgiler, çok az, az, küçük, büyük, çok büyük gibi dilsel ifadeler biçiminde sunulmaktadır.
- Klasik mantıktaki önermeler kesin doğruluk değerleriyle sınırlıyken; bulanık mantıkta önermenin gerçekleşme ihtimali bulanık sayılarla ifade edilmektedir.
- Bulanık mantık, matematiksel modeli elde edilmesi güç olan sistemler için son derece uygundur.

Bulanık mantığın sahip olduğu bu karakteristik özellikler, yöntemin çeşitli uygulama alanlarında sunduğu avantajları daha net bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır (Mcneill ve Thro, 2014: 16):

- **Verimlilik:** Daha az değer, kural ve karar yeterliliği ile çalışabilme özelliği,
- **Kapsamlı Değerlendirme:** Gözlemlenebilir değişkenlerin daha geniş kapsamda analiz edilebilmesi
- **Bilişsel Uyum:** Sayısal değişkenler yerine dilsel değişkenler kullanarak insan düşünme biçimiyle uyumlu modelleme,
- **Karmaşıklık Yönetimi:** Tüm sistem değişkenlerinin anlaşılmasına gerek kalmadan girdi-çıktı ilişkisi kurabilme, geleneksel sistemlere kıyasla daha doğru ve kararlı tasarımlara olanak sağlama,
- **Yenilikçi Çözümler:** Basit yapısı sayesinde önceden çözülemeyen problemlerin çözülebilmesi,
- **Hızlı Prototipleme:** Sistemin tüm dinamikleri tam olarak bilinmeden tasarım sürecine başlanabilmesi,
- **Maliyet Avantajı:** Tasarım kolaylığı nedeniyle geleneksel sistemlere kıyasla daha düşük üretim maliyetleri,

- **Sağlamlık:** Artırılmış sistem direnci ve kararlılık,
- **Bilgi Yönetimi:** Bilgi edinme ve temsil süreçlerinin basitleştirilmesi,
- **Kural Verimliliği:** Az sayıda kural ile büyük karmaşıklıkların kapsanabilmesi.

Yukarıda bahsedilen avantajlarının aksine bulanık mantık sistemlerinin birtakım dezavantajları vardır. Bunlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Mcneill ve Thro, 2014: 17):

- **Model Geliştirme Zorluğu:** Bulanık sistemlerden matematiksel model türetmek önemli teorik ve pratik zorlukları içermektedir.
- **Optimizasyon Gereksinimi:** Bulanık mantık, geleneksel mantık sistemlerine kıyasla daha hızlı tasarım ve prototipleme imkânı sunsa da, bulanık sistemlerin operasyonel hale gelmeden önce kapsamlı simülasyon çalışmaları ve parametre optimizasyonu gerektirmektedir.
- **Kültürel Önyargılar:** ABD'deki akademik ve endüstriyel çevreler, kontrol sistemlerinde matematiksel kesinliği ve lineer modelleri önceleyen geleneksel yaklaşımları nedeniyle bulanık mantık uygulamalarına karşı metodolojik bir direnç sergilemektedir.

3.2.1. Bulanık Kümeler

Bulanık kümeler, Zadeh (1965) tarafından klasik küme teorisinin bir uzantısı olarak geliştirilmiş matematiksel bir çerçevedir. Klasik küme teorisi, bir öğenin kesin ve iyi tanımlanmış sınırlar dahilinde bir kümeye ait olup olmadığını esas alırken, bulanık kümeler kısmi üyelik kavramını ortaya atarak öğelerin bir kümeye farklı derecelerde ait olabilmesine olanak tanır. Bir bulanık kümede, her bir elemana 0 ile 1 arasında bir üyelik değeri atanır; bu değer, ilgili elemanın kümeye ait olma derecesini gösterir. 1 üyelik değeri tam üyeliği temsil ederken, 0 değeri üyeliğin bulunmadığını ifade eder. 0 ile 1 arasındaki değerler ise kısmi üyelik derecelerini belirtir (Zimmerman, 2010: 318; Çelik ve Yıldız, 2024: 94-95). Diğer bir deyişle, klasik küme teorisinde belirsiz üyelik durumu söz konusu değildir. Bu teori çerçevesinde, herhangi bir eleman ya kesin olarak kümeye aittir (üyelik değeri=1) ya da kesinlikle kümeye ait değildir (üyelik değeri=0). Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonun

kullanılmasıyla, elemanların kümelere ait olma derecelerini 0 ile 1 arasında değişen sayılara atama olanağı vermektektedir (Altaş, 1999: 5-6).

İnsan algısındaki belirsiz kavramların matematiksel modellemesi bağlamında "genç" kavramının klasik ve bulanık küme teorileriyle temsili arasındaki temel farklılıklar, örnek üzerinden karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Klasik küme teorisine göre "genç" tanımı için kesin bir sınır belirlensin ve öncelikle 30 yaş altı için genç denilsin. Bahsi geçen örneğin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi olsun:

Matematiksel Gösterim:

$$Genç\ (x) = \begin{Bmatrix} 1, & eğer\ x \leq 30 \\ 0, & eğer\ x > 30 \end{Bmatrix} \tag{3.1}$$

Yukarıdaki matematiksel eşitliğe göre;

- 25 yaş; tam üye (1)
- 30 yaş; tam üye (1)
- 30.1 yaş; tam üye değildir ve 0 ile gösterilmektedir.

Buna göre klasik küme teorisi, 30 ile 30.1 yaş arasındaki anlamsız keskin ayrımı yapar. İnsan algısındaki "az genç", "çok genç" gibi dereceleri yok saymaktadır.

Bulanık küme teorisine göre "genç" tanımının matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi olsun:

Matematiksel Gösterim (Lineer Üyelik Fonsksiyonu):

$$\mu_{Genç}(x) = \begin{bmatrix} 1, & x \leq 25 \\ \dfrac{35 - x}{10}, & 25 < x \leq 35 \\ 0, & x > 35 \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

Yukarıdaki matematiksel gösterime göre; μ üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

- 20 yaş; tam üye (1)
- 30 yaş; yarı üye (0.5)
- 33 yaş; zayıf üye (0.2)
- 36 yaş; üye değildir ve 0 ile gösterilmektedir.

Bulanık küme teorisinde belirsiz değişkenlere üyelik derecesi atanarak bu değişenlere belirlilik kazandırılmış; buna ek olarak mevcut veriler doğrultusunda karar vericinin ulaşacağı sübjektif bilginin sayısallaştırılması da bu teori ile mümkün hale

getirilmiştir (Karadoğan vd., 2001: 96). Yukarıda verilen örneğe göre de üyelik derecesi, yaş arttıkça kademeli olarak azalmaktadır.

3.2.1.1. Bulanık Sayılar ve Üyelik Fonksiyonu

Zadeh, kesin olmayan sayısal büyüklükleri pratik bir biçimde ele alabilmek amacıyla bulanık sayıları ortaya koymuştur (Dijkman vd., 1983: 301). Bulanık sayılar, bulanık küme teorisi içerisinde ifade edilen ve özellikle belirsiz niceliklerin ifade edilmesinde kullanılan özel bir küme türüdür. Bulanık sayı olan ($\tilde{n}$)'nın üyelik fonksiyonu $(\mu_{\tilde{n}}(\chi_i))'$tir. Üyelik fonksiyonu olan değer de 0 ile 1 arasında değer almakla birlikte aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır. (Chen vd., 2006: 294; Tzeng ve Huang, 2011: 7; Zimmerman, 2010: 318).

$$\tilde{n} = \{(\chi_i\,, \mu_{\tilde{n}}(\chi_i)\ \geq\ \alpha) \mid \chi_i \in \mathrm{X}\} \tag{3.3}$$

$$\alpha \in [0,1]$$

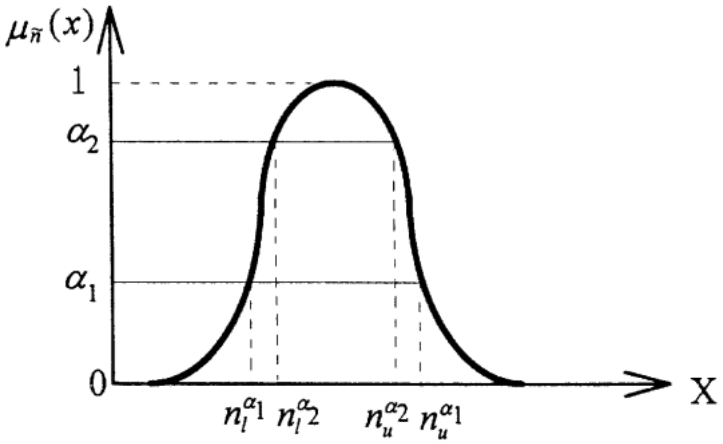
$\tilde{n}^{\alpha}$ sembolü, X kümesi içinde boş olmayan ve sınırlı bir aralığı temsil etmektedir. Bu aralık,

$$\tilde{n}^{a} = [n_l^{\alpha}, n_u^{a}] \tag{3.4}$$

şeklinde gösterilmektedir. Burada n_l^{α}alt sınır, n_u^{a} üst sınırdır. Eğer bir bulanık sayı ñ için, tüm $\alpha \in [0,1]$ değerlerinde $n_l^{\alpha} > 0$ ve $n_u^{a} \leq 1$ koşulları sağlanıyorsa, bu bulanık sayıya normalize edilmiş pozitif sayı adı verilmektedir (Chen vd., 2006: 294).

$\tilde{n}$ bulanık sayısının ve α kesimleri aşağıdaki gibi tanımlanır (Chen, 2000: 2-3):

$$\tilde{n}^{a_1} = \left[n_l^{a_1}, n_u^{a_1}\right], \tilde{n}^{a_2} = \left[n_l^{a_2}, n_u^{a_2}\right] \tag{3.5}$$



Şekil 3.1. Bulanık Üyelik Fonksiyonu

Şekil 3.1'den görülebileceği üzere, eğer $a_2 \geq a_1$ ise; $\tilde{n}$

- Alt sınır için; $n_l^{a_2} \geq n_l^{a_1}$
- Üst sınır için; $n_u^{a_1} \geq n_u^{a_2}$ilişkisi geçerlidir.

Temel olarak, bulanık sayılar, reel sayıların bir bulanık alt kümesi olup, güven aralığı kavramının genişletilmiş bir temsili olarak değerlendirilir. Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılan tanıma göre, üçgen bulanık sayı aşağıdaki temel özelliklere sahip olmalıdır:

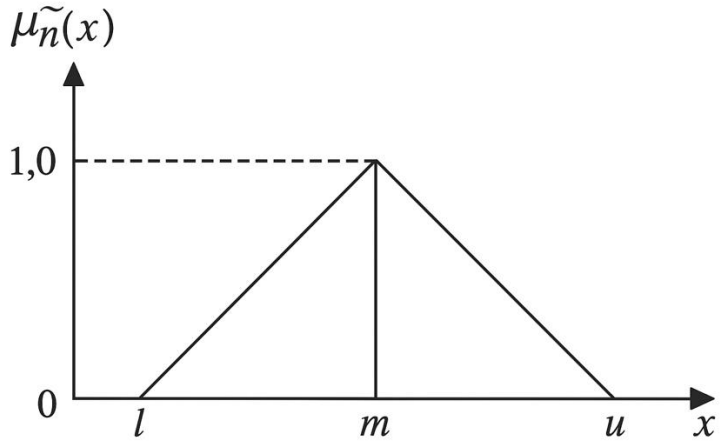
- Reel sayı kümesi üzerindeki bir bulanık sayı ñ,
- üyelik fonksiyonu $x \in \tilde{n}$, $\mu_{\tilde{n}}(x)$: $\mathbb{R} \longrightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanıyorsa üçgen bulanık sayıdır.

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \dfrac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \dfrac{x-u}{m-u}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \tag{3.6}$$

Yukarıdaki eşitlikte *l* ve *u*, sırasıyla bulanık sayıların alt ve üst sınırlarını; *m* ise tepe (mod) değerini ifade etmektedir. Üçgen bulanık sayı şu şekilde gösterilebilir.

$$\tilde{n} = (l, m, u) \tag{3.7}$$

Üçgen bulanık sayılar, bulanık sayıların özel bir türüdür. Eşitlikte (3.5)'te bahsi geçen *l,m,u* değerleri arasında $u > m > l$ ilişkisi vardır. Üçgen bulanık sayı $\tilde{n}$'nin gösterimi şekil 3.2'deki gibidir (Awasthi vd., 2011: 99-100).



Şekil 3.2. Üçgensel Bulanık Sayı Fonksiyonu

İki adet üçgen bulanık sayı arasında yapılan matematiksel işlem yasası aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{n}_1 = (l_1, m_1, u_1) \text{ ve } \tilde{n}_2 = (l_2, m_2, u_2) \quad (3.8)$$

- **Toplama işlemi:**

$$\tilde{n}_1 + \tilde{n}_2 = (l_1 \oplus l_2, m_1 \oplus m_2, u_1 \oplus u_2) \quad (3.9)$$

- **Çıkarma işlemi:**

$$\tilde{n}_1 - \tilde{n}_2 = (l_1 \ominus l_2, m_1 \ominus m_2, u_1 \ominus u_2) \quad (3.10)$$

- **Çarpma İşlemi:**

$$\tilde{n}_1 \times \tilde{n}_2 = (l_1 \otimes l_2, m_1 \otimes m_2, u_1 \otimes u_2) \quad (3.11)$$

- **Sabit sayıyla çarpma işlemi:**

$$\tilde{n}_1 \times k = (l_1 \otimes k, m_1 \otimes k, u_1 \otimes k) \quad (3.12)$$

3.2.1.2. Dilsel Değişkenler

İnsanların konuşma ve yazı dili, gerçek dünyadaki olayları ya da durumları ifade ederken genellikle öznel, belirsiz veya bulanıktır. Kullanmış olduğumuz kelimeler sayılar kadar kesin ve net olmadığı için, dilsel değişken kavramı; tanımlanması zor durumları ya da kavramları yaklaşık bir biçimde tanımlamak için kullanılmaktadır. Dilsel değişken, karmaşık veya yeterince tanımlanmamış durumlarla başa çıkmada oldukça kullanışlı yapıya sahiptir (Ecer, 2006:79). Bu bağlamda, dilsel değişkenleri uygun şekilde ifade etmek için bulanık sayılar kullanılmıştır (Cables vd., 2012: 2120-2121). Dilsel değişken tanımlayıcılarını belirlemenin temel amacı, kullanıcın bilgisini doğal dil aracılığıyla, birkaç anlamlı ifade edebilmesini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir unsur, belirsizliğin ayrıştırıcılık seviyesidir (Herrera ve Herrera-Viedma, 2000: 69). Zadeh (1975) tarafından ortaya atılan dilsel değişken, aşağıdaki beş unsur ile karakterize edilir (Cables vd., 2012: 2121; Almirantearena vd., 2012: 400; Herrera ve Herrera-Viedma, 2000: 69):

- ***x***, dilsel değişkenin adını,
- ***T(x)***, *x* değişkeninin terimler kümesini,
- ***X***, evreni,
- ***G***, *T(x)*'yi oluşturan dilsel terimlerin sözdizimsel olarak nasıl türetildiğini belirleyen kurallar bütününü,

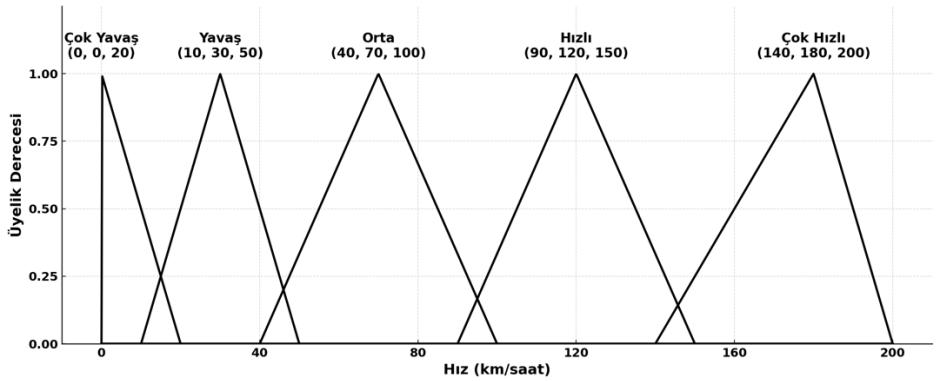
- ***M***, *T(x)* kümesindeki her bir terimin X üzerindeki anlamını belirleyen anlamsal kuralı ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, ***M(x)*** her bir dilsel terimi X üzerinde tanımlı bir bulanık küme olarak eşleştirir.

Yukarıda bahsi geçen ifadeler örnekle şöyle açıklanabilir:

Hız bir dilsel değişken olarak yorumlandığında;

- **Dilsel değişkenin adı *(x)***: Hız
- **Evren *(X)***: 0 – 200 km/saat arası bir aracın hız aralığı
- **Dilsel terim kümesi *(T(x))***: Çok yavaş, yavaş, orta, hızlı, çok hızlı
- **Sözdizimsel kural *(G)***: Oldukça hızlı, biraz yavaş

Hız örneğine ilişkin evrende yer alan hız değerleri, bulanık kümelerle ifade edilmekte olup, "çok yavaş" ifadesi hızın 20 km/saat'e yakın olduğu yeri, "yavaş" ifadesi hızın 50 km/saat'e yakın olduğu yerleri, "orta" ifadesi 100 km/saat hıza yakın olduğu yerleri, "hızlı" ifadesi 150 km/saat hıza yakın olduğu yerleri ve "çok hızlı" ifadesi de hızın 200 km/saat'e yakın olan yerleri ifade etmek amacıyla verilmiştir. Bahsi geçen ifadelerin üyelik dereceleri aşağıdaki gösterilen şekilde tanımlanan bulanık kümeler ile gösterilebilir.



Şekil 3.3. Hız Dilsel Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonları

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde, kriterlerin önemini ve diğer kriterlere göre alternatiflerin değerini hesaplamak için karar vericiler dilsel değişken kullanmaktadır. Bu bağlamda, dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı olarak Tablo 3.1'deki gibi ifade edilir.

Tablo 3.1. Kriterler için Dilsel Ölçek

	Dilsel Terim	Sembol	Üçgen Bulanık İfade
1	Çok Düşük	ÇD	(0,0,0.1)
2	Düşük	D	(0,0.1,0.3)
3	Orta Düşük	OD	(0.1,0.3,0.5)
4	Orta	O	(0.3,0.5,0.7)
5	Orta Yüksek	OY	(0.5,0.7,0.9)
6	Yüksek	Y	(0.7,0.9,0.9)
7	Çok Yüksek	OY	(0.9,1,1)

Kaynak: Chen, 2000: 4-5.

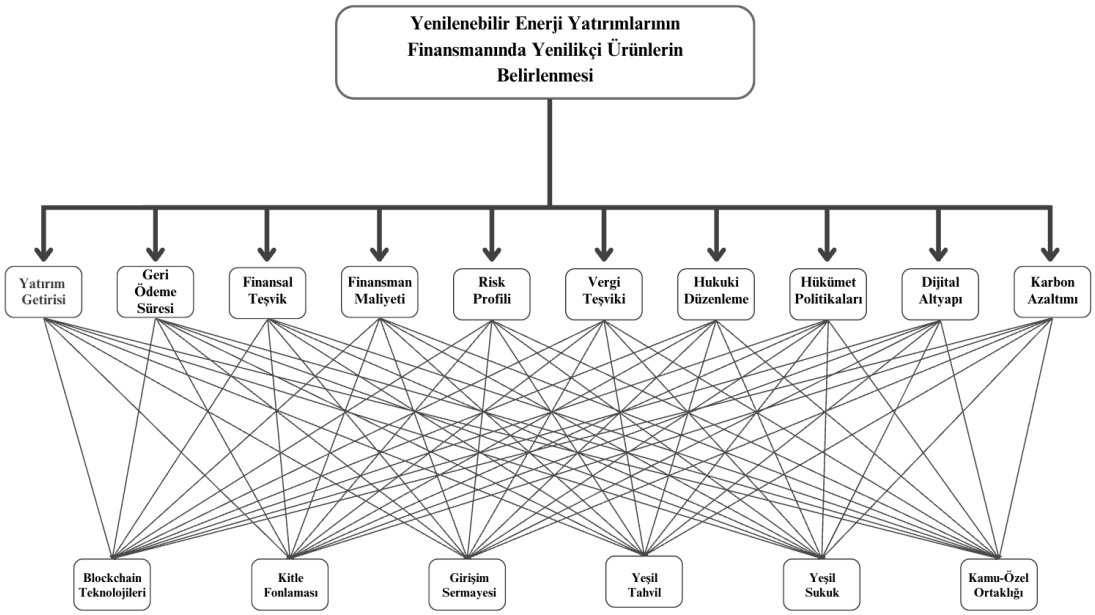
3.2.1.3. Durulaştırma

Klasik bir kümenin uygun bir bulanık (fuzzy) kümeye dönüştürülmesi metodolojisi bulanıklaştırma olarak ifade edilirken; durulaştırma ise bulanıklaştırmanın tersi bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (Chakraverty vd., 2019:117). Durulaştırma, dilsel ifadelere dönüştürülmüş verilerin çıkarım yapılabilir değerlere dönüştürülmesidir. Bulanık halen getirilen bilgilerin sayısal forma dönüştürülmesi, durulaştırma adımıyla mümkün hale gelir (Tabar ve Şişman, 2020: 21). Literatürde, durulaştırma işlemlerine yönelik birden fazla yönteme rastlanmaktadır. Hangi yöntemin kullanılacağı, sistemin yapısal özellikleri ile karar vericinin yaklaşımına göre belirlenmektedir (Ertuğrul, 2006: 158).

3.3. Araştırmanın Metodolojisi

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının finansmanında kullanılabilecek yenilikçi finansal ürünlerin etkinliğinin değerlendirilmek ve bu ürünleri belirli kriterler doğrultusunda en uygun finansman alternatifinin ortaya koymak amacıyla hibrit birçok kriterli karar verme modeli kullanılmıştır. Şekil 3.5 yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanı etkileyen kriterlerin analizine ve alternatif finansal ürünlerin sıralanmasına yönelik geliştirilen modelin aşamalarını göstermektedir. Çalışmanın ilk aşamasında, kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve konuya ilişkin uzmanlar belirlenerek nihai kriter seti oluşturulmuştur. Kullanılan kriterler, ilgili akademik çalışmalar ve uzman görüşleri doğrultusunda yapılandırılmıştır. Şekil 3.4'te ise, yenilenebilir enerji yatırımlarının

finansmanında yenilikçi finansal ürünlerin değerlendirmesine ilişkin hiyerarşik modeli göstermektedir. Literatürden edinilen bilgiler ve uzmanlar ile yapılan görüşmeler sonucunda, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımında etkisi olabilecek 10 kriter $C_i = (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10)$ ile 6 adet yenilikçi finansla ürünlerin alternatiflerinin $A_i = (A1, A2, A3, A4, A5, A6)$ değerlendirilmesi uygun bulunmuştur. Çalışmada uygun görülen kriterler sırasıyla; Yatırım Getirisi (C1), Geri Ödeme Süresi (C2), Finansal Teşvik (C3), Finansman Maliyeti (C4), Risk Profili (C5), Vergi Teşviki (C6), Hukuki Düzenleme (C7), Hükümet Politikaları (C8), Dijital Altyapı (C9) ve Karbon Azaltımı (C10)'dır. Alternatifler ise sırasıyla; Blockchain Teknolojileri (A1), Kitle Fonlaması (A2), Girişim Sermayesi (A3), Yeşil Tahvil (A4), Yeşil Sukuk (A5) ve Kamu-Özel Ortaklığı (A6)'dır.

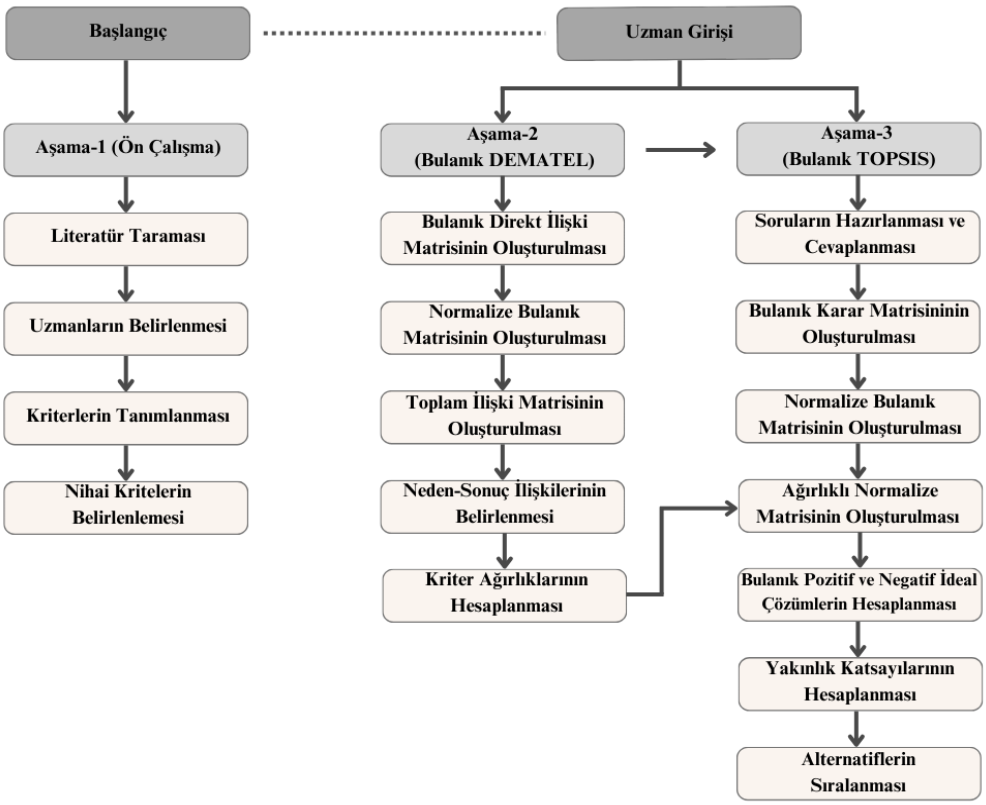


Şekil 3.4. Yenilikçi Finansal Ürünlerin Değerlendirilmesinin Hiyerarşik Modeli

Çalışma kapsamında, kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde, Türkiye'de enerji ve finans alanlarında bilgi ve deneyim sahibi olan altı uzmandan oluşan bir karar verici grubu görüşlerinden yararlanılmıştır. Baker vd. (2006: 62)'ye göre kabul edilebilir bir uzman için gerekli minimum deneyim süresi, akademi, endüstri veya her ikisi de olmak üzere on yıldır. Uzmanlar, enerji ve finans alanlarında en az 15 yıllık

deneyime sahip olan proje yöneticisi, kamu sektörü temsilcisi ve akademisyenlerden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının finansmanında etkili olan kriterler arasındaki nedensel ilişkilerin ortaya konulması amacıyla Bulanık DEMATEL yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntem belirsizlik ortamında uzman görüşlerinin dilsel değişkenlerle ifade edilmesini ve kriterler arasındaki ilişki yapısının analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (Wu ve Lee, 2007: 54). Uzmanlardan alınan cevaplar, dilsel değişkenler yardımıyla üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Ardından ilgili adımlar gerçekleştirilerek ilgili kriterlerin birbirleriyle olan neden-sonuç ilişkisi ortaya konulmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanına yönelik alternatif yenilikçi finansal ürünler Bulanık TOPSIS yöntemi yardımıyla sıralanmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması, yenilikçi finansal ürünlerin belirsizlik içeren kriter çerçevesinde alternatiflerin sistematik olarak sıralanmasına olanak sağlanacaktır. Bir önceki yöntemde elde edilen kriter ağırlıkları yardımıyla, Bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Kriter ağırlıklarının elde edilmesi hem kriter öncelikleri hem de alternatif yenilikçi finansal ürünlerin sıralanmasında kritik öneme sahiptir. Buna ek olarak; Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanmasıyla elde edilecek olan bulgular, karar vericilere hangi finansal ürünlerin yenilenebilir enerji yatırımları açısından daha uygun olduğunu bilimsel temele dayalı olarak göstererek politika yapıcılar açısından önemli bir rehber niteliğinde olacaktır.



Şekil 3.5. Hibrit Çok Kriterli Karar Verme Değerlendirme Modeli

3.3.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi

Dematel yöntemi, Cenevre'deki Batelle Memorial Institute'a bağlı Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından 1972 ile 1976 yılları arasında yapılan araştırma sonucu geliştirilmiştir. Bu yöntem, karmaşık ve birbirine bağlı problem gruplarının çözümü amacıyla yapılandırılmıştır (Gandhi vd., 2015: 99). DEMATEL yönteminde, problemdeki kriterleri incelemek için matris araçları kullanılarak toplam nedensel ilişkiler belirlenir ve kriterler neden ve sonuç diyagramıyla sınıflandırılır. Bu yöntemle, bir kriterin problem içindeki etkileyen veya etkilenen rolünün daha iyi anlaşılması sağlanmaktadır. Aynı zamanda, problemdeki en önemli kriterin tespit edilmesine de olanak tanımaktadır (Var vd., 2025: 5).

Ullah vd. (2021)'e göre; DEMATEL'in diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle kıyaslandığından birtakım avantajlara sahip olduğu ifade edilmiştir. Faktör analizinden farklı olarak, DEMATEL her bir kritere eşit ağırlıklar vermemektedir. Bu doğrultuda, sistem performansını etkileyen önemli kriterlerin ortaya çıkarılmasını sağlar ve bu önemli kriterlere odaklanır. Buna ek olarak; DEMATEL yöntemi, Analitik Hiyerarşi Süresi (AHS) ve Analitik Ağ Süreci (AAS) gibi yöntemlerin aksine, kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalarda eşit ve zıt ağırlıklar atamasını gerektirmez. Böylelikle, "A kriterinin B kriteri üzerindeki etkisi, B kriterinin A kriteri üzerindeki etkisinden farklı olabilir." durumu göz önünde bulundurulabilir. Son olarak; regresyon analizi ve yapısal eşitlik modellemesi (YEM) ile karşılaştırıldığında, daha az ver, gereksinimi duyması ve kriterler arasındaki tüm muhtemel ilişkileri dikkate alabilmesi gibi avantajlara da sahiptir (Var vd., 2025: 5).

DEMATEL yöntemi problemlerin değerlendirilmesinde etkili bir teknik olsa da sistemler arasındaki ilişkiler yapısal model oluştururken genellikle kesin (crisp) değerlerle ifade edilmektedir. Ancak gerçek dünya koşullarında bu tür kesin değerler yetersiz kalmaktadır. Birçok değerlendirme kriteri, doğası gereği kusurlu ve muhtemelen belirsiz faktörler içermektedir. Dolayısıyla, söz konusu çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemini çözmek amacıyla DEMATEL yöntemine bulanık küme teorisi (Zadeh, 1965) entegre edilmiştir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012: 3002).

Bulanık DEMATEL yönteminin literatürde sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Söz konusu çalışmalarda, enerji (Büyüközkan vd., 2024; Wang vd., 2019; Addae vd., 2019; Luthra vd., 2016), finans (Abhijith vd., 2024; Li vd., 2023; Gayathri vd., 2022), lojistik (Chang vd., 2011; Keskin, 2015; sağlık (Ghaderi vd., 2024; Merdivenci ve Karakaş, 2020), eğitim (Aldowah vd, 2025; Qian vd, 2024; Pala, 2019), inşaat (Shooshtarian vd., 2024; Chen ve Oiao, 2023), spor (Gazi vd., 2025; Sadeghi vd., 2024; Albayrak ve Erkayman, 2018) gibi birçok önemli sektör dikkate alınmıştır.

Bulanık DEMATEL yönteminin uygulanması için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Li ve Wu, 2008: 207-208; Dalalah vd., 2011: 8385-8386):

1.Adım: Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık değerlendirme skalasının oluşturulması

Bu adımda, literatür taraması ve uzman görüşleri sonucunda karar verme problemine etki ettiği düşünülen tüm kriterler belirlenir. Daha sonra, bu kriterlere yönelik uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu sürecin ardından, uzman görüşleri dilsel değişken biçimine dönüştürülmektedir (Yüksel vd., 2020: 331). Dilsel değişkenin geliştirme sürecinde "Etkisiz", "Düşük Etki", "Orta Etki", "Yüksek Etki", "Çok Yüksek Etki" olmak üzere beş farklı boyut esas alınarak değerlendirme yapılmaktadır (Chang vd., 2011: 1854). Dilsel değişkenler daha sonra üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.

Tablo 3.2. Dilsel Değişkenlerin Üçgen Bulanık İfadeleri

Tanım	Etki Skoru	Üçgen Bulanık İfade
Etkisiz	0	(0,00;0,00;0,25)
Düşük Etki	1	(0,00;0,25;0,50)
Orta Etki	2	(0,25;0,50;0,75)
Yüksek Etki	3	(0,50;0,75;1,00)
Çok Yüksek Etki	4	(0,75,1,00;1,00)

Kaynak: Chang vd., 2011: 1854

2.Adım: Bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bulanık DEMATEL, birden fazla uzmanın belirsizlikleri modellemek için tasarlanmıştır (Li ve Tzeng, 2009: 9892). Örneğin; $k = 1,2, \dots, p$ olması halinde; toplam p uzmanının her biri için eşitlik (3.13)'deki gibi ayrı bir matrisler oluşturulmaktadır.

$$\tilde{Z}^{(k)} = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{z}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \tilde{z}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \tilde{z}_{n2}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix} \tag{3.13}$$

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{k}_1 \oplus \tilde{k}_2 \oplus \tilde{k}_3 \oplus \quad \cdots \oplus \tilde{k}_p}{p} \tag{3.14}$$

Eşitlik (3.13)'e göre; $\tilde{Z}^{(k)}$: k uzmanına ait $\tilde{Z}_{ij}^{(k)} = (l_{ij}^{(k)}, m_{ij}^{(k)}, u_{ij}^{(k)})$ üçgen bulanık sayılardan oluşan bulanık ilişki matrisi gösterilmektedir. $C_1, C_1, \dots, C_n$ matrisin kriterlerini temsil etmektedir. Örneğin; $\tilde{z}_{12}^{(k)}$, C_1'in C_2'ye olan etkisini göstermektedir. $n \times n$ matrisinde, tüm köşegen elemanları 0'a eşittir. Buradan; bir kriterin kendisine olan etkisinin yok sayıldığı anlaşılmaktadır. Örneğin; C_1'nin C_1'e etkisi anlamsızdır. Bu DEMATEL yönteminin temel varsayımlarından birisidir (Nasrollahi vd, 2023: 271).

Tüm uzmanların görüşlerini dikkate almak için, eşitlik (3.14)'e göre bu görüşlerin ortalaması alınmaktadır (Dalalah vd., 2011: 8386). Uzmanların verdiği değerlendirmelerin ortalaması alınarak her bir kriterin diğer kriter üzerindeki etkisini gösteren bulanık doğrudan ilişki matrisi elde edilir.

3.Adım: Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Normalizasyon, verilerin tutarlılığını ve bütünlüğünü sağlamak açısından büyük önem taşır (Alhan vd. 2022: 57). Wu ve Lee (2007: 3)'ye göre, normalizasyon adımı olmadan bulanık sayıların aşırı büyük veya küçük değerlerinin nedensel diyagramları bozabileceği belirtilmiştir. Normalize bulanık direkt ilişki matrisi eşitlik (3.15) ve (3.16)'da yer alan formülle oluşturulur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \cdots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{\tilde{Z}_{ij}}{s} = \left(\frac{l_{ij}}{s}, \frac{m_{ij}}{s}, \frac{u_{ij}}{s} \right) \tag{3.16}$$

$$s = max_{1 \le i \le n} \left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij} \right) \tag{3.17}$$

Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin elde edilmesi için üçgen bulanık sayıların her birinin "s" değerine bölünmesi gerekmektedir. Bahsi geçen değerin nasıl bulanacağı ise eşitlik (3.17)'de yer verilmiştir. Eşitlik (3.17)'te ifade edilen "s" değeri bulanık direkt ilişki matrisindeki satıların "u" toplamını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, her bir satırın "u" değerleri toplanmakta ve bu değerlerden en büyük olanı "s" değeri olarak tanımlanmaktadır (Lin ve Wu, 2008: 209). Ardından bulanık direkt ilişki

matrisindeki tüm değerler "s" değerine bölünerek eşitlik (3.15)'deki normalize bulanık direkt ilişki matrisi elde edilir.

4.Adım: Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulabilmesi için eşitlik (3.18)-(3.20) dikkate alınmaktadır.

$$X_l = \begin{bmatrix} 0 & l'_{12} & \dots & l'_{1n} \\ l'_{21} & 0 & \dots & l'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l'_{n1} & l'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} X_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \dots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \dots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} X_u = \begin{bmatrix} 0 & u'_{12} & \dots & \tilde{u}_{1n} \\ u'_{21} & 0 & \dots & u'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u'_{n1} & u'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

$$\tilde{T} = \lim_{k\to\infty} \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \cdots + \tilde{X}^k = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (3.19)$$

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \cdots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

Eşitlik (3.18)'den anlaşılacağı üzere, normalize bulanık direkt ilişki matrisi elde edilen "l", "m" ve "u" değerlerinden oluşan üç ayrı matris oluşturulmaktadır. Her bir "l", "m" ve "u" matrislerinin eşitlik (3.19)'da yapılan işlemler sonucunda eşitlik (3.20)'de yer alan toplam bulanık ilişki matrisi oluşturulur. Eşitlikte yer alan "*I*" değeri birim matrisi simgelemektedir.

5.Adım: Neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesi

Bir önceki adımda oluşturulan toplam direkt ilişki matrisinin sütunlarındaki elemanların toplamı D_i değerleri ve satırlarındaki elemanların toplamı R_i değerleri bulunur. Bu değerlerin toplamı ile $\widetilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve farkı ile $\widetilde{D}_i - \tilde{R}_i$ elde edilir. Elde edilen bu değerler hâla üçgensel bulanık sayılarla ifade edildiğinden, eşitlik (3.21) ve (3.22)'deki formüller kullanılarak durulaştırma işlemi gerçekleştirilir (Kiraz ve Gürsoy, 2019: 317).

$$\widetilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4}\left(x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}\right) \quad (3.21)$$

$$\widetilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4}\left(x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}\right) \quad (3.22)$$

Eşitlik (3.21)'da formülle gösterilen $(\widetilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})$ değeri, bir kriterin diğer kriterler üzerindeki genel etkisini ve önem ağırlığını ifade etmektedir. Eşitlik

(3.22)'deki ($\widetilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$) değeri de kriterler arasındaki ilişkinin ortaya konulmasında dikkate alınmaktadır. Diğer bir ifadeyle, kriterler arasındaki nedensellik analizinin gerçekleştirilmesinde bu değer kullanılmaktadır. Bu değerin pozitif olması o kriterin etkileyen kriter olduğunu; ilgili değerin negatif olması ise bu kriterin etkilenen kriter olduğunu ifade etmektedir.

6.Adım: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Bulanık yönteminin son aşamasında ise, eşitlik (3.23) ve eşitlik (3.24)'deki formül yardımıyla her bir kriterin ağırlıkları hesaplanmaktadır.

$$w_i = \left[\left(\widetilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}\right)^2 + \left(\widetilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.23)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (3.24)$$

3.3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından önerilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981). TOPSIS, çok kriterli karar verme problemini, m sayıda alternatifin n boyutlu kriterler uzayında oluşan geometrik bir sistem olarak ele almaktadır (Chou vd., 2019: 6). TOPSIS yöntemi, çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinin çözümünde en iyi alternatifin, pozitif ideal çözüme (PIS) en kısa ve negatif ideal çözüme (NIS) en uzak mesafede olan seçenek olarak belirlenmesini amaçlayan, basit ve kullanışlı bir yöntemdir (Gündoğdu ve Kahraman, 2019: 308). Diğer bir deyişle; pozitif ideal çözüm, tüm kriterlerin en iyi değerlerden oluştuğunu, negatif ideal çözüm ise bu kriterlerin en kötü değerleri içerdiğini varsaymaktadır (Dymova vd., 2013: 150). Dahası; pozitif idel çözüm, fayda kriterlerini maksimize eden ve maliyet kriterlerini minimize eden çözüm iken; negatif ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimize eden ve fayda kriterini minimize eden çözüm olarak tanımlanır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008: 786)

Chen (2000) yılında yapmış olduğu çalışmayla çok sayıda karar vericinin bulunduğu belirsiz ortamda, kararların daha gerçekçi olabilmesi amacıyla dilsel değişkenlerin bulanık küme teorisiyle genişletilmesini önermiş ve bu sayede Bulanık TOPSIS yöntemini ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, bulanık TOPSIS yöntemi, eksik ve belirsiz bilgilerin yönetilmesinde avantaj sağlamaktadır. Bulanık TOPSIS yönteminde, insan düşüncesindeki belirsizlikten dolayı kriter ağırlıkları kesin sayılarla

değil, bulanık ifadelerle belirlenmektedir (Ervural vd., 2018: 1542). Buna ek olarak; bulanık TOPSIS yöntemi, karar vericilerin birden fazla kritere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirip sırlamasını sağlayarak, buna bağlı olarak doğru bir seçim yapılmasına yardımcı olan bir yöntemdir (Dündar vd., 2007: 287).

Bulanık TOPSIS yöntemi, belirsizlik altındaki ikili karşılaştırma durumlarında alternatiflerin modele eklenip çıkarılmasına hususuna daha esnek yanıt verebildiği için Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi (ANP) gibi yöntemlere kıyasla daha avantajlı bir seçim olarak ön plana çıkmaktadır (Aka, 2022: 39).

Literatürde Bulanık TOPSIS yönteminin uygulandığı birçok konuda çalışmaya rastlanmaktadır. Örneğin; Tseng vd. (2018) çalışmasında, sürdürülebilir bir tedarik zinciri finansmanı modeli geliştirmede, Reddy vd. (2019) malzeme seçimine karar vermede, Şengül vd. (2015) yenilenebilir enerji sistemlerinin sıralanmasında, Liv d. (2022) finansal yatırım alternatiflerini sıralamada, Jain vd. (2018) otomotiv sektöründe tedarik seçiminde, Mahdevari vd. (2014) kömür madeninde, insan sağlığı ve güvenliğine yönelik çözüm ve kontrol önlemlerinin seçiminde, Hota vd. (2014) yükseköğretim kurumlarında öğretim elemanı seçiminde, Ece ve Uludağ (2017) optimal portföy seçiminde bulanık TOPSIS yönteminden faydalanmışlardır.

Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Kumar ve Singh, 2024: 8-10; Nădăban vd., 2016: 826-827; Özçakar ve Demir, 2011: 35-40; Kiraz ve Gürsoy, 2019: 318-319):

1.Adım: Uzmanların ve alternatiflerin belirlenmesi

İlgili alanda bilgi ve deneyime sahip uzmanlar oluşturulur ve alternatifler belirlenir.

2.Adım: Kriter ve alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi

Uzmanlar her bir alternatifin, her bir kritere göre ne düzeyde performans gösterdiğini dilsel değişkenler kullanarak belirtirler. Dilsel değişkenlere karşılık gelen bir bulanık ölçek oluşturulur.

3.Adım: Değerlendirmelerin üçgen bulanık sayılarla eşleştirilmesi

Bir önceki adımda uzman değerlendirmeleri sonucu oluşturulan dilsel değişkenler, Tablo 3.3'de belirtilen bir üçgen bulanık sayı ile ifade edilmektedir.

4.Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Bu aşamada, uzmanların değerlendirmeleri bulanık sayılara çevrilir ve ortalamaları alınarak bulanık karar matrisi elde edilir. Uzmanlar belirlenen kriterler doğrultusunda alternatifleri değerlendirir. Bu değerlendirmelerden elde edilen $\tilde{X}_{ij}$ elemanlarıyla $\tilde{Z}$ bulanık karar matrisi, her alternatifin (m) her bir kritere (n) göre performansını göstermekte olup eşitlik (3.25)'te gösterilmektedir. Kriterlerin önem ağırlıklarını temsil eden $\widetilde{w}_i$ elemanları ise $\widetilde{W}$ karar kriteri matrisini oluşturur ve eşitlik (3.26)'da gösterilmiştir.

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.25}$$

$$W = [\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \cdots, \widetilde{w}_n] \tag{3.26}$$

5.Adım: Normalize bulanık matrisinin oluşturulması

Bir önceki adımda elde edilen bulanık karar matrisinden hareketle normalize bulanık karar matrisi hesaplanmaktadır. Normalize karar matrisi $\tilde{R}$ ile gösterilir ve eşitlik (3.27)'da gösterilmiştir.

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right], i = 1,2,\cdots,m \text{ ve } j = 1,2,\cdots,n \tag{3.27}$$

TOPSIS yönteminde kriterler, fayda ve maliyet olarak iki ayrılmaktadır. B fayda kriteri kümesini, C ise maliyet kriteri kümesi temsil etmekte olup eşitlik (3.28) ve (3.29)'de yer almaktadır.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^*}, \frac{m_{ij}}{u_j^*}, \frac{u_{ij}}{u_j^*}\right), \qquad j \in B, \;\; u_j^* = max_i u_{ij} \tag{3.28}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}}\right), \qquad j \in C, \;\; l_j^- = min_i l_{ij} \tag{3.29}$$

Başka bir ifadeyle normalize bulanık matrisi, karar kriteri bir fayda kriteri olduğunda, ilgili sutündaki her bir elemanın, aynı sütundaki elemanların "u" (en büyük değer) değerine bölünmesiyle elde edilir. Maliyet kriteri olduğunda ise; en küçük değer olan "l" elemanının her bir elemana bölünmesiyle normalizasyon yapılır. Bu işlem, normalize bulanık sayıların [0, 1] aralığında kalma özelliğini korumaktadır (Ecer, 2007: 33-34).

6.Adım: Ağırlıklı normalize bulanık matrisin oluşturulması

Normalize bulanık matrisi ile bulanık ağırlıklar matrisinin çarpılmasıyla ağırlıklı normalize bulanık matris elde edilmektedir. $\tilde{V}$ ile gösterilen ağırlık normalize matrisin eşitliği (3.30)'da gösterilmektedir.

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right] = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j, \quad i = 1,2,\cdots,m \quad j = 1,2,\cdots,n \tag{3.30}$$

7.Adım: Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

Bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm (3.31) ve (3.32)'daki eşitlik ile tanımlanır. A^*, pozitif ideal çözümü, A^- ise negatif ideal çözümü ifade etmektedir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \cdots, \tilde{v}_n^*) \tag{3.31}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \cdots, \tilde{v}_n^-) \tag{3.32}$$

Yukarıda ifade edilen eşitliğe göre; $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ olmakla birlikte kriter sayısı kadar (1,1,1) ve (0,0,0) yer almaktadır. Her bir alternatifin pozitif ve negatif çözümden uzaklığı ise;

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \qquad i = 1,2,\cdots,m \tag{3.33}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \qquad i = 1,2,\cdots,m \tag{3.34}$$

Eşitlikleriyle hesaplanmaktadır. Bahsi geçen eşitlikte gösterilen $d = (.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermekle birlikte vertex metodu eşitlik (3.35)'de gösterilmektedir.

$$d(\tilde{m},\tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \qquad (3.35)$$

8.Adım: Yakınlık katsayılarının alternatifler için bulunması ve alternatiflerin sıralanması

Problemde yer alan her alternatifin yakınlık katsayı ise; eşitlik (3.36) ile hesaplanmaktadır. Yakınlık katsayısı; (0,1) arasında yer almaktadır ve elde edilen sonuçlarla alternatifler sıralanır. Sıralamaya göre; en yüksek katsayıya sahip alternatif karar vericiler tarafından daha çok tercih edileceği anlamına gelmektedir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad , \quad i = 1,2,\cdots,m \qquad (3.36)$$

3.4. Araştırmada Kullanılacak Kriter Setinin Belirlenmesi

Bu başlıkta, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanına yönelik karar verme sürecinde etkili olan kriterlerin belirlenmesine odaklanılmıştır. Kriter seti hem bir önceki bölümde yer alan literatür taraması hem de uzman görüşlerinden elde edilen bilgiler neticesinde belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenme aşamasında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik finansman modelleri, yatırım stratejileri ve yenilikçi finansal araçlar üzerine odaklanan çalışmalar incelenmiştir.

- **Yatırım Getirisi (C1):** Yatırım getirisi, finansal karar alma sürecinde belirleyici bir performans göstergesi niteliği taşımakta (Sharpe, 1966) ve bu kriter yenilikçi finansal araçların yatırım potansiyelini analiz etmede önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle son yıllarda gelişen blockchain teknolojisinin, şeffaf bir şekilde kayıt altına alınması bilgi asimetrisini azaltarak yatırımcı ve yatırım alan taraflar arasında bilgi asimetrisini azaltır. Bilgiye daha kolay ve doğru erişim ise yatırımcıların daha sağlıklı karar almasını sağlamaktadır. Ayrıca bu teknolojiler üzerindeki her işlemin izlenebilir olması da yatırımcı güvenini artırır. Dolayısıyla yatırımcı riski azalarak, getirisi artar (Harakeh vd. 2024; Treku, 2022). Aynı zamanda akıllı sözleşmeler sayesinde maliyetleri düşürerek ve operasyonel verimliliği artırarak dolaylı olarak da yatırım getirisine katkı sağlamaktadır (Duan vd., 2023; Dasman, 2021). Son zamanlarda blockchain teknolojisinin sanat alanıyla entegrasyonu, değiştirilemez token (NFT) tabanlı dijital sanat eserlerinin yatırım aracı olarak

görülmesine yönelik ilgiyi artırmıştır. Franceschet ve Della Libera (2023) tarafından ele alınan çalışmada, NFT piyasasında yatırım getirisi ölçülerek kapsamlı bir yöntemsel çerçeve sunmuştur. Çalışmanın sonucuna göre, NFT yatırımlarının geleneksel finansal varlıklara kıyasla daha yüksek getiri sunduğu ifade edilmiştir. Kitle fonlamasıyla finansmanda özellikle sermaye temelli modellerde, daha uzun kampanya sürelerinin ve finansal denetimlerin yatırımcıların projeyi daha iyi değerlendirmesine olanak tanıyarak yatırım getirisini arttırdığı gözlemlenmiştir (Wicaksono ve Dalimunthe, 2024; Stevenson vd., 2025).

Bunlara ek olarak; yeşil tahvil aracılığıyla yapılan finansman, yatırım getirisini artırabilir. Düşük faiz oranlarıyla ihraç edilen yeşil tahviller, fonlama maliyetini düşürerek projenin net kazanç oranını artırabilir (Flammer, 2021). Uzun vadeli yatırımcılar için tercih edilen yeşil tahviller, projelerin sürdürülebilirliğine artırarak yatırım getirilerinin öngörülebilirliğini artırmaya katkı sağlar (OECD, 2011). Yeşil tahvil ihracı yapan şirketlerin daha düşük borçlanma maliyetleriyle daha iyi yatırım performansı sergiledikleri de gözlemlenmiştir (Gianfrate ve Peri, 2019). Alonso-Donde ve Rojo-Suarez, (2020) çalışmasında, yeşil tahviller ihracı geleneksel finansal araçlara kıyaslandığında yatırımcılar için daha yüksek iç getiri oranını sahip olduğunu; Ortas ve Moneva (2013) ise; temiz teknoloji odaklı hisse senedi endekslerinin finansal performansını ölçerek, bu endekslerin geleneksel borsa endekslerine kıyasla daha yüksek getiri sunduğunu tespit etmişlerdir.

Kamu-özel ortaklığı modeliyle yapılan finansman, uygun bir şekilde planlama yapılması durumunda yatırım getirisini arttırabilir. Özellikle bu tür projelerde özel sektörün müzakere gücünün, daha fazla getiri elde ettiği gözlemlenmiştir (Buso vd., 2021). Ayrıca kamu-özel ortaklığı projelerinde uygun risk paylaşımı ve sözleşme yapısı ile yatırım getirisi artırılabileceği (Engel vd., 2007); proje süresi, sektör ve finansman yapısının da yatırım getirisi üzerinde etkisi olduğu ifade edilmiştir (Kumar vd., 2022). Girişim sermayesi yatırımlarının da yüksek getiri potansiyeline sahip olduğu (Cochrane, 2001); buna ek olarak girişim sermayesi şirketlerinin erken aşama yatırımlarında daha yüksek getiri beklentisiyle ilişkilendirildiği (Douglas vd., 2000); ilk yatırımlarındaki başarıların, daha iyi yatırım fırsatlarına imkan sağlayarak yatırım getirilerine olumlu katkı sağladığı gözlemlenmiştir (Nanda vd., 2020).

- **Geri Ödeme Süresi (C2):** Geri ödeme süresi, yatırım projelerinin finansal fizibilitesini değerlendirmede önemli bir parametre olarak öne çıkarken, bu süre kullanılan finansman modelinin niteliğine göre önemli farklılıklar göstermektedir. Rahim (2018) yenilenebilir enerji projelerindeki üç vaka çalışması gerçekleştirerek farklı geri ödeme sürelerinin projelerin finansal sürdürülebilirliğine katkı sağladığını ifade etmiştir. Shergin ve Annenkov (2023) altyapı sektöründeki projelerinin geri ödeme süresinin etkinliğini ve kârlılık yapısını birlikte değerlendirerek, kamu-özel ortaklığı projelerinin hayata geçirilmesine ilişkin sonuçları önermişlerdir. Buna ek olarak; Al Yaqoobi ve Ausloos (2022), kamu-özel ortaklığı projelerinde kullanılan iskonto oranının, projelerin geri ödeme sürelerinde olumlu etkiye sahip olduğu ifade etmiştir.

Abdullah ve Susamto (2019), geri ödeme süresinin kitle fonlaması başarısında olumlu etkilere sahip olduğunu ifade etmiştir. Nsiah-Asamoah ve Ackah (2019) kamu-özel ortaklığı modeli kapsamında yapılan projenin fizibilitesini değerlendirmek amacıyla geri ödeme süresi analizi uygulamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, proje ödeme süresinin mali açıdan kabul edilebilir olduğunu tespit etmiştir. Bu bağlamda, kamu-özel ortaklığının etkin bir proje finansman yönetimi olduğunu ve doğru bir şekilde yapılandırıldığında yatırımın geri dönüşünün sürdürülebilir olabileceği vurgulanmıştır.

Nithyasri ve Mahalakshmi (2025) yeşil yatırımlar olarak ifade edilen sürdürülebilir girişimlerin karlı hale gelmelerinin uzun zaman aldığını ifade etmiştir. Bu doğrultuda; girişim sermayesi yatırımcılarının yatırım yaptıkları girişimlerde kısa sürede değer artışı beklerken, yeşil yatırımların daha uzun vadeli geri ödeme süresine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yeşil odaklı projeler, finansal getirinin ötesinde çevresel ve sosyal etki oluşturmayı hedeflediklerinden dolayı geleneksel yatırım modellerine kıyasla daha uzun geri ödeme sürelerine sahiptirler. Bu projelerde, yatırımın geri dönüşü sadece gerekli finansmanın sağlanmasıyla değil, aynı zamanda projenin başarıyla uygulanarak hayata geçirilmesiyle önemli hale gelmektedir (Dinh vd., 2024).

- **Finansal Teşvik (C3):** Finansal kaynakların kanalize edilmesi, sürdürülebilir yatırımlara elverişli koşulların oluşturulması ve özel sektörün finansal sürece daha fazla entegre edilmesi amacıyla, finansal teşvik mekanizmaları ile yenilikçi finansal ürünler arasında teorik düzeydeki bağlantılar giderek güçlenmektedir. Bu doğrultuda,

Esmailzadeh ve Mirzaei (2023) çalışmasında blok zincir tabanlı platformlarda sağlık verilerinin paylaşımını teşvik etmek amacıyla, kripto para, nakit ödeme ve yazar kredisi gibi çeşitli finansal teşvikleri karşılaştırmaktadır. Finansal teşviklerin kısa vadeli katılımı artırsa da güven ve gizliliğin bu tarz platformlarda daha önemli olduğu vurgulanmıştır. Buna ek olarak; Han vd. (2022) doğru yapılandırılmış blok zincir teknolojileri sistemlerinde finansal teşviklerin sistemin sürdürülebilirlik ve güvenirlik açısından önemli bir role sahip olduğunu ancak tek başına yeterli olmayacağını, Huang vd. (2021) ise; blok zincir tabanlı sistemlerin sadece finansal teşviklere değil şeffaflık ve sürdürülebilir unsurlarına dayalı olarak da tasarlanması gerektiğini ifade etmiştir.

Finansal teşviklerin önemi kitle fonlaması yatırım araçlarında da vurgulanmış; özellikle kampanya süreçlerinde sunulan ödüllerin, kampanya başarısına ulaşmada kritik bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Mamaro, 2025; Agrawal vd. 2014). Yeşil tahvil finansmanı, yatırımcılar için güçlü bir finansal teşvik sunmakta ve bu teşvik, yatırımcıların hedeflerini kamu otoritelerinin hedefleriyle uyumlu hale getirmelerine yardımcı olabilmektedir (Alonso-Donde ve Rojo-Suarez, 2020). Yeşil tahvil ihracı sermaye maliyetini düşürerek finansal teşvik sağlamakta ve bu sayede yeşil tahvil ihracı daha tercih edilebilir olmaktadır (Maltais ve Nykvist, 2020). Bunun aksine Prahaji ve Arundina (2022) ihraç maliyetlerinin yüksekliği ve teşviklerinin yetersiz olmasının Endonezya enerji sektöründe yer alan şirketlerin yeşil sukuk kullanımını sınırlandırdığını ortaya koymuştur.

Hükümetler tarafından sağlanan finansal teşvikler, ilgili projelerin operasyonel riskini düşürmekte ve yüksek düzeyde borçlanma yoluyla finansman sağlamak mümkün hale gelmektedir (Alonso-Conde vd., 2007). Ayrıca hükümetler, özel sektörün yatırımlara olan ilgisini artırmak için sponsorluk, finansal sübvansiyonlar, hükümet garantileri, vergi muafiyeti veya indirimleri gibi finansal teşvik araçlarını sağlamaktadır (Ma vd., 2023).

- **Finansman Maliyeti (C4):** Finansman maliyeti, işletmelerin ve yatırımcıların mali kaynakların kullanım kararlarını şekillendiren kritik öneme sahip bir faktördür. Ahluwalia vd. (2020), blok zincir teknolojilerinin aracıları ortadan kaldırması, akıllı sözleşmeler vasıtasıyla özellikle geleneksel finansman yöntemlerine erişimi kısıtlı olan girişimlerde finansman maliyetini düşürerek önemli avantaj sunduğunu savunmaktadır. Ayrıca blok zincir teknolojilerinin finansal işlemlerde şeffaflık ve

güvenliği artırarak maliyetleri düşürme potansiyeline sahiptir (Türkmen ve Durbilmez, 2019; Panuparb, 2019). Kitle fonlamaları da düşük finansman maliyeti ve daha esnek koşullar sunması sebebiyle banka kredilerine kıyasla karar vericiler açısından daha uygun bir seçenek oluşturmaktadır (Tang vd., 2025; Meyskens ve Bird, 2015; Hoque, 2024).

Girişim sermayesi, erken aşama şirketlerinin büyüme hedeflerini finanse etmek için yararlanılan finansman kaynağı olsa da girişimciler açısından dolaylı maliyetleri barındırdığı da göz ardı edilmemelidir. Anshuman vd. (2012), girişim sermayesi sözleşmelerinde belirtilen yüksek iskonto oranları, likidasyon önceliği ve katılım hakları yatırımcılara çoğu zaman gözden kaçırılabilen önemli nakit akışı sağlamakta ve finansman maliyeti üzerinde önemli etkileri olduğunu vurgulamıştır. Örneğin teknolojik şoklardan etkilenmesi muhtemel olan sektörlerde erken aşama yatırımlar için gerekli olan başlangıç sermayesini düşmesi, girişim sermayesi yatırımcılarının daha az finansmanla daha fazla girişime yatırımın yapılmasına katkı sağlamıştır (Ewens vd., 2018).

Yeşil sukuk'un da daha rekabetçi ve yatırımcılar için daha cazip hale gelmesi için etkin yönetim ve maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir (Alam vd., 2023). Benzer şekilde yeşil tahvil ihraçları, likiditeyi artırarak ve bilgi asimetrisini azaltarak finansman maliyetini düşürücü role sahiptir (Zhang vd., 2021). Bunların aksine, kamu-özel ortaklığı modelinde özel sektörün karşılaşmış olduğu yüksek finansman maliyeti, girişimcilerin alacaklarını tahsil edememe riskinden kaynaklanmakta ve bu durum yüksek faiz ödeme riskine neden olmaktadır (Avdiu ve Weichenrieder, 2020). Kamu-özel ortaklığı projelerinde karşılaşılan yüksek finansman maliyetlerinin nedenleri arasında risk algısı, özel sektörün temerrüt riski ve kamu garantisinin olmaması yer almaktadır (Mustafa, 2014). Bahsi geçen projelerde risk arttıkça, öz sermayenin maliyeti de artmakta; dolayısıyla finansman maliyeti yalnızca kredi faiz oranıyla değil; aynı zamanda sermaye yapısı ve risk algısıyla birlikte şekillenmektedir (Alagöz ve Yokuş, 2018).

- **Risk Profili (C5):** Yatırım kararının alınmasında temel faktörlerden biri olan risk profili, finansal ürünlerin yapısal nitelikleriyle sıkı biçimde bağlantılıdır. Risk algısı da yatırım faaliyetlerinde önemli rol oynamaktadır. Genel itibarıyla, riskin şeffaf bir şekilde sunulması, çoğu durumda finansal performansı olumsuz etkilemektedir.

Ancak, şeffaflığın artması belirsizliği azaltarak rasyonel karar alma sürecini kolaylaştırabilir. Çünkü yatırımcılar veya bireyler risk algıları ve projeye atfedilen risk unsurlarına bağlı olarak projenin kalitesi ve güven düzeyini analiz edebilir (Wang vd. 2025).

Blok zincir teknolojilerinin birden fazla alanlar hızla yayılması, özellikle siber saldırganların sisteme zarar vermesi veya yatırımların varlıklarını çalma gibi durumların güvenlik endişelerini artırmaktadır (Iqbal ve Matulevičius, 2019). Bu durum risk almayı sevmeyen yatırımlar açısından tehdit oluşturmaktadır. Bunun aksine; blok zincir teknolojisi risk yönetimi çerçevesinde tasarlanarak hem veri güvenliği ile ilgili tehditler azaltılabilir hem de finansal uygulamalarını düzenleyici gerekliliklere uyumlu hale getirebilir (Olawoyin, 2024: 2326). Bu sayede; yatırımcılar bu araçlara daha fazla güven duyabilir.

Yeşil tahvillerin geleneksel tahvillere kıyasla risk profili açısından ne şekilde farklılaştığını ele alan çalışmalar, bahsi geçen yenilikçi finansal araçların yatırım alma kararı ve portföy yönetimi üzerindeki etkisini daha fazla incelemektedir. Tsoukala ve Tsiotas (2021) tarafından yapılan çalışmada yeşil tahvillerin geleneksel tahvillere kıyasla daha istikrarsız fakat yüksek getiri ve risk taşıyan bir profile sahip olduğunu vurgulamaktadır. Benzer şekilde yeşil sukuk'ların da doğası gereği karmaşık ve yüksek teknoloji içeren projelerde kullanılmasın risk düzeyini arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle yeşil sukuk'un yüksek risk profiline sahip bir finansal ürün olduğu düşünülmektedir (Fahad ve Khan, 2022).

Girişim sermayesi yatırımları, yüksek getiri sağlamalarının yanında yüksek risk unsuruna sahip finansal araçlardır. Korteweg ve Sorensen (2010) tarafından ele alınan çalışmada, girişim sermayesi destekli özel şirketlerin risk profili, büyüme potansiyeline sahip küçük ölçekli şirketlerin risk yapısına benzer özelliklerine sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu şirketler, piyasa durumu ve yatırım aşamasına göre farklı düzeyde sistematik riskler taşıdığı; özellikle olgunlaşma evresinde daha fazla riske maruz kaldığı ifade etmişlerdir. Proksch vd. (2016) çalışmasında girişim sermayesi yatırımlarından farklı risk türlerinin bulunduğunu ve bu durumun girişimin başarısında kritik öneme sahip olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde; kamu-özel ortaklığı projelerinde risklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve yönetilmesi ile

buna bağlı olarak risk profili oluşturulması projenin başarısı açısından son derece önemlidir (Donadi vd. 2024; Mazher vd., 2022).

- **Vergi Teşviki (C6):** Vergi teşvikleri, sürdürülebilir projelerde finansmanın artırılması ve yeşil finansal ürünlerin geliştirilmesi amacıyla kullanılan önemli araçlardandır. Agliardi ve Agliardi (2019), yeşil tahvil ve diğer sürdürülebilir finansal araçların finansmanında vergi teşviklerinin etkin rol oynadığını belirtmektedir. Bu bağlamda, vergi avantajları, finansal piyasalarda sürdürülebilir projelere olan talebi teşvik ederek, yenilikçi finansal ürünlerin (örneğin, yeşil tahviller) gelişimini destekler (Reboredo, 2018). Ayrıca, blockchain teknolojisinin şeffaflık ve güvenlik avantajları sayesinde, vergi teşvikleriyle bağlantılı finansal araçların güvenilirliği artabilir (Zhang vd., 2018). Vergi teşvikleri, sadece özel sektör yatırımlarını cazip hale getirmekle kalmayıp aynı zamanda yatırımcıların risk algısını da azaltarak sermaye akışını hızlandırmaktadır (Lindenberg, 2014). ICMA (2017) tarafından yayımlanan Yeşil Tahvil İlkeleri, vergi muafiyetleri gibi kamu destekli uygulamaların yatırımcı ilgisini artırmada temel rol oynadığı vurgulanmaktadır. Bu çerçevede, Yoshino vd. (2021), Japonya'da yerel düzeyde kurulan yüksek gelir hedefli fon örneğiyle, vergi kolaylıklarının topluluk temelli finansman modellerinin gelişimini desteklediğini göstermektedir. Böylelikle vergi teşvikleri, geleneksel yatırımcıların yanı sıra bireysel ve yerel yatırımcıları da sürece dahil ederek finansal kapsayıcılığı artırmaktadır. Reboredo (2018) ise yeşil tahvil piyasalarının gelişiminde kamu destekli teşviklerin (özellikle vergi muafiyetleri) yapısal bir rol üstlendiğini ifade etmektedir.
- **Hukuki Düzenleme (C7):** Hukuki düzenlemeler, yeni finansal ürünlerin geliştirilmesinde ve uygulanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle blockchain ve kripto paraların hukuki çerçevesinin belirlenmesi, bu teknolojilerin finans sektörüne entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Sürdürülebilir finans ürünlerinin hukuki altyapısı, piyasa istikrarını ve yatırımcı güvenini artırarak yenilikçiliği teşvik eder (OECD, 2019). Bu anlamda, hukuki düzenlemeler, finansal inovasyonun sağlıklı ve sürdürülebilir gelişimi için temel koşulu oluşturmaktadır. Öte yandan, hükümetler ve düzenleyici kurumlar, blok zincir tabanlı işlemler için ayrıntılı standartlar hazırlama sürecindedir (Roy, 2023: 8). Blok zincir teknolojilerinin merkeziyetsiz yapısı, mevcut hukuki altyapılar ve düzenleyici sistemler için hem fırsat hem de zorluklar sunmaktadır. Örneğin, blok zinciri verilerinin değiştirilemez yapıya sahip olması,

kişisel verilerin silinmesi hakkını zorunlu kılan Genel Veri Koruma Yönetmeliği (GDPR) gibi veri koruma yasalarına uyum konusunda sorunlar ortaya çıkarır. Benzer şekilde, halka açık blok zincirdeki işlemlerin takma adlı yapısı, ilgili tarafların kimliğinin belirlenmesini zorlaştırır ve kara para aklamayı önleme için hukuki zorluklar doğurmaktadır (Isaac ve Oluwadamilare, 2025). Nitekim Yoshino vd. (2021), yüksek gelir hedefli fonlarının başarısının, finansal düzenlemelerle açık şekilde tanımlanmış ve denetlenebilir hukuki yapılarla ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer biçimde, Baiz (2024), karbon piyasalarında blok zincir tabanlı çözümlerin geniş ölçekli benimsenebilmesi için standartların ve yasal uyum mekanizmalarının geliştirilmesinin elzem olduğunu vurgulamaktadır. Bu kapsamda, ICVCM tarafından yayımlanan "Core Carbon Principles" gibi küresel standartlar, hukuki çerçevenin dijital finansal ürünlerle senkronizasyonunu sağlayarak hem düzenleyiciler hem de yatırımcılar açısından öngörülebilirliği artırmaktadır.

Kitle fonlaması için hukuki çerçeve, yargı bölgelerine göre önemli ölçüde farklılık göstermekte olup, piyasa uygulamalarının şekillenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yatırımcıların korunması ve platformların hesap verebilirliğinin sağlanması için etkili düzenleyici çerçeveler gereklidir (Heminway, 2021). Benzer şekilde girişim sermayesi yatırımlarının artmasın da hukuki düzenlemeler büyük öneme sahiptir. Ertürk ve Sayılgan (2014), Türkiye'de girişim sermayesi fonlarının sayısının ve yatırım hacminin artırılmasında, uluslararası standartlara uyumlu yasal altyapının güçlendirilmesi belirleyici bir etken olduğunu ifade etmiştir.

Hükümet Politikaları (C8): Hükümet politikaları, finansal inovasyonu teşvik eden ve sürdürülebilir gelişmeyi destekleyen temel unsurlardan biridir. Gökalp vd. (2019), devlet politikaları ve düzenlemelerinin özellikle blok zincir tabanlı teknolojilerin kurumlar tarafından benimsenmesinde önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Devlet, yeni yasalar çıkararak veya sektörü düzenleyerek bu teknolojilerin adaptasyonunu destekleyebilir veya engelleyebilir. Clifton ve Pal (2022) hükümetler ve politika yapıcıların, kamu hizmetlerinde iyileştirme ve bürokratik verimsizlikleri azaltma potansiyeli nedeniyle blok zincir teknolojisine ilginin yüksek düzeyde olduğunu vurgulamıştır. Bu bağlamda; blok zincir teknolojisinin kamu kurumlarında geniş çapta benimsenmesi için mevcut hükümet politikası çerçeveleriyle uyum sağlanması gereklidir.

Hoque (2024), hükümetlerin kitle fonlamasının büyümesi için uygun bir yasal ve düzenleyici çerçevenin uygulanmasını gerektiğini dile getirmiştir. Ayrıca politika yapıcılar, finansal okuryazarlık ve kitle fonlaması eğitimi programlarını da teşvik etmeleri gerektiği vurgulanmıştır. Bu bağlamda Yoshino vd. (2021), Japonya hükümetinin bireylerin kendi yerel bölgelerinde faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelere veya yenilikçi projelere yatırım yapmasına olanak sağlayan HIT fonlarını desteklemesiyle küçük ölçekli projelere yatırım akışının hızlandığını ve sosyal faydanın arttığını göstermektedir. Kamu-özel ortaklığı projelerinde risk tahsisi ve paylaşımı konularını ele alarak, hükümet destekleri ve garantilerinin özel sektörün risk alma iştahını artırdığı gözlemlenmiştir (Mazher, 2025). Ayrıca, Baiz (2024), Avrupa'da hükümet destekli kuruluşların blockchain tabanlı karbon piyasalarına entegrasyonunu sağlayarak, kamu politikalarının teknolojik inovasyonların kurumsallaşmasına nasıl aracılık ettiğini örneklerle ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, hükümet politikaları sadece finansal araçların ortaya çıkışını değil, aynı zamanda bunların yasal kabulünü, teknolojik entegrasyonunu ve sosyal meşruiyetini de mümkün kılmaktadır.

Hükümet politikaları, yeşil tahvil ve yeşil sukuk piyasalarının büyümesinde de önemli rol oynamaktadır. Politika yapıcılar, teşvik mekanizmalarıyla bu piyasaların gelişmesine katkı sunmaktadır (Flammer, 2020; Cheng vd., 2024). Özellikle 2015 sonrası akademik çalışmalar incelendiğinde, politika yapıcıların ve hükümetlerin Paris İklim Anlaşması'ndan kaynaklı yeşil sukuk alanına yönelik ilginin belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir (Almutairi, 2023: 4). Benzer şekilde, Seoudi ve Mahmoud (2016), Birleşik Arap Emirlikleri, Suudi Arabistan ve Mısır'da girişim sermayesi sektörünün halen gelişim aşamasında olduğu, yatırımcıların karşılaştığı mevcut engelleri kaldırma yönelik kapsamlı düzenleyici reformlara acilen ihtiyaç gerektiğini vurgulanmıştır. Buna ek olarak; yenilikçi projelerin beklenen getirisini artıran politikaların, girişim sermayesi piyasalarının bileşimini erken aşama projeler ve yüksek teknoloji sektörlerine doğru değiştirmede daha başarılı olduğu görülmektedir. Sermaye kazançları vergisinin azaltılması, erken aşama ve yüksek teknolojili yatırımların payını da artırmaktadır (Da Rin vd., 2006).

- **Dijital Altyapı (C9):** Dijital altyapı, finansal hizmetlerin dönüşümünde ve yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinde temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Blok

zincir teknolojileri, merkezsiz enerji sistemlerinin karşılaştığı zorlukları çözmede yardımcı olabilmektedir. Bu bağlamda, merkezsizleşme ve dijitalleşme eğilimlerini karşılayabilmek için yerel, dağıtık ve yönetim tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Dijitalleşme ile blok zincirin uyumuyla birlikte açık, şeffaf çözümler sunmaktadır (Andoni vd. 2019). Bu çerçevede, Japonya'daki hükümet programlarıyla akıllı sayaçlar ve altyapıların geliştirilmesi yönünde destek verilmiştir (Ahl, 2020: 7). Blok zincir teknolojilerinin sunduğu teknolojik özellikler, karbon piyasalarında ve yeşil finans araçlarının güvenilirliğini güçlendirmede de önemli rol oynamaktadır (Herweijer vd., 2018). Buna ek olarak; Almanya'da yürütülen PeerEnergyCloud ve Smart Watts projeleri, eşler arasu enerji piyasaları için uygun dijital altyapı sunarak bulut tabanlı teknolojiler geliştirmiştir (Zhang vd., 2017). Benzer şekilde, Baiz (2024), karbon kredilerinin dijital platformlar aracılığıyla merkezi olmayan yapılarla izlenebilmesini sağlayan sistemlerin, piyasada güven tesis ettiğini ve uluslararası standartlarla entegre edilebildiğini vurgulamaktadır. Özellikle Climate Action Data Trust (CAD Trust) gibi blockchain destekli yapılar, farklı kayıt sistemlerini tek bir veri mimarisi altında birleştirerek, dijital altyapının sürdürülebilir finans için nasıl kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Kitle fonlama platformları, proje geliştiricilerle yatırımcılar arasındaki etkileşimi kolaylaştıran dijital aracılardır. Söz konusu modellerin başarısında dijital altyapı unsurları kritik öneme sahiptir. Kitle fonlaması kampanyalarının başarısı çoğunlukla platformun tasarımına, işlevselliğine ve kullanıcı deneyimine bağlı olmaktadır (Agrawal vd., 2014). Dolayısıyla hükümetlerin, kitle fonlama platformlarını destekleyecek yasal ve dijital altyapıyı güçlendirmesi gerekmektedir (Zheng, 2014).

Dijital dönüşüm, kamu-özel ortaklığı yapılarında da önemli bir değişime neden olmuştur. Özellikle iş modelleri, risk paylaşımı ve değer yaratımı dijital altyapılarda farklılaşmaktadır.

- **Karbon Azaltımı (C10):** Karbon azaltımı ve sürdürülebilir enerji projeleri, yenilikçi finans ürünleriyle finansalize edilerek etkinliği artırılmaktadır. Yeşil tahvil ve karbon kredileri gibi finansal araçlar, düşük karbonlu geçişi desteklemekte ve hükümet politikalarıyla uyum içinde çalışmaktadır (Sartzetakis, 2020). Blockchain ve diğer dijital teknolojiler, karbon piyasalarının şeffaflığını ve güvenilirliğini artırarak,

karbon azaltımını kolaylaştırmaktadır (Zheng vd., 2018). Ayrıca, blockchain tabanlı yeşil finans ürünleri, karbon emisyonlarının izlenmesi ve raporlanmasını otomatikleştirerek, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilebilmesine katkıda bulunmaktadır (Clack vd., 2016). Bu bağlamda, Yoshino vd. (2021), küçük ölçekli yenilenebilir enerji projelerinin karbon azaltımına doğrudan katkı sağladığını, topluluk temelli finansman modelleri aracılığıyla bu katkının finansal değer haline dönüştürülebildiğini vurgulamaktadır. Baiz (2024) ise karbon kredilerinde "additionality" ilkesinin doğrulanmasında blockchain'in oynadığı rolü açıklayarak, dijital altyapıların yalnızca teknik değil aynı zamanda etik ve çevresel standartların izlenmesinde de merkezi bir rol üstlendiğini ifade etmektedir.

3.5. Analiz Sonuçları

Bu başlık altında öncelikle, uzmanların görüşleri temin edilmiştir. Bunun ardından Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır. İlgili yöntemlerin işlem adımları sırasıyla uygulandıktan sonra, yenilikçi finansal ürünlerin yatırımlarına ilişkin finansal ürünlerin alternatifleri sıralanmıştır.

3.5.1. Uzman Görüşlerinin Temin Edilmesi

Bu çalışmadaki uzmanlar, bilgi birikimleri ve deneyimlerine göre seçilmiştir. Araştırma katılımcıları arasında; üst düzey yöneticiler, genel müdürler, uzman mühendisler ve akademisyenler yer almaktadır. Uzmanların hem enerji hem de finans alanı hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmaları gerekmektedir.

Piyasa uzmanlarının aynı zamanda yenilenebilir enerjiye ilişkin teorik veya pratik deneyime sahip olmaları beklenmektedir. Sorumlulukları arasında strateji, finansal yönetim ve yatırım planlaması yer alabilir. Dolayısıyla, bu uzmanların operasyonel yönetime dair derin bir kavrayışa sahip oldukları değerlendirilmektedir. Akademi alanındaki uzmanlar ise; yenilenebilir enerji konusunda akademik dergilerde çalışmaları bulunan profesör ve doktora dereceli araştırmacılar arasından benzer şekilde seçilmiştir.

Tablo 3.3. Görüşleri Alınan Uzmanlar Hakkında Bilgiler

Tecrübe (Yıl)	Eğitim Seviyesi	Unvan
15	Doktora	Doçent Doktor
16	Doktora	Profesör
17	Doktora	Profesör
25	Yüksek Lisans	Makine Yüksek Mühendisi
30	Yüksek Lisans	Finansal İşler Müdürü (CFO)
18	Lisans	Genel Müdür Yardımcısı

Tablo 3.3'te yer alan bilgiler, değerlendirmeye katılan uzmanların sektörde en az 15 yıllık tecrübeye sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, değerlendirmeyi gerçekleştiren uzman ekibin konuya ilişkin yeterli bilgi donanımına sahip olduğu görülmektedir.

3.5.2. Bulanık DEMATEL Yöntemi Analiz Sonuçları

Bu başlık altında, çalışmada kullanılan Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımlarına yer verilmekte ve ilgili analiz sonucunda elde edilen nedensel ilişkileri ve kriter ağırlıkları değerlendirilmektedir.

3.5.2.1. Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

Uzman görüşlerinin temin edilmesinde sonra, direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu aşamada 6 farklı uzmanın görüşleri dikkate alınmıştır. Bunun akabinde, elde edilen uzman görüşleri üçgen bulanık sayılara çevrilmiştir. Üçgen bulanık sayılarının elde edilmesinde Tablo 3.4'teki değerler dikkate alınmıştır.

Tablo 3.4. Değerlendirme Skalası ve Üçgen Bulanık İfade Karşılığı

Tanım	Etki Skoru	Üçgen Bulanık İfade
Çok Düşük	0	(0,00;0,00;0,25)
Düşük	1	(0,00;0,25;0,50)
Orta	2	(0,25;0,50;0,75)
Yüksek	3	(0,50;0,75;1,00)
Çok Yüksek	4	(0,75,1,00;1,00)

Kaynak: Chang vd. (2011: 1854)

Çalışmada görüşleri alınan uzmanların değerlendirme matrisleri dikkate alınarak her bir uzmanın değerlendirme matrisi üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Her bir uzmana ait değerlendirmelerin üçgen bulanık sayı karşılığı tezin ekler bölümünde yer almaktadır. Ardından 6 farklı matrisin değerlerin ortalaması alınarak direkt ilişki matrisi elde edilmiştir. Söz konusu direkt ilişki matrisinin detaylarına Tablo 3.5'te yer verilmiştir.

Tablo 3.5. Direkt İlişki Matrisi

Kriterler	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,00	0,00	0,00	0,50	0,71	0,88	0,42	0,67	0,88	0,58	0,83	1,00	0,50	0,75	0,96
C2	0,63	0,88	1,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,67	0,88	0,50	0,75	0,96	0,42	0,67	0,88
C3	0,58	0,83	1,00	0,58	0,83	1,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,88	1,00	0,25	0,50	0,75
C4	0,67	0,92	1,00	0,58	0,83	0,96	0,33	0,54	0,75	0,00	0,00	0,00	0,29	0,54	0,79
C5	0,33	0,58	0,83	0,33	0,58	0,83	0,17	0,38	0,63	0,38	0,63	0,88	0,00	0,00	0,00
C6	0,46	0,71	0,88	0,46	0,71	0,88	0,33	0,58	0,75	0,38	0,63	0,79	0,13	0,33	0,58
C7	0,21	0,46	0,71	0,17	0,42	0,67	0,42	0,63	0,83	0,21	0,46	0,71	0,13	0,38	0,63
C8	0,38	0,63	0,83	0,38	0,58	0,79	0,58	0,83	0,92	0,46	0,71	0,92	0,21	0,46	0,71
C9	0,25	0,50	0,71	0,13	0,38	0,63	0,17	0,38	0,63	0,13	0,38	0,63	0,08	0,33	0,58
C10	0,21	0,46	0,71	0,13	0,38	0,63	0,29	0,54	0,79	0,33	0,58	0,83	0,13	0,38	0,63

Kriterler	C6			C7			C8			C9			C10		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,21	0,42	0,67	0,17	0,33	0,58	0,25	0,50	0,75	0,17	0,38	0,63	0,25	0,50	0,75
C2	0,21	0,42	0,67	0,08	0,29	0,54	0,13	0,38	0,63	0,13	0,33	0,58	0,13	0,33	0,58
C3	0,33	0,54	0,71	0,13	0,33	0,58	0,29	0,54	0,79	0,21	0,42	0,67	0,29	0,54	0,75
C4	0,25	0,46	0,67	0,13	0,33	0,58	0,25	0,50	0,75	0,21	0,46	0,67	0,29	0,54	0,79
C5	0,08	0,33	0,58	0,25	0,46	0,71	0,21	0,42	0,63	0,17	0,38	0,63	0,08	0,25	0,50
C6	0,00	0,00	0,00	0,17	0,38	0,63	0,25	0,50	0,75	0,13	0,33	0,58	0,17	0,42	0,67
C7	0,25	0,50	0,71	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,71	0,08	0,29	0,54	0,29	0,50	0,75
C8	0,50	0,75	0,88	0,42	0,67	0,79	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75	0,42	0,67	0,88
C9	0,00	0,21	0,46	0,13	0,29	0,54	0,17	0,38	0,63	0,00	0,00	0,00	0,13	0,33	0,58
C10	0,38	0,63	0,79	0,25	0,46	0,71	0,38	0,63	0,88	0,04	0,29	0,54	0,00	0,00	0,00

3.5.2.2. Normalize Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

Analizin bu aşamasında, direkt ilişki matrisine normalize işlemi yapılacaktır. Bu aşamada, tüm satırlarda yer alan "u" değerlerinin toplamı bulunacaktır. Tablo 3.6'da "u" değerlerinin toplamı yer almaktadır.

Tablo 3.6. Satır Bazında "u" Değerleri Toplamı

Kriterler	U Değerleri Toplamı
C1	7,083
C2	6,708
C3	7,250
C4	6,958
C5	6,208
C6	6,500
C7	6,250
C8	7,458
C9	5,375
C10	6,500

Tablo 3.6'dan anlaşılacağı üzere, sekizinci satırda yer alan "u" değerleri toplamı (7,458) en yüksek değerdir. Bu doğrultuda, eşitlik (3.17)'de ayrıntıları verilen "s" değeri olarak tanımlanmıştır. Direkt ilişki matrisinde yer alan tüm sayılar bahsi geçen "s" değerine bölünerek normalize direkt ilişki matris elde edilmiştir. Sözü konusu matris Tablo 3.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.7. Normalize Direkt İlişki Matrisi

Kriterler	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,00	0,00	0,00	0,07	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,08	0,11	0,13	0,07	0,10	0,13
C2	0,08	0,12	0,13	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,07	0,10	0,13	0,06	0,09	0,12
C3	0,08	0,11	0,13	0,08	0,11	0,13	0,00	0,00	0,00	0,08	0,12	0,13	0,03	0,07	0,10
C4	0,09	0,12	0,13	0,08	0,11	0,13	0,04	0,07	0,10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,11
C5	0,04	0,08	0,11	0,04	0,08	0,11	0,02	0,05	0,08	0,05	0,08	0,12	0,00	0,00	0,00
C6	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,04	0,08	0,10	0,05	0,08	0,11	0,02	0,04	0,08
C7	0,03	0,06	0,09	0,02	0,06	0,09	0,06	0,08	0,11	0,03	0,06	0,09	0,02	0,05	0,08
C8	0,05	0,08	0,11	0,05	0,08	0,11	0,08	0,11	0,12	0,06	0,09	0,12	0,03	0,06	0,09
C9	0,03	0,07	0,09	0,02	0,05	0,08	0,02	0,05	0,08	0,02	0,05	0,08	0,01	0,04	0,08
C10	0,03	0,06	0,09	0,02	0,05	0,08	0,04	0,07	0,11	0,04	0,08	0,11	0,02	0,05	0,08

Kriterler	C6			C7			C8			C9			C10		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,03	0,06	0,09	0,02	0,04	0,08	0,03	0,07	0,10	0,02	0,05	0,08	0,03	0,07	0,10
C2	0,03	0,06	0,09	0,01	0,04	0,07	0,02	0,05	0,08	0,02	0,04	0,08	0,02	0,04	0,08
C3	0,04	0,07	0,09	0,02	0,04	0,08	0,04	0,07	0,11	0,03	0,06	0,09	0,04	0,07	0,10
C4	0,03	0,06	0,09	0,02	0,04	0,08	0,03	0,07	0,10	0,03	0,06	0,09	0,04	0,07	0,11
C5	0,01	0,04	0,08	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,08	0,02	0,05	0,08	0,01	0,03	0,07
C6	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,08	0,03	0,07	0,10	0,02	0,04	0,08	0,02	0,06	0,09
C7	0,03	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,09	0,01	0,04	0,07	0,04	0,07	0,10
C8	0,07	0,10	0,12	0,06	0,09	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,10	0,06	0,09	0,12
C9	0,00	0,03	0,06	0,02	0,04	0,07	0,02	0,05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,08
C10	0,05	0,08	0,11	0,03	0,06	0,09	0,05	0,08	0,12	0,01	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00

3.5.2.3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

Bir sonraki aşama ise; toplam ilişki matrisinin oluşturulmasıdır. Bu süreçte, eşitlik (3.18)- (3.20)'deki formüller temel alınmaktadır. Bu doğrultuda, öncelikle normalize direkt ilişki matrisinde yer alan "l", "m" ve "u" değerleri ayrı ayrı ele alınarak üç farklı matris oluşturulmuştur. Başka bir deyişle, normalize direkt ilişki matrisi "l", "m" ve "u" bileşenleri dikkate alınarak üç ayrı yapıya dönüştürülmüştür. Söz konusu matrisin detayları Tablo 3.8-3.10 arasında sunulmaktadır.

Tablo 3.8. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "l" Değerleri

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,00	0,07	0,06	0,08	0,07	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
C2	0,08	0,00	0,06	0,07	0,06	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
C3	0,08	0,08	0,00	0,08	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04
C4	0,09	0,08	0,04	0,00	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
C5	0,04	0,04	0,02	0,05	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01
C6	0,06	0,06	0,04	0,05	0,02	0,00	0,02	0,03	0,02	0,02
C7	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	0,03	0,00	0,03	0,01	0,04
C8	0,05	0,05	0,08	0,06	0,03	0,07	0,06	0,00	0,03	0,06
C9	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02
C10	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	0,01	0,00

Tablo 3.9. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "m" Değerleri

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,00	0,09	0,09	0,11	0,10	0,06	0,04	0,07	0,05	0,07
C2	0,12	0,00	0,09	0,10	0,09	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04
C3	0,11	0,11	0,00	0,12	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06	0,07
C4	0,12	0,11	0,07	0,00	0,07	0,06	0,04	0,07	0,06	0,07
C5	0,08	0,08	0,05	0,08	0,00	0,04	0,06	0,06	0,05	0,03
C6	0,09	0,09	0,08	0,08	0,04	0,00	0,05	0,07	0,04	0,06
C7	0,06	0,06	0,08	0,06	0,05	0,07	0,00	0,07	0,04	0,07
C8	0,08	0,08	0,11	0,09	0,06	0,10	0,09	0,00	0,07	0,09
C9	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,00	0,04
C10	0,06	0,05	0,07	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,04	0,00

Tablo 3.10. Normalize Direkt İlişki Matrisinin "u" Değerleri

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,00	0,12	0,12	0,13	0,13	0,09	0,08	0,10	0,08	0,10
C2	0,13	0,00	0,12	0,13	0,12	0,09	0,07	0,08	0,08	0,08
C3	0,13	0,13	0,00	0,13	0,10	0,09	0,08	0,11	0,09	0,10
C4	0,13	0,13	0,10	0,00	0,11	0,09	0,08	0,10	0,09	0,11
C5	0,11	0,11	0,08	0,12	0,00	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07
C6	0,12	0,12	0,10	0,11	0,08	0,00	0,08	0,10	0,08	0,09
C7	0,09	0,09	0,11	0,09	0,08	0,09	0,00	0,09	0,07	0,10
C8	0,11	0,11	0,12	0,12	0,09	0,12	0,11	0,00	0,10	0,12
C9	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,08	0,00	0,08
C10	0,09	0,08	0,11	0,11	0,08	0,11	0,09	0,12	0,07	0,00

Eşitlik (3.19)'deki değerlerin hesaplanabilmesi için öncelikle Tablo 3.11'de gösterilen birim matris (I) elde edilmiştir.

Tablo 3.11. Birim Matris (I)

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
C8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
C9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
C10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Hesaplamanın ilk aşamasında, normalize edilen "l", "m" ve "u" matrisleri birim matristen çıkarılmıştır. Daha sonra, elde edilen bu fark matrislerinin her biri için ters matris alınmış ve bu ters matrislerle, ilgili fark matrisleri çarpılarak her bir "l", "m" ve "u" değeri için üç ayrı toplam ilişki matrisi oluşturulmuştur. Son olarak, bu üç matris birleştirilerek toplam etki matrisine ulaşılmıştır. Söz konusu matrisin ayrıntılarına Tablo 3.12'de yer verilmiştir.

Tablo 3.12. Toplam İlişki Matrisi

Kriterler	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,04	0,16	0,92	0,10	0,23	0,99	0,08	0,22	0,96	0,11	0,25	1,05	0,09	0,21	0,91
C2	0,11	0,25	1,00	0,03	0,14	0,84	0,08	0,21	0,92	0,09	0,24	1,00	0,07	0,19	0,87
C3	0,11	0,27	1,07	0,11	0,25	1,02	0,03	0,14	0,87	0,12	0,27	1,07	0,06	0,19	0,91
C4	0,12	0,27	1,03	0,11	0,24	0,98	0,07	0,20	0,93	0,04	0,15	0,91	0,06	0,19	0,88
C5	0,07	0,20	0,92	0,06	0,19	0,88	0,04	0,15	0,83	0,07	0,20	0,93	0,02	0,09	0,71
C6	0,09	0,23	0,96	0,09	0,22	0,92	0,07	0,20	0,88	0,08	0,22	0,96	0,04	0,15	0,81
C7	0,05	0,19	0,91	0,04	0,17	0,87	0,07	0,19	0,86	0,05	0,18	0,92	0,03	0,14	0,79
C8	0,09	0,25	1,07	0,08	0,23	1,02	0,11	0,25	1,00	0,10	0,26	1,08	0,05	0,19	0,92
C9	0,05	0,16	0,80	0,03	0,14	0,76	0,03	0,13	0,74	0,03	0,14	0,80	0,02	0,12	0,69
C10	0,05	0,19	0,94	0,04	0,17	0,89	0,06	0,18	0,89	0,07	0,20	0,96	0,03	0,15	0,82

Kriterler	C6			C7			C8			C9			C10		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C1	0,05	0,16	0,83	0,04	0,13	0,77	0,05	0,17	0,88	0,04	0,14	0,77	0,05	0,17	0,85
C2	0,04	0,15	0,79	0,02	0,12	0,73	0,03	0,15	0,83	0,03	0,13	0,73	0,03	0,14	0,80
C3	0,06	0,18	0,85	0,03	0,14	0,78	0,06	0,19	0,90	0,04	0,15	0,79	0,06	0,18	0,87
C4	0,05	0,17	0,82	0,03	0,13	0,75	0,05	0,18	0,87	0,04	0,15	0,76	0,06	0,17	0,85
C5	0,02	0,13	0,73	0,04	0,13	0,70	0,04	0,14	0,77	0,03	0,12	0,69	0,02	0,12	0,74
C6	0,02	0,10	0,69	0,03	0,13	0,72	0,05	0,17	0,82	0,03	0,12	0,71	0,04	0,15	0,79
C7	0,05	0,15	0,76	0,01	0,08	0,62	0,05	0,16	0,79	0,02	0,11	0,68	0,05	0,15	0,77
C8	0,09	0,22	0,89	0,07	0,19	0,82	0,02	0,13	0,83	0,05	0,16	0,81	0,08	0,20	0,90
C9	0,01	0,10	0,64	0,02	0,10	0,60	0,03	0,12	0,69	0,01	0,06	0,53	0,02	0,11	0,66
C10	0,06	0,17	0,79	0,04	0,14	0,73	0,06	0,18	0,84	0,02	0,12	0,71	0,01	0,09	0,71

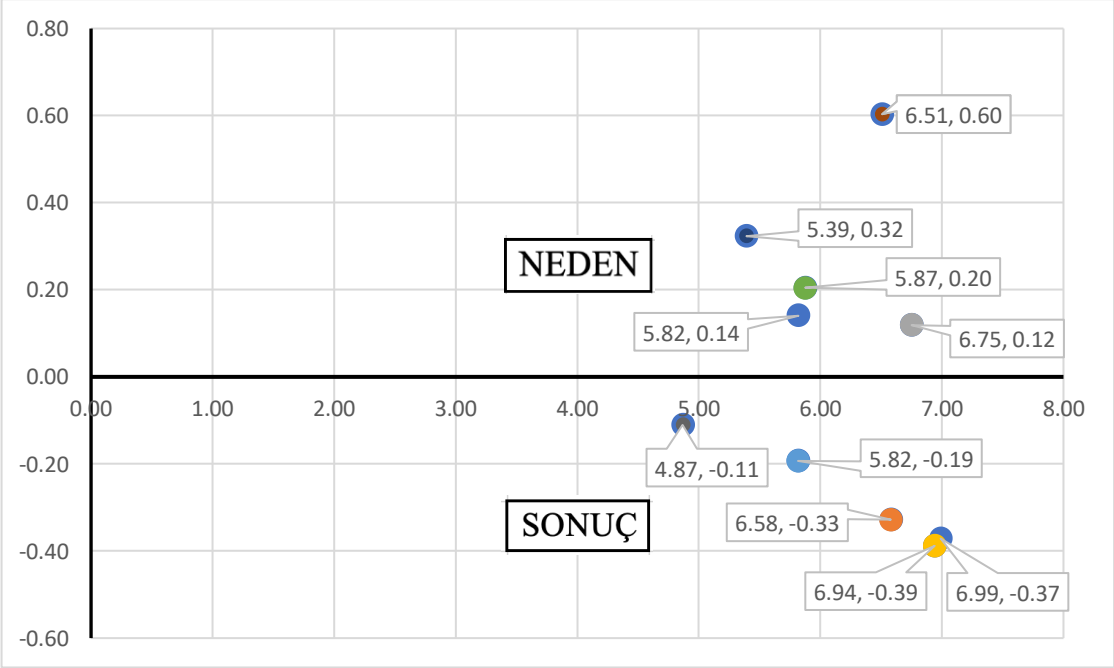
3.5.2.4. Neden-Sonuç İlişkilerinin Belirlenmesi

Toplam ilişki matrisi oluşturulduktan sonra, durulaştırma işlemi yapılmaktadır. Durulaştırma işleminde; bir önceki adımda elde edilen her bir değerin sütun toplamları $\widetilde{D}_i$ ve satır toplamları olan $\tilde{R}_i$ değerleri bulunur. Ardından bu değerlerin toplanıp çıkarılmasıyla $\widetilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\widetilde{D}_i - \tilde{R}_i$ değerleri meydana gelmektedir. Son olarak eşitlik (3.21) ve (3.22)'deki formüller kullanılarak durulaştırma işlemi gerçekleştirilir. Bu değerler Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Di ve Ri Değerleri Tablosu

Kriterler	$\widetilde{D}_i$			$\widetilde{R}_i$			$\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$			$\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$			Durulaştırma	
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	*D+R*	*D-R*
C1	0,63	1,84	8,92	0,77	2,16	9,62	1,40	4,00	18,55	-0,15	-0,32	-0,70	6,99	-0,37
C2	0,55	1,72	8,51	0,69	1,98	9,16	1,24	3,71	17,67	-0,14	-0,26	-0,65	6,58	-0,33
C3	0,68	1,96	9,13	0,64	1,88	8,86	1,33	3,84	17,99	0,04	0,08	0,27	6,75	0,12
C4	0,62	1,85	8,77	0,75	2,12	9,68	1,37	3,97	18,45	-0,13	-0,26	-0,90	6,94	-0,39
C5	0,42	1,47	7,89	0,46	1,62	8,32	0,88	3,08	16,22	-0,04	-0,15	-0,43	5,82	-0,19
C6	0,52	1,69	8,27	0,46	1,54	7,79	0,98	3,23	16,06	0,06	0,14	0,48	5,87	0,20
C7	0,42	1,52	7,97	0,35	1,29	7,22	0,77	2,81	15,18	0,08	0,23	0,75	5,39	0,32
C8	0,74	2,08	9,33	0,45	1,57	8,22	1,18	3,65	17,55	0,29	0,51	1,11	6,51	0,60
C9	0,25	1,17	6,91	0,29	1,25	7,16	0,54	2,42	14,08	-0,04	-0,07	-0,25	4,87	-0,11
C10	0,45	1,60	8,27	0,42	1,49	7,95	0,88	3,09	16,22	0,03	0,10	0,33	5,82	0,14

Tablo 3.13'te yer alan "*D-R*" değerleri, kriterler arasındaki nedensellik ilişkilerine dair bilgiler sunmaktadır. Bu doğrultuda, pozitif "*D-R*" değerleri kriterin neden (etkileyen), negatif değerler ise sonuç (etkilenen) bir unsur olduğunu ifade etmektedir. Bu bulgulardan da görülebileceği üzere, sırasıyla hükümet politikaları (C8), hukuki düzenleme (C7) ve vergi teşviki (C6) diğer kriterler üzerinde en fazla etkiye sahip olan kriterlerdir. Bununla birlikte, finansman maliyeti (C4), yatırım getirisi (C1) ve geri ödeme süresi (C2) ise en fazla etkilenen kriterler olarak göze çarpmaktadır.



Şekli 3.6. Neden-Sonuç İlişki Diyagramı

Şekil 3.6'daki diyagrama göre; yatırım getiri (C1) ve finansman maliyeti (C4) kriterleri "*D+R*" değerinde skalanın en yüksek değerine sahip kriterlerdir. Öte yandan; dijital altyapı (C9), risk profili (C5) ve karbon azaltımı (C10) kriterleri "*D+R*" değerinde skalanın en düşük değerine sahip kriter olarak dikkat çekmektedir.

3.5.2.5. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Analizin nihai adımında kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir kriterin ($\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$) değeri, bütün kriterlere ait bu değerlerin toplamına bölünerek ilgili kriterin önem ağırlığı bulunmuştur. Ayrıca, ($\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$) değeri de kriterler arasındaki ilişkinin belirlenmesi hususunda dikkate alınmaktadır. Başka bir deyişle, elde edilen bu değerlerden kriterler arasındaki nedensellik analizinin gerçekleştirilmesinde yararlanılmaktadır. Eşitlik (3.23) ve (3.24)'deki formüle göre kriter ağırlıkları belirlenmiş ve Tablo 3.14'te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Kriter Ağırlıkları

	Kriter Adı	Kriter Ağırlıkları
C1	Yatırım Getirisi	0,1275
C2	Geri Ödeme Süresi	0,1130
C3	Finansal Teşvik	0,1186
C4	Finansman Maliyeti	0,1258
C5	Risk Profili	0,0881
C6	Vergi Teşviki	0,0899
C7	Hukuki Düzenleme	0,0759
C8	Hükümet Politikaları	0,1112
C9	Dijital Altyapı	0,0617
C10	Karbon Azaltımı	0,0882

Tablo 3.15 incelendiğinde görüleceği üzere, yatırım getirisi (C1) en fazla önem ağırlığına (0,1275) sahiptir. Benzer şekilde, finansman maliyeti (C4) ve finansal teşvik (C3) yüksek önem ağırlığına (0,1258 ve 0,1186) sahip diğer kriterlerdir. Öte yandan, dijital altyapı (C9), hukuki düzenleme (C7) ve risk profili (C5) diğer kriterlere kıyasla daha düşük önem ağırlığına sahip kriterler olarak göze çarpmaktadır.

3.5.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi Analiz Sonuçları

Bu başlık altında, çalışmada kullanılan ikinci yöntem olan Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama süreci adım adım açıklanmakta ve elde edilen analiz sonuçlarına göre alternatifler sıralanmasına ilişkin sonuçlar sunulmaktadır.

3.5.3.1. Soruların Hazırlanması ve Cevaplanması

Yöntemin ilk aşamasında, çalışmada dahil edilen uzmanlara araştırma ile ilgili sorular yöneltilmiş ve yanıtları alınmıştır. Elden edilen bu yanıtlar, üçgen bulanık sayılara çevrilmiştir. Elde edilen cevapların üçgen bulanık sayılara dönüşüm sürecinde, Tablo 3.3'te yer alan üçgen bulanık ifadelerden yararlanılmıştır. Uzman görüşlerine ait yanıtlar, çalışmanın ekler kısmında detaylı olarak verilmiştir.

3.5.3.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada, her bir uzmanın verdiği yanıtlar bulanık sayıları dönüştürülmüş ve ardından bu sayısal ifadelerin ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Çalışmada yer alan 6 uzmanın yanıtlarının ortalaması esas alınarak elde edilen bulanık karar matrisi Tablo 3.15'te sunulmuştur.

Tablo 3.15. Bulanık Karar Matrisi

Kriter / Alternatif	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	2,92	5,42	7,92	1,67	4,17	6,67	1,67	4,17	6,25	2,5	4,58	6,25	2,5	5	7,5
A2	1,67	3,75	6,25	1,25	3,33	5,83	3,33	5,42	7,5	2,5	4,17	6,67	2,92	5,42	7,92
A3	5	7,5	9,17	2,5	5	7,08	4,58	7,08	8,75	2,5	4,58	6,67	3,75	6,25	7,92
A4	3,33	5,83	8,33	2,5	5	7,5	5	7,5	9,58	2,92	5	7,5	3,33	5,83	8,33
A5	2,5	5	7,5	1,67	4,17	6,67	4,58	7,08	9,17	2,5	4,58	7,08	2,5	5	7,5
A6	2,92	5	7,5	2,08	4,17	6,67	4,17	6,25	8,33	4,17	5,83	7,08	4,58	6,67	7,92
	C6			**C7**			**C8**			**C9**			**C10**		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	1,25	2,5	5	1,67	4,17	6,67	2,5	4,58	6,67	4,58	6,67	7,92	2,08	3,33	5,83
A2	2,08	4,58	7,08	2,08	4,58	7,08	2,5	5	7,08	3,33	5,42	7,92	2,08	4,17	6,67
A3	3,75	6,25	8,33	3,75	6,25	7,92	4,17	6,67	8,33	1,67	3,75	6,25	1,67	4,17	6,67
A4	4,58	7,08	9,58	3,75	6,25	8,75	4,17	6,67	8,75	1,67	3,75	6,25	5,83	8,33	9,17
A5	4,17	6,67	9,17	3,33	5,83	8,33	4,17	6,67	8,75	1,25	2,92	5,42	4,58	7,08	9,58
A6	3,75	5,83	7,08	3,75	5,83	7,08	5,42	7,5	8,33	1,25	2,92	5,42	2,08	4,17	6,67

3.5.3.3. Normalize Bulanık Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki aşamada oluşturulmuş karar matrisi eşitlik (3.28) ve (3.29)'daki formülle dikkate alınarak normalize edilir ve normalize edilmiş bulanık matris elde edilir. Elde edilen bu matris Tablo 3.16'da gösterilmektedir.

Tablo 3.16. Normalize Bulanık Karar Matrisi

Kriter / Alternatif	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	0,32	0,60	0,86	0,19	0,30	0,75	0,17	0,44	0,65	0,40	0,55	1	0,33	0,50	1
A2	0,18	0,41	0,68	0,21	0,38	1	0,35	0,57	0,78	0,38	0,60	1	0,32	0,46	086
A3	0,55	0,82	1	0,17	0,25	0,50	0,48	0,74	0,91	0,38	0,55	1	0,32	0,40	0,67
A4	0,36	0,64	0,91	0,17	0,25	0,50	0,52	0,78	1	0,33	0,50	0,86	0,30	0,43	0,75
A5	0,27	0,55	0,82	0,19	0,30	0,75	0,48	0,74	0,96	0,35	0,55	1	0,33	0,50	1
A6	0,32	0,55	0,82	0,19	0,30	0,60	0,44	0,65	0,87	0,35	0,43	0,60	0,32	0,38	0,55
	C6			**C7**			**C8**			**C9**			**C10**		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	0,13	0,26	0,52	0,19	0,48	0,76	0,29	0,52	0,76	0,58	0,84	1	0,22	0,35	0,61
A2	0,22	0,48	0,74	0,24	0,52	0,81	0,29	0,57	0,81	0,42	0,68	1	0,22	0,44	0,70
A3	0,39	0,65	0,87	0,43	0,71	0,91	0,48	0,76	0,95	0,21	0,47	0,79	0,17	0,44	0,70
A4	0,48	0,74	1	0,43	0,71	1	0,48	0,76	1	0,21	0,47	0,79	0,61	0,87	0,96
A5	0,44	0,70	0,96	0,38	0,67	0,95	0,48	0,76	1	0,16	0,37	0,68	0,48	0,74	1
A6	0,39	0,61	0,74	0,43	0,67	0,81	0,62	0,86	0,95	0,16	0,37	0,68	0,22	0,44	0,70

3.5.3.4. Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması

Bulanık DEMATEL yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları, normalize edilmiş bulanık karar matris ile çarpılarak diğer bir ifadeyle, eşitlik (3.30) kullanılarak ağırlıklı normalize matris oluşturulur. Elde edilen matrisin detayları Tablo 3.17'de sunulmuştur.

Tablo 3.17. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

Kriter / Alternatif	C1			C2			C3			C4			C5		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	0,04	0,80	0,11	0,02	0,03	0,09	0,02	0,05	0,08	0,05	0,07	0,13	0,03	0,04	0,09
A2	0,02	0,05	0,09	0,02	0,04	0,11	0,04	0,07	0,09	0,05	0,08	0,13	0,03	0,04	0,08
A3	0,07	0,10	0,12	0,02	0,03	0,06	0,06	0,09	0,11	0,05	0,07	0,13	0,02	0,04	0,06
A4	0,05	0,08	0,12	0,02	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,04	0,06	0,11	0,03	0,04	0,07
A5	0,03	0,07	0,10	0,02	0,03	0,09	0,06	0,09	0,11	004	0,07	0,13	0,03	0,04	0,09
A6	0,04	0,07	0,10	0,02	0,03	0,07	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,05
	C6			**C7**			**C8**			**C9**			**C10**		
	l	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**	**l**	**m**	**u**
A1	0,01	0,02	0,05	0,01	0,04	0,06	0,03	0,06	0,09	0,04	0,05	0,06	0,02	0,03	0,05
A2	0,02	0,04	0,07	0,02	0,04	0,06	0,03	0,06	0,09	0,03	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06
A3	0,04	0,06	0,08	0,03	0,05	0,07	0,05	0,09	0,11	0,01	0,03	0,05	0,02	0,04	0,06
A4	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,08	0,05	0,09	0,11	0,01	0,03	0,05	0,05	0,08	0,08
A5	0,04	0,06	0,09	0,03	0,05	0,07	0,05	0,09	0,11	0,01	0,02	0,04	0,04	0,07	009
A6	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,06	0,7	0,10	0,11	0,01	0,02	0,04	0,02	0,03	0,06

3.5.3.5. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Hesaplanması

Bu çalışmada, geri ödeme süresi, finansman maliyeti ve risk profili kriterleri maliyet kriteri diğer kriterler ise fayda kriteri olarak kabul edilmektedir. Buna göre, bulanık pozitif ve negatif ideal çözümleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

$A^* = [(1,1,1), (0,0,0), (1,1,1), (0,0,0), (0,0,0), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$

$A^- = [(0,0,0), (1,1,1), (0,0,0), (1,1,1), (1,1,1), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$

3.5.3.6. Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması

Her bir alternatif için pozitif uzaklık ölçüleri d_i^* ve negatif uzaklık ölçüleri d_i^- sırasıyla eşitlik (3.33) ve (3.34)'teki hesaplanır. Ardından 6 alternatif çözümün 10 kritere göre pozitif ve negatif uzaklıkları öncelikle eşitlik (3.35)'teki formüldeki vertex yöntemine göre hesaplanır. Tablo 3.18 ve Tablo 3.19'da Vertex yöntemine göre pozitif ve negatif uzaklık ölçüleri yer almaktadır.

Tablo 3.18. Pozitif Uzaklık Ölçüleri

Kriter / Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0	0,04
A2	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03
A3	0	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03
A4	0,02	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0
A5	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01
A6	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0	0,03	0,03

Tablo 3.19. Negatif Uzaklık Ölçüleri

Kriter / Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,03	0,01
A2	0	0	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
A3	0,05	0,03	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0
A4	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,03
A5	0,02	0,02	0,04	0,00	0	0,04	0,01	0,03	0	0,03
A6	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0	0,00

3.5.3.7. Yakınlık Katsayılarının Alternatifler için Bulunması

6 alternatif de tüm kriterler için pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarının hesaplanmasının ardından alternatifler için d_i^* ve d_i^- değerleri elde edilir ve eşitlik (3.36)'teki formüle göre her alternatif için CC_i yakınlık katsayısı bulunur. Bahsi geçen katsayı Tablo 3.20'de verilmiştir.

Tablo 3.20. Alternatifler için Yakınlık Katsayıların Bulunması

Alternatifler	d_i^*	d_i^-	$d_i^* + d_i^-$	CC_i
A1	0,23	0,07	0,30	0,232
A2	0,23	0,08	0,31	0,246
A3	0,10	0,21	0,31	0,672
A4	0,06	0,25	0,31	0,806
A5	0,14	0,17	0,31	0,564
A6	0,16	0,20	0,36	0,560

3.5.3.8. Alternatiflerin Sıralanması

Alternatiflerin yakınlık katsayıları (CC_i) büyükten küçüğe sıralandığında A4>A3>A5>A6>A2>A1 şeklinde bir sıralama elde edilmiştir. Buna göre uygun

çözüm olarak “Yeşil Tahvil” alternatifi öne çıkarken; bunu sırasıyla “Girişim Sermayesi”, “Yeşil Sukuk”, “Kamu-özel Ortaklığı”, “Kitle Fonlaması” ve son olarak “Blok Zincir Teknolojileri” alternatifleri takip etmektedir.

SONUÇ

Günümüzde çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla önemli hale gelen yenilenebilir enerji, küresel sürdürülebilirlik hedeflerinin merkezinde yer almaktadır. Artan çevresel farkındalık, fosil yakıtlarının sera gazı salınımına yol açması ve tükenebilir olması, doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik küresel çabalar enerji kaynaklarının önemini her geçen gün daha da artırmaktadır. Buna ek olarak; enerji arz güvenliğini sağlaması, yeni iş alanları oluşturması, enerjiye erişimi artırması ve gelişen teknoloji sayesinde maliyetleri hızla düşürmesi yenilenebilir enerjiyi stratejik bir araç haline getirmiştir. Öte yandan, yenilenebilir enerji alanındaki gelişim süreci yalnızca teknolojik ilerlemelere değil, aynı zamanda etkin ve sürdürülebilir finansman modellerine de bağlıdır. Özellikle yenilenebilir enerji projelerinin yüksek ilk yatırım maliyetleri ve uzun vadeli dönüş sürecine sahip olması, bu projelerin geleneksel finansman modelleriyle uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2020: 152; Steffen, 2020: 1). Bu nedenle, söz konusu projelerin gerçekleştirilmesinde yenilikçi finansal ürünlerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Yeşil tahvil, kitle fonlaması, blok zincir teknolojileri, girişim sermayesi ve kamu-özel ortaklıkları gibi finansal ürünler, projelerin hem finansmanına erişimi kolaylaştırmakta hem de yatırımcılar için cazip fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı; yenilenebilir enerji yatırımlarında etkili olan kriterleri belirlemek ve bu kriterler doğrultusunda alternatif yenilikçi finansman araçlarını çok kriterli karar verme yöntemleriyle analiz ederek en uygun seçeneği ortaya koymaktır.

Çalışma kapsamında, yenilenebilir enerji yatırımlarını etkileyen kriterlerin analizinde bulanık DEMATEL yöntemi tercih edilmiş; elde edilen kriter ağırlıkları doğrultusunda alternatif finansman seçeneklerinin sıralanması ise bulanık TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bulanık TOPSIS yönteminin tercih edilmesinde, alternatiflerin hem pozitif ideal çözüme olan yakınlıklarının hem de negatif ideal çözüme olan uzaklıklarının eşzamanlı olarak dikkate alınması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Buna karşılık Bulanık VIKOR yöntemi, dilsel değerlendirmeleri dikkate alarak en iyi çözümü ve uzlaştırıcı çözümü bulmaya olanak sağlamaktadır (Chen ve Wang, 2009: 235). Diğer bir deyişle; bu yöntemde alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığı dikkate alınmaktadır. Ancak çalışmanın doğası gereği, finansal ürünlere ilişkin değerlendirmelerin yüksek belirsizlik ve sezgisel nitelikler içermesi

nedeniyle, karar vericilerin sözel yargılarının üçgen bulanık sayılarla modellenmesine imkân tanıyan ve nispeten daha uygulaması kolay bir yöntem olan Bulanık TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir.

Yenilenebilir enerji sektörüne yönelik gerçekleştirilen kapsamlı incelemeler neticesinde, yatırım kararına etki edebilecek yeni bir kriter seti önerilmiştir. Söz konusu kriterlerin şekillendirilmesi sürecinde, literatür taraması ve çalışmaya katkısı olan uzman görüşlerinin sonuçları dikkate alınmıştır.

Yapılan incelemeler neticesinde, yenilenebilir enerji yatırımlarına etki edebilecek 10 adet farklı kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler dikkate alınarak soru listesi oluşturulmuştur. Bahsi geçen sorular hazırlanırken, her bir kriter diğer 9 kriter ile karşılaştırılmıştır. Diğer bir deyişle, her bir kriterin diğer kriterler üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu doğrultuda 90 adet soru oluşturulmuş ve 6 farklı uzmanın görüşleri dikkate alınmıştır. Ardından, elde edilen uzman görüşleri üçgen bulanık sayı formuna dönüştürülmüştür. Öncelikle direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu süreci takiben, eşitlik (3.17)'de ayrıntıları verilen "s" değeri 7,458 olarak hesaplanmıştır. Direkt ilişki matrisindeki tüm rakamlar bu değere bölünerek normalize direkt ilişki matrisi elde edilmiştir. Sonrasında, eşitlik (3.18)-(3-20) dikkate alınarak toplam direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu süreci izleyen aşamada, eşitlik (3.21)-(3.22) kullanılarak durulaştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlemlerin sonucunda, eşitlik (3.23)-(3.24) dikkate alınarak kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, yatırım getirisi (C1) en fazla önem ağırlığına (0,1275) sahiptir. Buna paralel olarak, finansman maliyeti (C4) ve finansal teşvik (C3) sırasıyla (0,1258) ve (0,1186) ağırlık değerleriyle yüksek öneme sahip diğer faktörler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak; dijital altyapı (C9), hukuki düzenleme (C7) ve risk profili (C5) diğer kriterlerle karşılaştırıldığında daha düşük önem ağırlıklarla değerlendirilmiştir.

Bulanık DEMATEL sonuçlarından anlaşılabileceği üzere, yatırımcıların yenilenebilir enerji projelerini yönelirken öncelikli olarak yatırım getirisi ve finansman maliyetini dikkate aldığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji projelerinin yüksek getiri oranına sahip olması ekonomik açıdan cazip olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek yatırım getirisi, özel sektör yatırımcıları ve finansal aracıların bahsi geçen projelere kaynak ayırma kararlarında önemli bir etkendir. Yatırım getirisi yüksek

olması bu tür projelerin ekonomik açıdan da sürdürülebilir olduğunu göstermektedir (Lashgari, 2024). Buna ek olarak; finansman maliyetinin yüksek olması, yatırımcıların karlı yatırımları bile yapmaktan kaçınmasına sebep olabilmektedir (Myers ve Majluf, 1984). Özellikle yenilenebilir enerji sektörünün yapısal özellikleri ve yatırım doğasu gereği finansman maliyeti oldukça kritik öneme sahiptir.

Bahsi geçen bu hususlar literatürde araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır. Taghizadeh-Hesary ve Yoshino (2020) tarafından ele alınan yatırımcı davranışı modelleriyle uyum göstermekte olup, gelişmekte olan ülkelerde finansal getiri potansiyelinin yatırım kararlarını en fazla etkileyen unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, Okyerebea Menyeh ve Acheampong (2024) çalışmasında yatırımcıların yatırım kararlarında yüksek getiri beklentisinde olduğunu ifade etmiştir.

Belirtilen çalışmalara ek olarak; Yılmaz ve Özdemir (2023) çalışmasında pandemi döneminde bankaların finansman maliyetini doğru belirlenmesinin, bankaların maliyet yapılarının etkin yönetimi açısından önemli olduğunu vurgulamıştır. Öte yandan, Zeybek (201) de çalışmasında dolarizasyonun bankaların finansman maliyetlerini artırabileceğini altını çizmiştir.

Söz konusu araştırmada kullanılan bulanık DEMATEL yöntemi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji yatırımlarını etkileyen kriterler içerisinde dijital altyapı en düşük önem ağırlığına sahip kriter olarak belirlenmiştir. Bu durum, dijital teknolojilerin enerji projelerinde henüz önceliklendirilmediğini ortaya koymaktadır. Oysa literatürde dijital altyapının yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik ettiği, enerji verimliliğini artırdığı ve çevresel etkileri azalttığını ortaya koyan çalışmalar yer almaktadır. Bu doğrultuda; Zheng ve Zhang (2025), tarafından ele alınan çalışmada dijital dönüşümün yenilenebilir enerji gelişimi üzerinde teşvik edici etkisi olduğunu, hükümetlerin dijital altyapı inşası geliştirmeleri ve sektör genelinde dijital dönüşümü teşvik etmeleri ve böylelikle yenilenebilir enerji geçişini hızlandırmaları gerektiğini önermişlerdir. Benzer şekilde, Sun (2023) dijital altyapının enerji ve çevre verimliliğini artırdığı, enerji endüstrisinde ilerlemenin dijital altyapı ile olabileceği vurgulamış. Bu nedenle politika yapıcıların dijital teknolojiyi enerji sektörü ile entegre ederek yatırımı teşvik edici politikalar yürürlüğe koymaları gerektiğini ifade etmiştir. Bu bağlamda, dijital altyapının çalışmada düşük önem düzeyine olması,

dijitalleşmenin potansiyel katkılarının yeterince içselleştirilmediğini göstermektedir. İlgili bulgu, teknoloji temelli sürdürülebilir enerji politikaların gündeme taşınması gerekliliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, yenilikçi finansal ürünlerin sıralanması sürecinde ise bulanık TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmada yedi adet yenilikçi finansal ürün belirlenmiş olmasına rağmen; melek yatırımcılara yönelik ve yenilenebilir enerji projeleriyle ilişkili çalışmaların literatürde kısıtlı olması nedeniyle bu ürün analize dahil edilmemiştir. Bu doğrultuda; belirlenen 10 adet kriter ve 6 adet yenilikçi finansal ürüne yönelik toplam 60 soru uzmanlara yöneltilerek görüşleri alınmıştır. Sonrasında, toplanan uzman görüşleri, üçgen bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Bu sürecin ardından, altı adet uzmanın görüşlerinin ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Elde dilen bu matris, eşitlik (3.28) ve (3.29) dikkate alınarak normalize edilmiş ve normalize bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Takip eden aşamada, bulanık DEMATEL yöntemiyle bulunan kriter ağırlıkları ile normalize bulanık karar matrisi değerleri çarpılarak ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuştur. Devamında, eşitlik (3.33)-(3.35)'teki doğrultusunda gerekli adımlar izlenerek alternatiflere ait yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise; eşitlik (3.36)'teki formül uygulanarak alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, yeşil tahvillerin yenilenebilir enerji yatırımları açısından en uygun finansman aracı olduğu tespit edilmiştir. Yeşil tahvillerin hem çevresel etkiye dikkat çekmesi hem de düşük risk profiline sahip olması nedeniyle yatırımcılar açısından daha tercih edilebilir olduğu anlaşılmıştır. Diğer bir deyişle, yeşil tahvillerin geleneksel finansman yöntemlerine kıyasla daha düşük faiz oranlarına sahip olması, çevresel sürdürülebilirlikle uyumlu olması yeşil tahvilleri daha tercih edilebilir hale getirmektedir. Buna ek olarak; yeşil tahvillerde risk paylaşımının olması ve geleneksel tahvillere kıyasla daha düşük temerrüt riski taşıması da bu ürünlerin cazibesini artırmaktadır. Benzer şekilde İklim tahvilleri girişimi (2022) verileri, küresel yeşil tahvil piyasasının son beş yılda ortalama %48 büyüme kaydettiğini ve 2022 itibarıyla 1.5 trilyon doları aştığını ortaya koymaktadır.

Elden edilen bulgular, mevcut literatürdeki çalışmalarla tutarlık göstermekte ve benzer sonuçları desteklemektedir. Flammer (2021) tarafından yapılan çalışmada da yeşil tahvillerin, özellikle emeklilik fonları gibi uzun vadeli yatırımcılar açısından

istikrarlı ve güvenilir bir araç olarak görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca, çalışmanın bulguları Tsipas vd. (2024) tarafından da vurgulandığı üzere, yeşil tahvillerin sürdürülebilir enerji yatırımlarını teşvik etmede önemli bir işlev üstlendiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, He vd. (2024) incelenen çalışmada yenilenebilir enerji projelerinin gelişimini yönlendirmede ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yeşil tahvillerin ve politikaların önemi vurgulanmıştır.

Bunlara ek olarak; yenilenebilir enerji projelerinin finansmanında kullanılabilecek yenilikçi finansman araçlarının sıralanmasında bulanık TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilen analiz çıktılarına göre, blok zincir teknolojileri en düşük önceliğe sahip alternatif olarak sıralanmıştır. Bu bulgu, enerji sektöründe blok zincir teknolojisinin henüz yeterli düzeyde uygulanabilirliğe ulaşamaması, teknik karmaşıklık, yapısal ve düzenleyici belirsizlik gibi sorunları nedeniyle tercih edilebilirliğinin sınırlı düzeyde kalmasıyla ilişkilendirilebilir. Buna karşın, literatürde blok zincir teknolojileriyle enerji kaynaklarının entegrasyonunun ele alan akademik çalışmalar mevcuttur. Bhavana vd. (2024), blok zincir teknolojilerinin enerji sektöründe merkeziyetsizlik, güvenlik, şeffaflık ve maliyet gibi farklı avantajlar sağladığını ifade etmiştir. Buna karşın ölçeklenebilirlik, işlem gecikmesi ve düzenleyici belirsizlik gibi birtakım zorlukların altı da çizilmiştir. Ayrıca mikro şebekeler, elektrikli araçlarla bütünleşik blok zincir tabanlı sistemlerin yaygınlaşması beklendiği de dile getirilmiştir. Ayrıca Mosheni ve Brent (2024), yenilenebilir enerji sektöründe depolama teknolojilerinin blok zincir teknolojisi ile entegrasyonunu ele almış olduğu çalışmada sürdürülebilir bir enerji geleceğine giden süreçte iki unsurun kritik rol üstlendiğini ifade etmiştir.

Çalışmadan elde edilen kapsamlı veriler değerlendirildiğinde hem özel sektör hem de politika yapıcılar açısından çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Öncelikle yatırım getirisinin yüksek öneme sahip olması, teşvik mekanizmalarının bu doğrultuda gözden geçirilmesi ve stratejik olarak yeniden tasarlanması gerektiğini göstermektedir. Bu çerçevede, yatırımcılara yönelik getiriyi artırıcı faiz sübvansiyonları, vergi teşviki ya da risk yönetimi kolaylaştırıcı iş birliği modellerinin artırılması önerilmektedir. Ayrıca yeşil tahvil piyasasının geliştirilmesi ve bahsi geçen alandaki gerekli hukuki düzenlemelerin güçlendirilmesi, yatırımcıların güvenini artıracak ve yenilenebilir enerji sektörüne daha fazla kaynak aktarımı yapılmasına katkı sağlayacaktır.

Buna karşın, çalışma belirli sınırlıkları da bünyesinde barındırmaktadır. Öncelikle, çalışmaya muhtemel katkı sağlayabileceği öngörülen bazı uzmanlardan geri dönüş alınmaması ve uzmanların her iki alana da sahip olması gerekliliği, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini kısıtlayabilmektedir. Buna ek olarak; çalışmanın Türkiye odaklı yürütülmüş olması, farklı ülke bağlamlarında farklı sonuçların doğurabilecek unsurların göz ardı edilmesine neden olabilir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda, farklı ülke uygulamalarının karşılaştırılmalı olarak ele alınması, sonuçların daha evrensel geçerliliğini artıracaktır. Benzer şekilde, literatürde yer alan diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin alana katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın bütünsel sonuçları göz önüne alındığında, bahsi geçen çalışma yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında hibrit bir değerlendirme süreci sunarak, yenilikçi finansal ürünlerin alternatiflerinin sırasını bilimsel temelde ortaya koymuştur. Bahsi geçen çalışma literatüre katkı sağlayarak, politika yapıcılarına rehber niteliğinde öneriler sunmuş ve yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik karar alma süreçlerinin daha etkin hale gelmesine katkı sağlamıştır.

KAYNAKÇA

ABDULLAH, N.; NAYAN, M. A.: 2020 "Green Sukuk: Financing The Future to Sustainable Environment", **International Journal of Zakat and Islamic Philanthropy,** Vol 2, No 2, pp.14-23.

ABDULLAH, Z.; SUSAMTO, A. A.: 2019 "The Role of Investment-Based Islamic Crowdfunding for Halal Msmes: Evidence from Indonesia." **Al-Iqtishad: Jurnal Ilmu Ekonomi Syariah**, Vol 11, No 2, pp.289-302.

ABHIJITH, R.; BIJULAL, D.: 2024 "Heuristic Biases Influencing Individual Stock Investment Decisions: A Hybrid Fuzzy DELPHI-AHP-DEMATEL Approach." **Journal of Advances in Management Research**, Vol 21, No 4, pp.627-648.

ADDAE, B. A., VD.: 2019 "Analyzing Barriers of Smart Energy City in Accra with Two-Step Fuzzy DEMATEL." **Cities**, Vol 89, pp.218-227.

AGLIARDI, E.; AGLIARDI, R.: 2019 "Financing environmentally-sustainable projects with green bonds", **Environment and Development Economics**, Vol 24, pp.608-623.

AGRAWAL, A., CATALINI, C., & GOLDFARB, A.: 2014 "Some Simple Economics of Crowdfunding" **Innovation Policy and The Economy**, Vol 14, No 1, pp.63-97.

AHL, A., vd.: 2020 "Exploring Blockchain for The Energy Transition: Opportunities and Challenges Based on A Case Study in Japan", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol 117, pp.1-11.

AHLUWALIA, S., MAHTO, R. V., & GUERRERO, M.: 2020 "Blockchain Technology and Startup Financing: A Transaction Cost Economics Perspective." **Technological Forecasting and Social Change**, Vol 151, pp.1-6.

AKA, D. Ç.: 2022 "Endüstri 4.0'ın uygulanmasında kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS Yöntemi ile yatırım teşviği alan firmaların durum değerlendirilmesi." **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi**, Sayı 41, s.36-47.

AKBULUT, H.; KARAKAŞ, A.: 2023 "Turizm İşletmelerinde Yenilikçi Finansman Yöntemleri", **International Euroasıa Congress on Scientific Researches and Recent Trends 12,** İKSAD Yayınevi.

AKDAĞ, V.; GÖZEN, M.: 2020 "Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme." **Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı 18(Armağan Sayısı), s.139-156.

AKKAYA, G.C.: 2008 "Sermaye Yapısı, Varlık Verimliliği ve Karlılık: İMKB'de Faaliyet Gösteren Deri-Tekstil Sektörü İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 30, s.1-13.

AKSU, M.: 2019 "Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Finansmanında Kitlesel Fonlama Modeli: Türkiye ve Almanya Karşılaştırması", **ICOAEF VI International Conference on Applied Economics and Finance & Extended Wıth Socıal Scıences, (16-17 Kasım)**, Balıkesir, Türkiye.

AKSU, M.: 2021 **Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Ekonomik Analizi**, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Balıkesir.

AKSU, M.: 2025 "Yenilenebilir Enerji Finansmanında Fintek ve Blokzincir Uygulamaları: Türkiye Açısından Bir Değerlendirme", **Anadolu Üniversitesi İktisadi ve**

İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 1, s.362-378.

AKTUG, E., IKIZLER, D., & HULAGU, T.: 2020 "Effects of Small Loans on Bank and Small Business Growth", **Office of Advocacy U.S. Small Business Administration,** pp.8-9.

ALAGÖZ, M.; YOKUŞ, T.: 2018 "Kamu Özel İş Birliği Yatırımları ve Dış Borç Ödeme Projeksiyonu." **Ankara Üniversitesi SBF Dergisi**, Cilt 73, Sayı 3, s.867-889.

ALAHMAD, H., TAŞKESEN, E., & BİLEN, E. N.: 2023 "Uzay Tabanlı Güneş Enerjisine Genel Bakış." **Researcher**, Cilt 3, Sayı 2, s.53-75.

ALAM, S. I.: 2021 Lease Financing: Types, Advantages and Disadvantages, pp.1-16.

ALAM, A., vd.: 2023 "Development and Evaluation of Islamic Green Financing: A Systematic Review of Green Sukuk." **Environmental Economics**, Vol 14, No 1, pp.61-72.

ALAM, M. S., VD.: 2024 "Analysis of Green Energy-Oriented Sustainable Development Goals for Emerging Economies." **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, Vol. 10, No. 3, pp.1-9.

ALAY, H.K.; DEVECİYAN, M.T.: 2023 "Sürdürülebilir Rekabetçi Avantaj Kaynakları: Blok Zincir Teknolojisi ve Yenilenebilir Enerji", **Toplum ve Doğa İçin Blokzinciri Sempozyumu**, Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları.

ALBAYRAK, Ö.; ERKAYMAN, B.: 2018 "Bulanık Dematel ve EDAS Yöntemleri Kullanılarak Sporcular için Akıllı Bileklik Seçimi." **Ergonomi**, Cilt 1, Sayı 2, s.92-102

ALDOWAH, H. A., AL-SAMARRAIE, H., & NOMAN, F.: 2025 "Students' Online Engagement in Higher Education: A DEMATEL Study." **Journal of Computers in Education**, pp.1-56.

ALHAMMADI, H., vd.: 2025 "Multi-Criteria Decision-Making Methods for Selecting the Best Energy Storage Systems in Arid Regions." **Energy Reports,** Vol 13, pp.3575-3592.

ALHAN, O., vd.: 2023 "Finans Kurumlarının Etkinliklerinin Artırılmasına Yönelik Bulanık Mantık Temelli Strateji Önerileri." **Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi**, Cilt 7, Sayı 1, s.53-69.

ALHARBI, S. S., vd.: 2023 "Green Finance and Renewable Energy: A Worldwide Evidence", **Energy Economics**, Vol 118, pp.1-19.

ALLERHAND, A.: 2020 "Hydroelectric Power: The First 30 Years." **IEEE Power And Energy Magazine**, Vol 18 No 5, pp.76-87.

ALMIRANTEARENA, F. N., CLARA, F., LÓPEZ, P. B.: 2012 "Study of the Linguistic Variables of Heart Rate Variability Using Fuzzy Entropy." **In 2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery**, pp.399-403.

ALMUTAIRI, S.: 2023 "A Systematic Review on the Green Sukuk after Paris-Agreement", **Issues in Economics and Business**, Vol 9, No 1, pp.1-9.

ALONSO-CONDE, A. B.; ROJO-SUÁREZ, J.: 2020 "On The Effect of Green Bonds on The Profitability and Credit Quality of Project Financing." **Sustainability**, Vol 12, No 16.

ALONSO-CONDE, A. B., BROWN, C., & ROJO-SUAREZ, J.: 2007 "Public Private Partnerships: Incentives, Risk Transfer and Real Options." **Review of financial economics**, Vol 16, No 4, pp.335-349.

ALTAŞ, İ. H.: 1999 "Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı." **Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e**, Cilt 62, s.80-85.

ALTUNKAYA, S. M.; ÖZCAN, M.: 2020 "Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Finansmanında Kullanılabilecek Yeni Nesil Finansman Mekanizmaları", **2020 12th International**

Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), Bursa, Turkey, s.35-43.

AL YAQOOBI, A.; AUSLOOS, M.: 2022 "An Intergenerational Issue: The Equity Issues Due to Public–Private Partnerships; The Critical Aspect of The Social Discount Rate Choice for Future Generations." **Journal of Risk and Financial Management**, Vol 15, No 2.

ANDONI, M., vd.: 2019 "Blockchain Technology in The Energy Sector: A Systematic Review of Challenges And Opportunities", **Renewable and sustainable energy reviews**, Vol 100, pp. 143-174.

ANSHUMAN, V. R., MARTIN, J., & TITMAN, S.: 2012 "An Entrepreneur's Guide to Understanding The Cost of Venture Capital." **Journal of Applied Corporate Finance**, Vol 24, No 3, pp.75-83.

APPIAH-OTOO, I., VD.: 2022 "Crowdfunding and Renewable Energy Development: What Does The Data Say?", **International Journal of Energy Research**,Vol 46, No 2, pp.1837-1852.

AR, L.; SAKUR, R.: 2021 "Modern Sermaye Yapısı Teorilerinin Geçerliliğinin Test Edilmesi: BIST 30 Endeksi Firmaları Üzerine Bir Araştırma", **Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi,** Cilt 6, Sayı 3, s.748-773.

ARACIOĞLU, B., vd.: 2016 **Tüm Boyutlarıyla Girişimcilik**, İstanbul, Hümanist Kitap Yayıncılık.

ARSLAN, H.: 2023 "Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Finansman Modelleri", **Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**, Cilt 10, Sayı 4, s.833-846.

ASLAN, Ö.F.; ERDEN, B.: 2021 **Güncel Finansal Yönetim Yaklaşımları,** Efe Akademi yayınları.

ATAY, H.: 2017 "Melek Yatırımcı Gelir Vergisi İndirimi Uygulaması İle Kitle Fonlaması Kanun Tasarısı Üzerine Bir Tartışma", **Vergi Raporu**, Cilt 210, s.9-19.

AVDIU, B.; WEICHENRIEDER, A. J.: 2020 "Financing costs and the efficiency of public-private partnerships." **SAFE Working Paper**, No 295, pp.1-21.

AWASTHI, A., CHAUHAN, S. S., & GOYA, S. K.: 2011 "A Multi-Criteria Decision Making Approach for Location Planning for Urban Distribution Centers under Uncertainty." **Mathematical and Computer Modelling**, Vol l53, pp.98–109.

AYDIN, M.: 2021 **Yenilenebilir Enerji Finansmanında Yeşil Sukuk: Potansiyel, Fırsat ve Avantajlar**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

AYDIN, C.: 2022 "Enerji Arz Güvenliği ve Türkiye–Doğal Gaz Tedarik ve Bağımlılıkları Açısından İnceleme." **Malatya Turgut Özal Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, Cilt 3, Sayı 2, s. 87-103.

AYDIN, G.; KARAKURT, I.: 2024 "Introduction to Fossil Fuels", **Encyclopedia of Renewable Energy, Sustainability and the Environment**, Ed. Rahimpour, M. R., Elsevier, pp.55-60.

BAIZ, P.: 2024 "Blockchain and Carbon Markets: Standards Overview", pp.1-14.

BAKAN, İ.: 2015 **Girişimcilik, KOBİler ve Strateji,** Ankara, Gazi Kitabevi.

BAKER, H.K.; POWELL, G.E.: 2005 **Understanding Financial Management: A Practical Guide,** Blackwell Publishg.

BAL, H.: 1999 **Uluslararası Finansman Dış Borç Yönetimi ve Türkiye,** Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

BALAT, M.: 2007 "Status of Fossil Energy Resources: A Global Perspective." **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy**, Vol. 2, No. 1, pp.31-47.

BALAT, M.; AYAR, G.:2005 "Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends." **Energy sources**, Vol. 27, No. 10, pp.931-940.

BALAYEV, İ.: 2020 "Dünya Petrol Üretimi ve Fiyatları 2009-2019 Yılları Azerbaycan ve Opec Ülkeleri için Karşılaştırmalı Analiz." **International Journal of Social and Humanities Sciences Research**, Cilt 7, Sayı 63, s.3888-3893.

BAKER, J., LOVELL, K., & HARRIS, N.: 2006 "How Expert Are The Experts? An Exploration of The Concept of 'Expert'within Delphi Panel Techniques." **Nurse researcher**, Vol 14, No 1, pp.59-70.

BAŞTÜRK, F.: 2008 "Finansal Kiralama Sözleşmesinin Şekli Ve Tescili Veya Şerhi", **Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi,** Cilt 57, Sayı 4, s.99-133.

BAYAZITLI, E., ÖZDEMİR, F.S., ÇOLAK, A.: 2015 "Risk Sermayesi Yatırımı Ve Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Örnek Olay İncelemesi", **Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 8, Sayı 3, s.83-100

BAYKAL, N.; BEYAN, T.: 2004 **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri**, Birinci Baskı, Bıçaklar Kitabevi, Ankara 2004.

BAYRAÇ, H. N.: 2018 "Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Yapısı ve Uygulanan Politikalar." **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 13, Sayı 3, s.13-36.

BAYRAÇ, H. N.; ÖZARSLAN, B.: 2018 "Biyokütle Enerjisi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ampirik Bir Analizi: Türkiye Örneği."

Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 8, Sayı 17, s.1-17.

BELLEFLAMME, P., LAMBERT, T., & SCHWIENBACHER, A.: 2010 — **Crowdfunding: An Industrial Organization Perspective,** In Prepared for the Workshop Digital Business Models: Understanding Strategies', Held in Paris on June: 25-26.

BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A.: 1970 — "Decision-Making in a Fuzzy Environment." **Management Science**, Vol 17, No 4, pp.141-164.

BENLİ, F., TOPUZ, G., & CEVİZ, E.: 2014 — "Kamu Özel Ortaklığı İle Yapılan Entegre Sağlık Kampüsü Projelerinin Mali Analizi Ve Riske Maruz Değer (Var) Metodolojisi Altında Kur Riski Ölçümlemesi", **Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Cilt 14, Sayı 28, s.209-226.

BENSOUSSAN, A., CHEVALIER-ROIGNANT, B., & RIVERA, A.: 2021 — "Does Performance-Sensitive Debt Mitigate Debt Overhang?", **Journal of Economic Dynamics and Control,** Vol 131.

BERNARDINO, S.; SANTOS, J. F.: 2020 — "Crowdfunding: An Exploratory Study on Knowledge, Benefits and Barriers Perceived by Young Potential Entrepreneurs", **Journal of Risk and Financial Management**, Vol 13, No 4, pp.1-24.

BHAVANA, G. B., vd.: 2024 — "Applications of Blockchain Technology in Peer-To-Peer Energy Markets and Green Hydrogen Supply Chains: A Topical Review", **Scientific Reports**, Vol 14, No 1, pp.1-19.

BLOCKCHAIN TÜRKİYE PLATFORMU.: 2022 — Ülke Genelinde Uygulanabilir Enerji Sektörü Blockchain Kullanım Alanları, Avantajlar ve Riskler, Türkiye Bilişim Vakfı.

BLOCK, J. H., vd.: 2021 — "The Entrepreneurial Finance Markets of The Future: A Comparison of Crowdfunding and Initial Coin Offerings", **Small Bus. Econ.,** Vol 57, pp.865–882.

BLOOMFIELD, R.: 2010 "Traditional versus behavioral finance", **Behavioral Finance—Investors, Corporations, and Markets,** pp.23-38.

BOYACIOĞLU, R.: 1994 "Yatırım Projelerinin Ekonomik Analizinde Bir Yöntem: İç Karlılık Oranı", **Tarım Ekonomisi Dergisi**, Cilt 2, Sayı 1-2, s.89-99.

BRADFORD, C.S.: 2012 **Crowdfunding and the Federal Securities Laws,** Nebraska College of Law: Faculty Publications.

BRADLEY, M., vd.: 1984 "On the Existence of an Optimal Capital Structure: Theory and Evidence", **The Journal of Finance**, Vol 39, No 3, pp.857-878.

BREALEY, R. A., MYERS, S. C., & ALLEN, F.: 2011 **Principles of Corporate Finance,** International Edition, McGraw-Hill, New York.

BRIGHAM, E.F.; HOUSTON, J.F.: 2014 **Finansal Yönetimin Temelleri,** (Çev. N. Aypek), Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık.

BOURCET, C.; BOVARI, E.: 2020 "Exploring Citizens' Decision to Crowdfund Renewable Energy Projects: Quantitative Evidence from France", **Energy Economics**, Vol 88, pp.1-10.

BUFERNA, F. M., BANGASSA, K., & HODGKINSON, L.: 2005 "Determinants of Capital Structure Evidence From Libya", **Research Paper Series,** Vol 8, pp.1-31.

BUKALSKA, E.: 2019 "Testing trade-off theory and pecking order theory under managerial overconfidence", **International Journal of Management and Economics,** Vol 55, No 2, pp. 99-117.

BUSO, M., MORETTO, M., & ZORMPAS, D.: 2021 "Excess Returns in Public-Private Partnerships: Do Governments Pay Too Much?" **Economic Modelling**, Vol 102, pp.1-14.

BÜYÜKÖZKAN, G.; ÇİFÇİ, G.: 2012 "A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS to Evaluate Green Suppliers." **Expert Systems with Applications**, Vol 39, No 3, pp.3000-3011.

BÜYÜKÖZKAN, G., KARABULUT, Y., & MUKUL, E.: 2018 "A Novel Renewable Energy Selection Model for United Nations' Sustainable Development Goals." **Energy**, Vol. 165, pp.290-302.

BÜYÜKÖZKAN, G., KARABULUT, Y., & GÖÇER, F.: 2024 "Spherical Fuzzy Sets Based Integrated DEMATEL, ANP, VIKOR Approach and Its Application for Renewable Energy Selection in Turkey." **Applied Soft Computing**, Vol. 158, pp.1-21.

CABLES, E., vd.: 2012 "The LTOPSIS: An alternative to TOPSIS decision-making approach for linguistic variables." **Expert Systems with Applications**, Vol 39, No 2, pp.2119-2126.

CANBAZ, M. F.; ÇONKAR, M. K.: 2018 "Girişimcilere Faizle Borçlanmaya Alternatif İslami Bir Yöntem: Kitle Fonlaması", **Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi,** Cilt 10, Sayı 18, s.37-55.

CASSAR, G.; HOLMES, S.: 2003 "Capital Structure and Financing of SMEs: Australian Evidence," **Accounting and Finance,** Vol 43, pp.127-140.

CASTILLO, O.; MELIN, P.: 2014 "A Review on Interval Type-2 Fuzzy Logic Applications in İntelligent Control." **Information Sciences**, Vol 279, pp.615-631.

CEBALLOS, B., LAMATA, M. T., & PELTA, D. A.: 2016 "A Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods." **Progress in Artificial Intelligence**, Vol 5, pp.315-322.

CERKOVSKIS, E., GAJDOSIKOVA, D., & CIURLAU, C. F.: 2022 "Capital Structure Theories: Review of Literature", **Ekonomicko-Manazerske Spektrum,** Vol 16, No 1, pp.12-24.

CEYLAN, A.; KORKMAZ, T.: 2008 **İşletmelerde Finansal Yönetim,** Bursa, Ekin Kitabevi.

CHAKRAVERTY, S., vd.: 2019 "Concepts of Soft Computing Fuzzy and ANN with Programming" **Defuzzification**. Ed. Chakraverty, S., Sahoo, D. M., & Mahato, N. R., Springer, pp.117-127.

CHANCE, C.: 1991 **Project Finance,** London, IFR Publishing Ltd.

CHANG, B., CHANG, C. W., & WU, C. H.: 2011 "Fuzzy DEMATEL Method for Developing Supplier Selection Criteria." **Expert systems with Applications**, Vol 38, No 3, pp.1850-1858.

CHEN, C. T.: 2000 "Extensions of The TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment." **Fuzzy Sets And Systems**, Vol 114, No 1, pp.1-9.

CHEN, J.: 2021 On The Theoretical Foundation Of Corporate Finance, **Structural Change and Economic Dynamics,** Vol 59, pp.256-262.

CHEN, C. T., LIN, C. T., & HUANG, S. F.: 2006 "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management." **International Journal of Production Economics**, Vol 102, No 2, pp.289-301.

CHEN, X.; QIAO, W.: 2023 "A Hybrid STAMP-Fuzzy DEMATEL-ISM Approach for Analyzing the Factors Influencing Building Collapse Accidents in China." **Scientific reports**, Vol 13, No1.

CHEN, Y.; BELLAVITIS, C.: 2020 "Blockchain Disruption and Decentralized Finance: The Rise of Decentralized Business Models", **Journal of Business Venturing Insights**, Vol 13, pp.1-8.

CHEN, L.Y.; WANG, T.C.: 2009 "Optimizing Partners Choice in IS/IT Outsoutcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR", **International Journal of Production Economics**, Vol 120, No 1, pp. 233-242.

CHENG, G., vd.: 2024 "Sovereign Green Bonds: A Catalyst for Sustainable Debt Market Development?", **International Monetary Fund**, pp.1-29.

CHOU, Y. C., vd.: 2019 "Assessing the Human Resource in Science and Technology for Asian Countries: Application of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS." **Symmetry**, Vol 11, No 2, pp.1-16

CLACK, C. D., BAKSHI, V. A., & BRAINE, L.: 2016 "Smart Contract Templates: Foundations, Design Landscape and Research Directions", pp.1-15.

CLARK, J. J., HİNDELANG, T. J., & PRİTCHARD, R. E.:1989 "**Capital Budgeting: Planning and Control of Capital Expenditures**", Prentice-Hall International 3rd Edition.

CLIFTON, J.; PAL, L. A. (2022). "The Policy Dilemmas of Blockchain", **Policy and Society**, Vol 41, No 3, pp.321-327.

COCHRANE, J. H.: 2005 "The Risk and Return of Venture Capital" **Journal of Financial Economics**, Vol 75, No 1, pp.3-52.

COVIELLO, M., GOLLÁN, J., & PÉREZ, M.: 2012 "Public-private Partnerships in Renewable Energy in Latin America and The Caribbean.

ÇABUK, A.; LAZOL, İ.: 2013 **Mali Tablolar Analizi,** Ekin Basım Yayın Dağıtım.

ÇANAKÇIOĞLU, M.: 2023 "Sürdürülebilir Ekonomik Kalkınma Çerçevesinde Yeşil Büyüme ve Yeşil Finans", **Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 6, Sayı 4, s.537-554.

ÇELİK, M. T.; YILDIZ, A.: 2024 "Evaluation of Factors Affecting Innovation Productivity by Pythagorean Fuzzy AHP Method." **Verimlilik Dergisi**, pp.89-106.

ÇETİN, D.T.: 2021 "Çevre Dostu Proje Finansmanında İslami Sermaye Piyasası Aracı Olarak Yeşil Sukuk", **Sosyal**

Bilimlerde Ekonomi-Politik Yazılar, Ed. V. Yılmaz, Ankara, İKSAD.

ÇONKAR, M.K., CANBAZ, M.F.: 2018 "Kitle Fonlaması Finansman Yöntemi: Türkiye'de Sistemin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler", **Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, Cilt 5, Sayı 2, s.119-132.

ÇUBUKÇU, C.: 2017 "Kitlesel Fonlama: Türkiye'deki Kitlesel Fonlama Platformları Üzerinden Bir Değerlendirme", **Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi,** Cilt 6, Sayı 2, s.155- 172.

DA RIN, M., NICODANO, G., & SEMBENELLI, A.: 2006 "Public Policy and The Creation of Active Venture Capital Markets", **Journal of Public Economics**, Vol 90, No 8-9, pp.1699-1723.

DALALAH, D., HAYAJNEH, M., & BATIEHA, F.: 2011 "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Supplier Selection." **Expert Systems with Applications**, Vol 38, No 7, pp.8384-8391.

DASMAN, S.: 2021 "Analysis of Return and Risk of Cryptocurrency Bitcoin Asset as Investment Instrument" **Accounting and Finance Innovations**, Vol 51.

DATTA, A., vd.: 2011 "Green energy sources (GES) selection based on multi-criteria decision analysis (MCDA)", **International Journal of Energy Sector Management**, Vol 5, No 2, pp.271-286.

DE BROECK, W.: 2018 "Crowdfunding Platforms for Renewable Energy Investments: An Overview of Best Practices in The EU", **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, Vol 15, pp.3-10.

DE BUYSERE, K., vd.: 2012 **A Framework for European Crowdfunding,** European Crowdfunding Network, Brüksel.

DEESOMSAK, R., PAUDYAL, K., & PESCETTO, G.:2004 "The Determinants of Capital Structure: Evidence from The Asia Pacific Region." **Journal of multinational financial management**, Vol 14, No 4-5, pp.387-405.

DEMİRBAŞ, A.: 2001 "Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuels and Chemicals." **Energy Conversion and Management**, Vol 42, No 11, pp.1357-1378.

DEMİRCİ, N.S.: 2021 Uluslararası Finansal Piyasalar ve Finansal Araçlar, **Uluslarrası Finans Araştırmaları,** Ankara, Gazi Kitabevi.

DICKSON, M. H.; FANELLI, M.: 2013 "Geothermal Background", **Geothermal Energy: Utilization and Technology**. Ed. Dickson, M. H., & Fanelli, M., Routledge, pp.1-27.

DIJKMAN, J. G., VAN HAERINGEN, H., & DE LANGE, S. J.: 1983 "Fuzzy Numbers." **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, Vol 92, No 2, pp.301-341.

DINH, J. M., ISAAK, A. J., & WEHNER, M. C.: 2024 "Sustainability-Oriented Crowdfunding: An Integrative Literature Review." **Journal of Cleaner Production**, Vol 448, pp.1-38.

DİNÇER, H., vd.: 2019 "Strategy Selection for Organizational Performance of Turkish Banking Sector with The Integrated Multi-Dimensional Decision-Making Approach" **In: Handbook of Research on Contemporary Approaches in Management and Organizational Strategy**, Ed. Doğru, Ç., IGI Global, pp.273-291.

DİNÇER, H.; YÜKSEL, S.: 2018 "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Finans Sektöründeki Uygulamasına Yönelik Yapılmış Çalışmaların Analizi." **Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi**, Cilt 1, Sayı 1, s.1-16.

DİNÇER, F., ATİK, İ., YILMAZ, Ş., & ÇINGI, A.: 2017 "Hidrolik Enerjisinden Yararlanmada Ülkemiz ve Gelişmiş Ülkelerin Mevcut Durumlarının Analizi." **Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi**, Cilt 8, No 3, s.555-561.

DOĞAN, E.; NARİN, M.: 2024 "Enerji Sektöründe Dijitalleşme ve Blokzincir Teknolojisindeki Gelişmenin Ekonomik Etkileri", Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi, Cilt 10, Sayı 1, s.125-148.

DONADI, E., vd.: 2024 "Resilient Public-Private Partnerships: A Regional and Multi-Sectoral Toolkit From Preparation to Sustainable Project Financing, pp.1-109.

DONASTORG, A., RENUKAPPA, S., & SURESH, S.: 2017 "Financing Renewable Energy Projects in Developing Countries: A Critical Review", **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Vol 83, No 1.

DROBETZ, W., R. FIX, 2003 "What are the Determinants of the Capital Structure? Evidence from Switzerland", **Swiss Journal of Economics and Statistics,** Vol 141, pp.1–37.

DUAN, K., PANG, G., & LIN, Y.: 2023 "Exploring the current status and future opportunities of blockchain technology adoption and application in supply chain management." **Journal of Digital Economy**, Vol 2, pp.244-288.

DURAND, D.: 1959 "The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment: Comment", **The American Economic Review**, Vol 49, No 4, pp.639–655.

DURUKAL, O.; TEKELİ, R.: 2016 "Yerel Yönetimler İçin Ulaşılabilir Hibe Kaynakları", **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,** Cilt 3, Sayı 3, s.36-43.

DÜNDAR, S., ECER, F., ÖZDEMİR, Ş.: 2007 "Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi," **Atatürk Üniversitesi**

İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 21, Sayı1, 2007, s.287-305.

DYMOVA, L., SEVASTJANOV, P., & TIKHONENKO, A.: 2013 "An Approach to Generalization of Fuzzy TOPSIS Method." **Information Sciences**, Vol 238, pp.149-162.

ECE, O.; ULUDAĞ, A. S.: 2017 "Applicability of Fuzzy TOPSIS Method in Optimal Portfolio Selection and An Application in BIST." **International Journal of Economics and Finance**, Vol 9, No 10, pp.107-127.

ECER, F.: 2006 "Bulanık Ortamlarda Grup Karar Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy Topsis ve Bir Uygulama." **Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt 7, Sayı 2, s.77-96.

EFUNTADE, A.O.; EFUNTADE, O.O.: 2023 "SWOT Analysis of Blockchain Funding, Platform Finance, Financial Big Data and Financial Engineering Under the Background of Financial Innovation and Technology", **International Journal of Economics and Financial Management,** Vol 8, No 4, pp.18-38.

ELA, M.: 2019 "Yeşil Sukuk ve Türkiye'de Uygulanabilirliği", **Yönetim ve Ekonomi**, Cilt 26, Sayı 1, s.221-237.

ELDRIDGE, D., NISAR, T. M., & TORCHIA, M.: 2021 "What Impact Does Equity Crowdfunding Have On SME İnnovation And Growth? An Empirical Study", **Small Business Economics**, Vol 56, No 1, pp.105-120.

ELGAMMAL, M. M., AL BAKRI, A. A., & ALJANAHI, A. Y.: 2023 "The Effect of New and Traditional Sources of Financing on the Performance of Small and Entrepreneurship Businesses: The Case of Qatar", **Cogent Economics & Finance**, Vol 11, No 2, pp.1-23.

ELİBÜYÜK, U.; ÜÇGÜL, İ.: 2014 "Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri." **Yekarum**, Cilt 2, Sayı 3, s.1-14.

ELLABBAN, O., ABU-RUB, H., & BLAABJERG, F. (2014). "Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology." **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, 39, pp.748-764.

ELMAS, M.: 2019 "Petrol Endüstrileri ve Petrol İhraç Eden Ülkeler." **Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 1, Sayı 3, s.29-41.

EMEKLİER, B.; ERGÜL, N.: 2010 "Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik." **Bilge Strateji**, Cilt 2, Sayı 3, s.59-85.

ENGEL, E., FISCHER, R., & GALETOVIC, A.: 2013 "The Basic Public Finance of Public–Private Partnerships" **Journal of The European Economic Association**, Vol 11, No 1, pp.83-111.

ENGİN, N.: 2010 "Enerji Kaynağı Olarak Doğalgaz ve Türkiye." **Marmara Coğrafya Dergisi**, Sayı 22, s.233-244.

ER, B., ŞAHİN, Y., & MUTLU, M.: 2015 "Girişimciler İçin Alternatif Finansman Kaynakları: Mevcut Durum ve Öneriler", **Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi**, Cilt 1, Sayı 1, s.31-54

ERCAN, M.K.; BAN, Ü.: 2005 **Değere Dayalı İşletme Finansı: Finansal Yönetim,** Ankara, Gazi Kitabevi.

ERDOĞAN, A. İ.: 2018 "Factors Affecting SME Access to Bank Financing: An İnterview Study With Turkish Bankers", **Small Enterprise Research**, Vol 25, No 1, pp.23–35.

ERTUĞRUL, İ.: 2006 "Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı." **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 20, Sayı 1, s.155-176.

ERTUĞRUL, İ.; KARAKAŞOĞLU, N.: 2008 "Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection." **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol 39, pp.783-795.

ERTÜRK, H.; SAYILGAN, G: 2014 "Girişim sermayesi fonları ve bu fonların geliştirilmesinde kamunun rolü", **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt 43, Sayı 2, s.293-318.

ERVURAL, B. C., vd.: 2018 "An ANP and Fuzzy TOPSIS-Based SWOT Analysis for Turkey's Energy Planning." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol 82, pp.1538-1550.

ESMAEILZADEH, P.; MIRZAEI, T.: 2023 "Role of Incentives in The Use of Blockchain-Based Platforms for Sharing Sensitive Health Data: Experimental Study." **Journal of Medical Internet Research**, Vol 25, pp.1-22.

"Crowdfunding and ESF opportunities: future perspectives for managing authorities", (Çevrimiçi)

EUROPEAN INVESTMENT BANK, 2016 "Crowdfunding and ESF Opportunities: Future Perspectives for Managing Authorities", (Çevrimiçi), 18 Eylül 2024.

EWENS, M., NANDA, R., & RHODES-KROPF, M.: 2018 "Cost of Experimentation and The Evolution of Venture Capital" **Journal of Financial Economics**, Vol 128, No 3, pp.422-442.

FABOZZI, F.J., P.P. PETERSON, 2002 **Capital Budgeting: Theory and Practice,** John Wiley & Sons Inc., USA.

FAHAD, M.; AREEBA, K.: 2022 "Green Sukuk Impetus: A Systematic Review." **SSRN Electronic Journal**, pp.1-32.

FENG, Y., vd.: 2023 "Asymmetrically Examining the Impact of Green Finance and Renewable Energy Consumption on Environmental Degradation and Renewable Energy Investment: The Impact of the COVID-19 Outbreak

on the Chinese Economy. **Energy Reports**, Vol 9, pp.5458-5472.

FLAMMER, C.: 2020 "Green Bonds: Effectiveness and Implications for Public Policy", **Environmental and Energy Policy and the Economy**, Vol 1, No 1, pp.95-128.

FLAMMER, C.: 2021 "Corporate Green Bonds", **Journal of Financial Economics**, Vol 142, No 2, pp.499-516.

FRANCESCHET, M.; DELLA LIBERA, D.: 2023 "Return on NFTs. **Frontiers in Blockchain**", Vol 6, pp.1-11.

FU, Q., LIU, L. & WANG, H.: 2023 "Role of Fossil Fuels Resources on High-Quality Economic Development: Evidence from China." **Resources Policy**, Vol. 86 pp.1-7.

FRONTALI, C.: 2014 "History of Physical Terms:'Energy'". **Physics Education**, Vol. 49, No. 5, pp.564-573.

FU, J.; NG, A. W.: 2021 "Scaling up Renewable Energy Assets: Issuing Green Bond via Structured Public-Private Collaboration for Managing Risk in An Emerging Economy", **Energies**, Vol 14, No 11, pp.1-16.

GABISON, G.A.: 2015 **Understanding Crowdfunding and its Regulations,** Luxembourg, Publications Office of the European Union.

GALBIS, V.: 1991 "Financial Leasing", **The IMF's Statistical Systems in Context of Revision of the United Nations' A System of National Accounts,** International Monetary Fund.

GANDHI, S., VD.: 2015 "Evaluating Factors in Implementation of Successful Green Supply Chain Management Using DEMATEL: A Case Study", **International Strategic Management Review**, Vol 3, No 1, pp.96-109.

GAYATHRI, C., VD.: 2022 "Analysis of Operational and Financial Performance of Ports: An Integrated Fuzzy DEMATEL-TOPSIS Approach." **Benchmarking: An International Journal**, Vol 29, No 3, pp.1046-1066.

GAZI, K. H., RAISA, N., BISWAS, A., AZIZZADEH, F., & MONDAL, S. P.: 2025 "Finding the Most Important Criteria in Women's Empowerment for Sports Sector by Pentagonal Fuzzy DEMATEL Methodology." **Spectrum of Decision Making and Applications**, Vol 2, No 1, pp.28-52.

GEMRA, K.: 2021 "Świadomość Funkcjonowania Green Bonds Na Polskim Rynku Obligacji Korporacyjnych" **Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie**, Vol 61, No 4, pp.30–38.

GEREKLİOĞLU DÜZAKIN, H.: 2013 **İşletme Finansmanı Excel Çözümlü Örneklerle,** Ankara, Seçkin Yayıncılık

GERI, L. R.; MCNABB, D. E.: 2011 **Energy Policy in the US: Politics, Challenges, and Prospects for Change**, Taylor&Francis, New York.

GHADERI, M., vd.: 2024 "Positioning of Aerial Ambulances to Improve Health Care Access: A Framework Using Fuzzy DEMATEL and Fuzzy ANP." **International Journal of Healthcare Management**, Vol 17, No 2, pp.367-378.

GIANFRATE, G.; PERI, M.: 2019 "The Green Advantage: Exploring The Convenience of Issuing Green Bonds" **Journal of Cleaner Production**, Vol 219, pp.127-135.

GOLDTHAU, A.: 2011 **The Handbook of Global Energy Policy**. John Wiley & Sons.

GÖKALP, E., ÇOBAN, S., & GÖKALP, M. O.: 2019 "Acceptance of Blockchain Based Supply Chain Management System: Research Model Proposal", **2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK)**, Ankara, Turkey.

GÖKDEMİR, M., KÖMÜRCÜ, M. İ., & EVCİMEN, T. U.: 2012 "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış." **Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi**, Cilt 471, Sayı 57, s.18-26.

GRIMSEY, D.; LEWIS, M. K.: 2004 **"Public Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance"** Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

GUILLOCHON, J.: 2022 "The Role of Media, Policy and Regional Heterogeneity in Renewable Energy Project Crowdfunding", **Energy Economics,** Vol 115, pp.1-11.

GÜÇLÜ, F.; CANBAZ, M.F.: 2024 "Paya Dayalı Kitle Fonlaması Literatürünün On Yılının Bibliyometrik Analizi", **Politik Ekonomik Kuram**, Cilt 8, Sayı 3, s.814-833.

GÜNDOĞDU, F. K.; KAHRAMAN, C.: 2019 "A Novel Fuzzy TOPSIS Method Using Emerging Interval-Valued Spherical Fuzzy Sets." **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, Vol 85, pp.307-323.

HACIPAŞAOĞLU, M.; ŞENCAN, O.: 2019 **Startup Hukuku: Avukatınızdan, Yatırımcınızdan ve Rakiplerinizden Daha Becerikli Olun,** Sola Yayınları.

HALKOS, G. E., GKAMPOURA, E. C.: 2020 "Reviewing Usage, Potentials, and Limitations of Renewable Energy Sources." **Energies**, Vol. 13, No. 11, pp. 1-9.

HAMILTON, J. D.: 2011 "Historical Oil Shocks." **National Bureau of Economic Research**, pp.2-51.

HAN, R., vd.: 2022 "How Can Incentive Mechanisms and Blockchain Benefit with Each Other? A Survey." **ACM Computing Surveys**, Vol 55, No 7, pp.1-38.

HARAKEH, M., vd.: 2024 "The Impact of Blockchain Adoption on Corporate Investment Efficiency." **Economics Letters**, Vol 236, pp.1-4.

HARRIS, R.S.; CHAPLINSKY, S.J.: 2006 **Capıtal Structure Theory: A Current Perspectıve,** Darden Business Publishing, University of Virginia.

HARRİS, M.; RAVIV, A.: 1990 "Capital Structure and the Informational Role of Debt", **Journal of Finance,** Vol 45, pp.321-349.

HARRIS, M.; RAVIV, A.: 1991 "The Theory of Capital Structure", **Journal of Finance**, Vol 46, No 1, pp.297-355.

HAYLİ, S.: 2001 "Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu." **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt 11, Sayı 1, s.1-26.

HE, L., vd.: 2019 "Green Credit, Renewable Energy Investment and Green Economy Development: Empirical Analysis Based on 150 Listed Companies of China", **Journal of Cleaner Production**, Vol 208, pp.363-372.

HEMER, J.: 2011 "A Snapshot On Crowdfunding", **Arbeitspapiere Unternehmen Und Regio** (No. R2/2011).

HEMINWAY, J. M.: 2021 **The Legal Regulation of US Crowdfunding: An Organically Evolving Patchwork**. "In Legal Aspects of Crowdfunding, Cham: Springer International Publishing, pp. 271-290.

HENDON, R.; BELL, R.: 2011 "Gender-Based Attitudes And Preference Regarding Start-Up And Ongoing SME Financing, Financial Structure And Risk", **Small Business Institute Journal,** Vol 7, No 1.

HERMESMANN, M.; MULLER, T. E.: 2022 "Green, Turquoise, Blue, or Grey? Environmentally Friendly Hydrogen Production in Transforming Energy Systems." **Progress in Energy and Combustion Science**, Vol 90.

HERRERA, F.; HERRERA-VIEDMA, E.: 2000 "Linguistic Decision Analysis: Steps for Solving Decision Problems Under Linguistic Information." **Fuzzy Sets and Systems**, Vol 115, No 1, pp.67-82.

HERWEIJER, C., WAUGHRAY, D., & WARREN, S.: 2018 "Building Block (Chain)s for A Better Planet. **In World Economic Forum**, pp. 1-37.

HİÇDURMAZ, B.: 2022 "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Politikaları." **Social Sciences Studies Journal (SSSJournal)**, Cilt 5, Sayı 34, s.2223-2230.

HINE, S.; PRITCHETT, J.: 2003 "Real Option Analysis: An Overview of the Process and How It Can be Applied to Agribusiness: Part I", **Agribusiness Financial Report.**

HOFSTRAND, D.: 2023 "Capital Budgeting Basics", Iowa State Universty, (Çevrimiçi) https://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/pdf/c5-240.pdf, 22 Eylül 2024.

HOSSIN, M. A., vd.: 2024 "Examining Public Private Partnership Investment in Energy Towards Achieving Sustainable Development Goal 7 for ASEAN Region", **Scientific Reports**, Vol 14, No 1, pp.1-16.

HOQUE, M. M.: 2024 "Crowdfunding for Innovation: A Comprehensive Empirical Review." **Future Business Journal**, Vol 10, No 1, pp.1-19.

HORNUF, L.; SCHMITT, M.: 2016 "Success and Failure in Equity Crowdfunding", **CESifo DICE Report**, Vol 14, No 2, pp.16-22.

HOU, H., WANG, Y., & ZHANG, M.: 2023 "Green Finance Drives Renewable Energy Development: Empirical Evidence from 53 Countries Worldwide", **Environmental Science and Pollution Research**, Vol 30, pp.80573-80590.

HUANG, Y., vd.: 2021 "Do The Rich Get Richer? Fairness Analysis for Blockchain Incentives." **Proceedings of The 2021 International Conference on Management of Data**, pp.790-803.

HUANG, Q.: 2022 "Selecting Sustainable Renewable Energy-Powered Desalination: An MCDM Framework Under Uncertain and Incomplete Information", **Clean Technologies and Environmental Policy**, pp.1-18.

HWANG, C.L.; YOON, K.: 1981 "Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications", Springer, Berlin Heidelberg.

HOTA, H. S., SHARMA, L. K., & PAVANI, S.: 2014 "Fuzzy TOPSIS Method Applied for Ranking of Teacher in Higher Education." **In Intelligent Computing, Networking, and Informatics: Proceedings of the International Conference on Advanced Computing, Networking, and Informatics,** Springer, India**,** pp. 1225-1232.

IBBOTSON, G. R.; RITTER, J.R.: 1995 "Chapter 30 Initial Public Offerings", **Handbooks in Operations Research and Management Science**, Vol 9, pp.993–1016.

ICMA: 2017 ""Green Bond Principles: Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds", **International Capital Market Association**. https://www.icmagroup.org

IEA: 2024 "World Energy Outlook 2024", (Çevrimiçi) https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024, e.t. 12.04.2025

IEA: 2024 "Global Hydrogen Review 2024", (Çevrimiçi) https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024/hydrogen-production, e.t. 18.04.2025

IMBODEN, D. M.: 2001 "Nachhaltigkeit Globaler Energiesysteme." **Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich**, Vol. 28, pp.68-80.

IQBAL, M.; MATULEVIČIUS, R.: 2019 "Blockchain-based Application Security Risks: A Systematic Literature Review." **International Conference on Advanced Information Systems**

Engineering, Springer International Publishing, pp.176-188.

IRENA: 2024 "Renewable Energy Statistics 2024." (Çevrimiçi), https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/Renewable-energy-statistics-2024, e.t. 15.04.2025

ISAAC, O.; OLUWADAMILARE, A.: 2025 "Blockchain and Legal Systems: Challenges and Opportunities in Regulation" (Çevrimiçi), https://www.researchgate.net/publication/387971053_Blockchain_and_Legal_Systems_Challenges_and_Opportunities_in_Regulation, e.t. 15.02.2025.

ISHIZAKA, A., SIRAJ, S., & NEMERY, P.: 2016 "Which Energy Mix for The UK (United Kingdom)? An Evolutive Descriptive Mapping with The Integrated GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid)–AHP (Analytic Hierarchy Process) Visualization Tool", **Energy**, Vol 95, pp. 602-611.

IŞIKLI, S.: 2008 "Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler." Ankara Üniversitesi, DTCF, Felsefe Bölümü, Doktora Öğrencisi Tezi, s.1-19.

İLKILIÇ, Z.: 2016 "Türkiye'de rüzgâr enerjisi ve rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimi." **Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi**, Cilt 6, Sayı 2/2, s.1-13.

İNAN, İ., AKBULUT, İ., & ASLAN, E.: 2018 "Enerji Sorununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarinin Yeri ve Önemi." **Türk Dünyası Araştırmaları**, Cilt 120 Sayı 237, s.11-40.

JAIN, V., vd.: 2018 "Supplier Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS: A Case Study in The Indian Automotive Industry." **Neural Computing and Applications**, Vol 29, No 7, pp.555-564.

JUREVIČIENĖ, D.; IVANOVA, O.: 2013 "Behavioural Finance: Theory and Survey", **Science–Future of Lithuania/Mokslas–Lietuvos Ateitis**, Vol 5, No 1, pp.53-58.

KAARTEMO, V.: 2017 "The Elements Of A Successful Crowdfunding Campaign: A Systematic Literature Review Of Crowdfunding Performance" **International Review of Entrepreneurship**, Vol 15, No 3.

KAHRAMAN, C., KAYA, İ., & CEBİ, S.: 2009 "A Comparative Analysis for Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process", **Energy**, Vol 34, No 10, pp.1603-1616.

KAKILLI ACARAVCI, S.: 2015 "The Determinants of Capital Structure: Evidence from the Turkish Manufacturing Sector", **International Journal of Economics and Financial Issues**, Vol 5, No 1, pp.158-171.

KALAYCI, İ.: 2018 "Enerji Yatırımlarında Kamu-Özel İşbirliği (KÖİ) Modeli: Kuramsal Çerçeve", **Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**, Cilt 5, Sayı 4, s.48-61.

KALKAN, Y.: 2023 "An Overview of Capital Budgeting Methods", **New Frontiers in Social, Human and Administrative Sciences,** İzmir, Duvar Yayınları.

KAMOUNE, A.; IBENRISSOUL, N.: 2022 "Traditional versus Behavioral Finance Theory", **International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, IJAFAME, Theoretical Research**, Vol 3, No 2, pp. 282-294.

KANELLAKIS, M., MARTINOPOULOS, G., & ZACHARIADİS, T.: 2013 "European Energy Policy—A Review." **Energy Policy**, Vol. 62, pp.1020-1030.

KANDIR, S. Y.; YAKAR, S.: 2017 "Yeşil Tahvil Piyasaları: Türkiye'de Yeşil Tahvil Piyasasının Geliştirilebilmesi İçin Öneriler", **Journal of the Cukurova University Institute of Social Sciences**, Cilt 26, Sayı 2, s.159-175.

KARADENİZ, E.: 2008 **Türk Konaklama İşletmelerinde Sermaye Yapısını Etkileyen Faktörlerin Analizi**, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

KARADOĞAN, A., vd.: 2001 "Bulanık Küme Teorisinin Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılabilirliği." **Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi**, Cilt 17, s.95-102.

KARATAŞ, İ.: 2018 "Bulanık Mantık ile Klasik ve Sembolik Mantık İlişkisi (Karşılaştırılması)." **European Journal of Educational and Social Sciences**, Cilt 3, Sayı 2, s.144-163.

KARAYILMAZLAR, S., vd.: 2011 "Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi." **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt 13, Sayı 19, s.63-75.

KARATEPE KAYA, M.: 2024 "Bir Kıymetli Evrak Türü Olarak Sukukun Sürdürülebilir Hedefler İçin Kullanılması: Yeşil Sukuk Üzerine Bir Analiz", **Akdeniz Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi**, Cilt 14, Sayı 1, s.443-472.

KELES, S.: 2011 "Fossil Energy Sources, Climate Change, and Alternative Solutions." **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, Vol. 33 No.12, pp.1184-1195.

KESKENLER, M. F.; KESKENLER, E. F.: 2017 "Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi." **Takvim-i Vekayi**, Cilt 5, Sayı 1, s.1-10.

KESKİN, G. A.: 2015 "Using Integrated Fuzzy DEMATEL and Fuzzy C: Means Algorithm for Supplier Evaluation and Selection." **International Journal of Production Research**, Vol 53, No 12, pp.3586-3602.

KESTER. C. W.: 1986 "Capital and Ownership Structure: A Comparison of United States and Japanese Manufacturing Corporations", **Financial Management**, Vol 15, No 1, pp.5–16.

KHACEF, K., PUJOLLE, G.: 2019 "Secure Peer-to-Peer communication based on Blockchain", **Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications,** Cham, Springer.

KILIÇ, F. Ç.: 2015 "Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri." **Mühendis ve Makina**, Cilt 56, Sayı 671, s.28-40.

KILIÇ, F. Ç.; KILIÇ, M. K.: 2013 "Jeotermal Enerji ve Türkiye." **Mühendis ve Makina**, Cilt 54, Sayı 639, s.45-56.

KILLINGTVEIT, Å.: 2014 **Hydroelectric Power**. Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet. Elsevier Inc., pp. 453–470.

KINNEY, M.R.; RAIBORN, C.A.: 2008 **Cost Accounting: Foundations and Evolutions,** Cengage Learning, Canada.

KIZILKAYA, F.: 2023 "Türkiye'de Temiz Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Uzun ve Kısa Dönem Analizi." **Uluslararası Akademik Birikim Dergisi**, Cilt 6, Özel Sayı, s.40-47.

KLONOWSKI, D.: 2014 **Strategic Entrepreneurial Finance: From Value Creation to Realization,** London, Routledge.

KOÇ, E.; KAYA, K.: 2015 "Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu." **Mühendis ve Makina**, Cilt 56, Sayı 668, s.36-47.

KORTEWEG, A.; SORENSEN, M.: 2010 "Risk and return characteristics of venture capital-backed entrepreneurial companies" **The Review of Financial Studies**, Vol 23, No 10, pp.3738-3772.

KOSKO, B.; ISAKA, S.: 1993 "Fuzzy logic." **Scientific American**, Vol 269, No 1, pp.76-81.

KOSZTOPULOSZ, A.: 2004 **Informal Venture Capital in Hungary,** Faculty of Economics and Business Administration, University of Szeged, Hungary.

KOTLER, P., J. SOMKİD, S. MAESİNCEE, 2000 **Ulusların Pazarlanması,** (Çev. Ahmet Buğdaycı), İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

KUĞU, T. D.: 2004 "Finansman Yöntemi Olarak Risk Sermayesi", **Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt 11, Sayı 2, s.141- 153.

KUMAR, S.; SINGH, V.: 2024 "Underpinning Risk Dimensions of Sponsored Institutional R&D Projects Through Cutting-Edge Fuzzy TOPSIS and Fuzzy DEMATEL Approaches." **Kybernetes**, pp.1-27.

KUMAR, A., vd.: 2022 "Profitability Determinants of Infrastructure Public Private Partnerships (Ppps): Empirical Evidence from Indian Data." **Journal of Financial Management of Property and Construction**, Vol 27, No 1, pp.91-111.

KUNZ, M. M., vd.: 2017 **An Empirical Investigation of Signaling in Reward-Based Crowdfunding,** Electronic Commerce Research, New York, pp. 425-461.

KURNAZ, G.; BEDÜK, A.: 2017 "Türkiye'de ve Dünyada Melek Yatırımcılık", **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi**, Cilt 20, Sayı 1, s.27-40.

KURSHEV, A.; STREBULAES, I.A.: 2006 "Firm Size and Capital Structure," **Journal of Financial Economics**, Vol 43, No 2, pp.32-42.

KÜLEKÇİ, Ö. C.: 2009 "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi." **Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi**, Cilt 1, Sayı 2, s.83-91

LASHGARI, M.: 2024 "Sustainable Investments: Return and Risk", **Journal of Applied Business & Economics**, Vol 26, No 4.

LEE, C. W., & ZHONG, J.: 2015 "Financing and Risk Management of Renewable Energy Projects with a Hybrid Bond", **Renewable Energy**, Vol 75, pp. 779-787.

LEHNERTZ, N., PLAGMANN, C., & LUTZ, E.: 2022 "Why Deep Pockets Make Great Borrowers: An Empirical Analysis of Venture Loans", **Journal of Business Economics,** Vol 92, No 9, pp.1431-1453.

LERNER, J., NANDA, R.: 2020 "Venture Capital's Role in Financing Innovation: What We Know and How Much We Still Need To Learn", **Journal of Economic Perspectives**, Vol 34, No 3, pp.237-261.

LI, Y., vd.: 2022 "Fuzzy Multi-Attribute Information Fusion Approach for Finance Investment Selection with The Expert Reliability." **Applied Soft Computing**, Vol 126, pp.1-7.

LI, R. J.: 1999 "Fuzzy Method in Group Decision Making." **Computers & Mathematics with Applications**, Vol 38, No 1, pp.91-101.

LI, Y., ZHANG, Y., & SOLANGI, Y. A.: 2023 "Assessing ESG Factors and Policies of Green Finance İnvestment Decisions for Sustainable Development in China Using The Fuzzy AHP and Fuzzy DEMATEL." **Sustainability**, Vol 15, No 21, pp. 1-23.

LIN, C.J.; WU, W.W.: 2008 "A Causal Analytical Method for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment." **Expert Systems with Applications**, Vol34, No 1, pp.205-213.

LINDENBERG, N.: 2014 "Public instruments to leverage private capital for green investments in developing countries", **Discussion paper**, No. 4, pp.1-60.

LINDBERG, J.; JOHANSSON, R.: 2022 **Determinants of Capital Structure A Quantitative Study on Swedish Listed Firms**, Digitala Vetenskapliga Arkivet.

LIU, Y., vd.: 2023 "Assessing the Role of Green Finance in Sustainable Energy Investments by Power Utilities: Evidence from China. **Utilities Policy**, Vol 84.

LONG, P. D., vd.: 2024 "Financial Mechanisms for Energy Transitions: A Review Article", **Fulbright Review Of Economics And Policy**, Vol 4, No 2, pp.126-153.

LUTHRA, S., VD.: 2016 "Evaluating The Enablers in Solar Power Developments in The Current Scenario Using Fuzzy DEMATEL: An Indian Perspective." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol 63, pp. 379-397.

MA, L., vd.: 2023 "Are Public—Private Partnerships Still an Answer for Social Infrastructure? A Systematic Literature Review" **Frontiers of Engineering Management**, Vol 10, No 3, pp.467-482.

MA'AJI, M.M.; BARNETT, C.: 2019 "Determinantsof Capital Budgeting Practices and Risks Adjustment Among Cambodian Companies", **Archives of Business Research**, Vol 7, No 3, pp.171-182.

MACKEY, T.: 2015 "Crowdfunding: A New Untapped Opportunity for Biotechnology Start-ups?", **Journal of Commercial Biotechnology**, Vol 21, No 4, pp.15-14.

MAHMOOD, A., QASİM, M., VE KHAN, M. F. (2021). "Renewable Energy Policy Around The Globe." **Engineering and Applied Science Letters**, Vol. 4, No 3, pp.30-43.

MAHDEVARI, S., SHAHRIAR, K., & ESFAHANIPOUR, A.: 2014 "Human Health and Safety Risks Management in Underground Coal Mines Using Fuzzy TOPSIS." **Science of the Total Environment**, Vol 488, pp.85-99.

MALTAIS, A.; NYKVIST, B.: 2020 "Understanding The Role of Green Bonds in Advancing Sustainability" **Journal of Sustainable Finance & Investment**, pp.1-20.

MAMARO, L. P.: 2025 "The Role of Incentive Rewards in Successful Crowdfunding Campaigns in Africa"

MAMONOV, S.; MALAGA, R.: 2020 "A 2020 Perspective on "Success factors in Title III Equity Crowdfunding in The United States"", **Electronic Commerce Research and Applications**, Vol 40.

MANIGART, S., vd.: 2002 "Determinants of Required Return in Venture Capital Investments: A Five-Country Study." **Journal of Business Venturing**, Vol 17, No 4, pp.291-312.

MASON, C.M.; HARRİSON, R.T.: 2008 "Measuring Business Angel Investment Activity in the United Kingdom: A Review of Potential Data Sources", **Venture Capital: An International Journal of Entrepreneurial Finance**, Vol 10, No 4, pp.309-330.

MATUSEVICH, P. A.: 2021 Pros and Cons of Fossil Fuels.

MAZHER, K. M., vd.: 2022 "Identifying Measures of Effective Risk Management for Public–Private Partnership Infrastructure Projects in Developing Countries." **Sustainability**, Vol 14, No 21, pp.1-19.

MAZHER, K. M.: 2025 "Review of Studies on Risk Allocation and Sharing in Public-Private Partnership Projects For Infrastructure Delivery", **Frontiers in Built Environment**, Vol 11.

MCNEILL, F. M.; THRO, E.: 2014 **Fuzzy Logic: A Practical Approach**. Academic Press.

MEGGINSON, W. L., vd.: 2012 "The Choice of Privatization: An Empirical Analysis", **(**ed: Laurent L. Jacque, Paul M. Vaaler), **Financial Innovations and the Welfare of Nations: How Cross-Border Transfers,** New York, Springer Science and Business Media.

MENYEH, B. O.; ACHEAMPONG, T.: 2024 "Crowdfunding Renewable Energy Investments: Investor Perceptions and Decision-Making Factors in an Emerging Market", **Enery Research & Social Science**, Vol 114, pp.1-12.

MERDİVENCİ, F.; KARAKAŞ, H.: 2020 "Analysis of Factors Affecting Health Tourism Performance Using Fuzzy DEMATEL Method." **Advances in Hospitality and Tourism Research (AHTR)**,Vol 8, No 2, pp.371-392.

MEYSKENS, M.; BIRD, L.: 2015 "Crowdfunding and Value Creation." **Entrepreneurship Research Journal**, Vol 5, No 2, pp.155-166.

MISHKIN, F. S.; STRAHAN, P.E.: 1999 What Will Technology Do to Financial Structure?", **NBER Working Paper,** No: w6892.

MISRA, N., GUPTA, S., & RAO, T. J.: 2024 "Fintech's Role in Green Finance: Procuring Funds for Sustainable Energy", **International Research Journal of Multidisciplinary Scope**, Vol 5, No 2, pp.290-312.

MOHSENI, S.; BRENT, A. C.: 2024 "Blockchain Integration in Renewable Energy and Storage Technologies: An Exploration of Environmental Stewardship and Resilient Accountability", **IEEE Smart Cities Newsletter**.

MOLLICK, E.: 2014 "The Dynamics of Crowdfunding: An Exploratory Study", **Journal of Business Venturing**, Vol 29, pp.1–16.

MUKHERJEE, A., VD.: 2024 "Finance for Sustainability: A Systematic Review on Crowdfunding for Renewable Energy Projects", **Review of Financial Economics**, Vol 42, No 4, pp.467-490.

MURRAY, G. C.: 2007 "**Capital and Government Policy**", In Handbook of Research on Venture Capital. Edward Elgar Publishing.

MUSTAFA, A. M.: 2014 "Kamu Özel Sektör Ortaklıklarının Ekonomi Politiği" **Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt 21, Sayı 2, s.19-40.

MYERS, S.C.; MAJLUF, N.S.: 1984 "Corporate Financing and Investment Decisions When Firms Have Information that Investors Do Not Have", **Journal of Financial Economics**, Vol 13, pp.187-221.

MYERS, S.C.: 1984 "Capital Structure Puzzle'', **The Journol of Finance**, Vol 39, No 3, pp.1-33.

NĂDĂBAN, S., DZITAC, S., & DZITAC, I.: 2016 "Fuzzy TOPSIS: a General View." **Procedia Computer Science**, Vol 91, pp.823-831.

NANDA, R., SAMILA, S., & SORENSON, O.: 2020 "The Persistent Effect of Initial Success: Evidence From Venture Capital" **Journal of Financial Economics**, Vol 137, No 1, pp.231-248.

NADERI, N.; TIAN, Y. 2022 "Leveraging Blockchain Technology and Tokenizing Green Assets to Fill the Green Finance Gap", **Energy Research Letters**, Vol 3, No 3.

NARİN, M.; GHOLIZADEH, Y.: 2018 "Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarının Karşılaştırılması." **International Conference on Eurasian Economies,** s. 277-285.

NASR, S.: 2017 **Financial Leasing in Mena Region: An Analysis of Financial, Legal and Institutional Aspects,** Economic Research Forum.

NASROLLAHI, M., vd.: 2023 "Sustainable Logistics Systems Using Ai-Based Meta-Heuristics Approaches" **Modeling Resilient Supplier Selection Criteria in Desalination Supply Chain Based on Fuzzy DEMATEL And ISM**, Ed. Jiuping Xu, Mitsuo Gen, Zongmin Li, YoungSu Yun, Routledge, pp.101-115.

NEEDLES, B. E., POWERS, M., & CROSSON, S. V.: 2011 **Principles of Accounting,** Cengage Learning, USA.

NG, T. H., J. TAO, 2016 "Bond Financing For Renewable Energy İn Asia", **Energy Policy**, Vol 95, pp.509–517.

NIGAM, N., MBAREK, S., & BENETTI, C.: 2018 "Crowdfunding to Finance Eco-İnnovation: Case Studies from Leading Renewable Energy Platforms", **Journal of Innovation Economics & Management**, Vol 26, No 2, pp.195-219.

NITHYASRI, M.; MAHALAKSHMI K.: 2025 "Role of Venture Capital and Green Financing in SupportingSustainable Entrepreneurship" **International Journal of Business and Economics Research**, Vol 1, No 1, pp.1-12.

NIU, X.: 2008 "Theoretical and Practical Review of Capital Structure and its Determinants", **International Journal of Business and Management**, Vol 3, No 3, pp.133-139.

NIYAZBEKOVA, S., vd.: 2015 ""Green" Bonds – A Tool for Financing "Green" Projects in Countries", **E3S Web of Conferences**, Vol 244, pp.1–8.

NKINYAM, C. M., VD.: 2025 "Exploring Geothermal Energy as a Sustainable Source of Energy: A systemic Review." **Unconventional Resources**, Vol 6, pp.1-21.

NSIAH-ASAMOAH, P.E.; ACKAH, D.: 2019 "Financing a Public-Private Partnership Project: The Case of the Accra Sewerage System" **Dama Academic Scholarly Journal of Researchers**, Vol 4, No 1, pp.17-40.

NGUYEN, T. T. H., vd.: 2021 "Time-frequency Comovement Among Green Bonds, Stocks, Commodities, Clean Energy, and Conventional Bonds", **Finance Research Letters**, Vol 40, 101739.

OBIORA, S. C., CSORDÁS, T.: 2017 "The Case of Alternative Versus Traditional Financing: A Literature Review", **Archives of Business Research**, Vol 5, No 9, pp.42-53.

OECD: 2011 **Financing High-Growth Firms: The Role of Angel Investors,** OECD Publishing.

OECD: 2011 "The Role of Pension Funds in Financing Green Growth Initiatives." **OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions**, No 10.

OECD: 2019 "Blended finance in the least developed countries 2019: Supporting a resilient COVID-19 recovery. Organisation for Economic Co-operation and Development", (Çevrimiçi) https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/12/blended-finance-in-the-least-developed-countries-2020_a314128d/57620d04-en.pdf, e.t. 23.03.2025.

OECD: 2025 "Recommendation of The Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships." (Çevrimiçi)

https://legalinstruments.oecd.org/public/doc/275/275.en.pdf, e.t. 10.02.2025.

OGUNSOLA, O. Y., vd.: 2024 "Strategic Framework for Integrating Green Bonds and Other Financial Instruments in Renewable Energy Financing", **Gulf Journal of Advance Business Research**, Vol 2, No 6, pp.461-472.

OLAWOYIN, O. M.: 2024 "Blockchain Technology in Risk Management: Strengthening Cybersecurity and Financial Integrity." **International Journal of Research Publication and Reviews**, Vol 5, No 10, pp.2336-2348.

OMOPARIOLA, B.: 2023 "Decentralized Energy Investment: Leveraging Public-Private Partnerships and Digital Financial Instruments to Overcome Grid Instability in the U. S. World", **Journal of Advanced Research and Reviews**, Vol 20, No 3, pp.2178-2196.

ONABOWALE, O.: 2024 "Energy Policy and Sustainable Finance: Navigating the Future of Renewable Energy and Energy Markets", **World Journal of Advanced Research and Reviews**, Vol 25, pp.2235-2252.

ONUR, M.N, DEĞİRMENCİ, Ö.: 2015 "Crowdfunding – Kitle Fonlaması", **T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı Çalışma Raporları,** Cilt 7, s.1-18.

OPEC: 2024 "Annual Report 2024." (Çevrimiçi) https://www.opec.org/annual-report.html, e.t. 12.04.2025.

ORTAS, E.; MONEVA, J. M.: 2013 "The Clean Techs Equity Indexes at Stake: Risk and Return Dynamics Analysis." **Energy**, Vol 57, pp.259-269.

O'SULLIVAN, A.; STEVEN, M.S.: 2003 **Economics: Principles in Action,** New Jersey, Pearson Prentice Hall.

OTHMAN, K.; KHALLAF, R.: 2024 "Analyzing the factors that affect the renewable energy PPP market: A comparative analysis between developing and developed countries", **AIMS Energy**, Vol 12, No 2, pp.505-531.

OTLUOĞLU, E.: 2015 **Asimetrik Bilgi ve Sermaye Yapısı Kararları: Borsa İstanbul Üzerine Bir Uygulama,** İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

ÖZBEK, A.: 2015 "Efficiency Analysis of Foreign-Capital Banks in Turkey by OCRA and MOORA." **Research Journal of Finance and Accounting**, Vol 6, No 13, pp.21-30.

ÖZEN, A., ŞAŞMAZ, M. Ü., & BAHTİYAR, E.: 2015 "Türkiye'de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi." **Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Cilt 17, Sayı 28, s.85-93.

ÖZÇAKAR, N.; DEMİR, H.: 2011 "Bulanık Topsis Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi." **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi**, Cilt 22, Sayı 69, s.25-44.

ÖZER, M. A.; BAYANSAR, R.: 2021 "Türkiye'de kamu özel ortaklığı modelinin uygulama alanları üzerine değerlendirmeler", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı 68, s.415-436.

ÖZGENER, Ö.: 2002 "Türkiye'de ve Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanımı." **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt 4, Sayı 3, s.159-173.

ÖZTÜRK, D.: 2024 **İslâmi Sosyal Finans İçin Bir Model Önerisi: Kurumsal Zekât Sistemi**, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Afyonkarahisar.

ÖZTÜRK, Y. K.; ÇELİK, B.: 2023 "Yeni Sanayileşen Ülkelerde (N11) Enerji Yoksulluğu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi." **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 64, s.47-51.

ÖZTÜRK, M.; YÜKSEL, Y. E.: 2016 "Energy Structure of Turkey for Sustainable Development." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol 53, pp.1259-1272.

ÖZÜT, H.: 2008 "AB Hibe Programlarında Proje Uygulama ve Değerlendirme: Proje Yöneticileri için İpuçları", **Sivil Toplum Kuruluşları İçin Rehberler Serisi,** REC Türkiye

PALA, O.: 2019 "Yükseköğretimde Mobil Eğitim Uygulamalarında Kritik Başarı Faktörlerinin Bulanık DEMATEL ile Değerlendirilmesi." **Yükseköğretim ve Bilim Dergisi**, Cilt 9, Sayı 3, s.519-528.

PANUPARB, P.: 2019 "Cost-benefit Analysis of A Blockchain-Based Supply Chain Finance Solution", Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

PARIHAR, Y.; JOSHI, S. P.: 2024 "Blockchain Integration in Green Finance: Enhancing Transparency and Efficiency For Sustainable Investments, Vol 12, No 10, pp.436-440

PATRICK, B., vd.: 2021 "Traditional versus Modern Perspectives of Capital Structure Theories: A Comprehensive Review", **International Journal of Economics & Management Sciences**, Vol 10, No 10, pp.1-10.

PETERSEN, M. A.; RAJAN, R.G.: 1994 "The Benefits of Lending Relationships: Evidence from Small Business Data", **Journal of Finance**, Vol 49, No 1, pp.3–37.

POYRAZ, E.; TEPELİ, Y.: 2016 "Girişimciliğin Finansmanında Risk Sermayesi Finansmanı", **Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve**

İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 31, s.35-56.

PRAHAJI, M.; ARUNDINA, T.: 2022 "Preferences of Green Sukuk in Environmental Projects (Case Study in Indonesian Power Industry)." **ICONIC-RS 2022: Proceedings of the 1st International Conference on Contemporary Risk Studies**, pp.131-145.

PROKSCH, D., vd.: 2016 "Risk Management in The Venture Capital Industry: Managing Risk in Portfolio Companies" **The Journal of Entrepreneurial Finance (JEF)**, Vol 18, No 2, pp.1-33.

QIAN, J., vd.: 2024 "Optimization of Teacher Evaluation Indicator System Based on Fuzzy-DEMATEL-BP." **Heliyon**, Vol 10, No 13, pp.1-16.

QIN, S., D., vd.: 2016 "Exploring Barriers And Opportunities İn Adopting Crowdsourcing Based New Product Development İn Manufacturing SMEs", **Chinese Journal of Mechanical Engineering**, Vol 29, No 6, pp.1052–1066.

QUIRY, P., vd.: 2011 **Corporate Finance Theory and Practice,** England, John Wiley & Sons Ltd.

RAHIM, S.R., MOHAMAD, Z.Z.: 2018 "Green Sukuk For Fınancıng Renewable Project", **Turkish Journal of Islamic Economics**, Vol 5, No 2, pp.129-144.

RAHMAN, S. R., VD.: 2013 "Overview of Biomass Energy." **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, Vol 2, No 11, pp.379-385.

RAMADANI, V.: 2012 "The Importance Of Angel Investors In Financing The Growth Of Small And Medium Sized Enterprises", **International Journal of Academic Research in**

Business and Social Sciences, Vol 2, No 7, pp.306-322.

REBOREDO, J. C.: 2018 "Green bond and financial markets: Co-movement, diversification and price spillover effects", **Energy Economics**, Vol 74, pp.38-50.

REDDY, A. S., KUMAR, P. R., & RAJ, P. A.: 2022 "Entropy-Based Fuzzy TOPSIS Framework for Selection of a Sustainable Building Material." **International Journal of Construction Management**, Vol 22, No 7, pp.1194-1205.

Reichelt, H.; Davies, C.: 2015 "Getting to Know the Green Bond Market. World Bank Treasury Department Publication", (Çevrimiçi) http://treasury. worldbank. org/cmd/pdf/gettingtoknowthegreenbondmarket_pensionfundservice.pdf accessed, 23. e.t. 27.12.2025.

REJEB, A., vd.: 2024 "Blockchain Technology İn The Renewable Energy Sector: A Co-Word Analysis Of Academic Discourse", Natioanl Library of Medicine, Vol 10, No 8.

REN21: 2023 "Renewables 2023 Global Status Report" (Çevrimiçi) https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/global_overview/, e.t. 11.04.2025

RİDİNGER, R.: 1995 **Mediterranean SMEs Conference and Workshops,** Ankara, METU Press.

ROSEN, M. A.; KOOHI-FAYEGH, S.: 2016 "The Prospects for Hydrogen as An Energy Carrier: An Overview of Hydrogen Energy and Hydrogen Energy Systems." **Energy, Ecology and Environment**, Vol 1, pp.10-29.

ROSS, S. A., WESTERFIELD, R.W., & JAFFE, J.: 2005 **Corporate Finance**, New York, McGraw Hill.

ROY, S.: 2023 The Impact of Blockchain Technology on Financial Regulations and Legal Frameworks", **SSRN Electronic Journal**, pp.1-31.

SACHS, J., vd.: 2019 **Why is green finance important?**, ADBI Working Paper Series, No. 917. Asian Development Bank Institute (ADBI).

SADEGHI, M., MORADI, M., & HATEFI, M.: 2024 "Formulating Criteria For Selecting Basketball Base Coaches Using DEMATEL Technique And Analysis Network Process (ANP)." **Research in Sport Management and Motor Behavior**, Vol 14, No 28, pp.153-177.

SAKARYA, Ş.; İLKDOĞAN, S.: 2023 "Türkiye'de Startup Yatırımları ve Finansmanı", **Bucak İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt 6, Sayı 2, s.146-171.

SANTOSO, I. R.: 2020 "Green Sukuk and Sustainable Economic Development Goals: Mitigating Climate Change in Indonesia", **Global Journal Al-Thaqafah**, Vol 10, No 1, pp.18-26.

SARAÇ, M.; KARABULUT, E.: 2021 "Doğal ve Sosyal Çevreye Duyarlı Yatırımda Ortaklığa Dayalı Sukuk Modeli", **BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi**, Cilt 15, Sayı 1, s.27-59.

SARASWAT, S. K., DIGALWAR, A. K., & YADAV, S. S.: 2021 Application of Fuzzy AHP Approach for Evaluation of Sustainable Energy Sources in India", **Mathematical Modeling and Computation of Real-Time Problems**, pp. 145-158.

SARIASLAN, H.: 2003 **Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Planlama-Analiz-Fizibilite,** Ankara, Turhan Kitabevi Yayınları.

SARIGÜL, S. S.; TOPCU, B. A.: 2020 "Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Finansmanında Yeşil Tahvil İhracı: Türkiye Örneği", **Proceedıngs E-Book**, Cilt 643, s.643-654.

SARTZETAKIS, E. S.: 2021 "Green bonds as an instrument to finance low carbon transition", **Economic Change and Restructuring,** Vol 54, No 3, pp. 755-779.

SAZELEE, N. A.; ISMAIL, M.: 2021 "Recent Advances in Catalyst-Enhanced Lialh4 for Solid-State Hydrogen Storage: A Review." **International Journal of Hydrogen Energy**, Vol. 46, No 13, pp.9123-9141.

SCHERR, F. C., SUGRUE, T.F., & WARD, J.B.: 1993 "Financing The Small Firm Start-Up: Determinants Of Debt Use", **The Journal of Entrepreneurial Finance**, Vol 3, No 1, pp.17–36.

SCHLOR, H., FISCHER, W. & HAKE, J. F.: 2012 "The Meaning of Energy Systems for The Genesis of The Concept of Sustainable Development." **Applied Energy**, Vol 97, pp.192-200.

SEITZ, N.; ELLISON, M.: 1999 **Capital Budgeting and Long-Term Financing Decisions**, USA, Harcourt Brace College Publishers.

SEOUDI, I.; MAHMOUD, S.: 2016 "Public Policy for Venture Capital: A Comparative Study of Emirates, Saudi Arabia and Egypt", **Review of Business & Finance Studies**, Vol 7, No 1, pp.19-42.

SFAKIANAKIS, E.; LAAR, M: 2013 "Fiscal Effects and Public Risk in Public-Private Partnerships", **Built Environment Project and Asset Management**, Vol 3, No 2, pp.181-198

SHAPIRO, A.C.: 2005 **Capital Budgeting and Investment Analysis,** USA, Pearson, Prentice Hall.

SHERGINA, D. A.; ANNENKOV, G, A.: 2023 "Preliminary Evaluation Methodology for Payback Infrastructure Projects in Private-Public Partnership" **Finance: Theory and Practice**, Vol 27, No 3, pp.199-208.

SHOOSHTARIAN, S., GURMU, A. T., & MAHMOOD, M. N.: 2024 "Application of the DEMATEL Approach to Analyse The Root Causes of Building Defects." **Quality & Quantity**, Vol 58, No 5, pp.4641-4660.

SHU, B., vd.: 2025 "Overview and Outlook of Thermal Processes in Geothermal Energy Extraction." **Applied Thermal Engineering**, Vol 272, pp.1-14.

SIEBENEICHER, S., YENICE, I., & BOCK, C.: 2022 "Financial-Return Crowdfunding for Energy and Sustainability in the German-Speaking Realm", **Sustainability**, Vol 14, No 19.

SIERPINSKA, M.: 2021 "Deteminants Of Mining Companies' Capital Structure", **Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management**, Vol 37, No 2, pp.125-144.

SLIMANE, F. B.; ROUSSEAU, A. 2020 "Crowdlending campaigns for renewable energy: Success factors", **Journal of Cleaner Production**, Vol 249, pp.1-13.

SMIL, V.: 2006 **Energy: A Beginner's Guide**. Simon and Schuster. Oxford, England: One World.

SOBIK, B.: 2023 "Green Bonds-Financial Innovation for Sustainability Financing: The Case of The Polish Green Bonds Market and Their Development Barriers", **Central European Economic Journal**, Vol 10, No 57, pp.287-303.

SOLANGI, K. H., VD.: 2011 "A Review on Global Solar Energy Policy." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol 15, No 4, pp.2149-2163.

SREENU, N.: 2025 "Examining The Dynamics of Risk Associated With Green Investment in India: A Study on Fintech and Green Bonds for Clean Energy Production", **Journal of Economic Studies**, Vol 52, No 3, pp.588-604.

STEFFEN, B.: 2020 "Estimating The Cost of Capital for Renewable Energy Projects", **Energy Economics**, Vol 88, pp1-14.

STEVENSON, R., vd.: 2025 "Financial Statement Audit and Regulatory Focus in Equity Crowdfunding Decisions." **Small Business Economics**, Vol 64, No 3, pp.1233-1258.

STICE E.K., vd.: 2011 **Accounting: Concepts and Applications,** Cengage Learning, USA.

SU, M., YAN, W., & HARVEY, N.: 2022 "Pecking Order Theory And Church Debt Financing: Evidence From The United Methodist Church**", Nonprofit Management and Leadership**, Vol 33, No 1.

SUN, X.: 2023 "The Impact of Digital İnfrastructure on Energy-Environmental Efficiency: Empirical Evidence from China", **Frontiers in Energy Research**, Vol 11, pp.1-12.

SWACHA-LECH, M.: 2019 "Prospects for Crowdfunding Development", **Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio H – Oeconomia**, Vol 52, No 4, pp.113–121.

ŞENEL, M. C.; KOÇ, E.: 2015 "Dünyada ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme." **Mühendis ve Makina,** Cilt 56, Sayı 663, s.46-56.

ŞENGÜL, Ü., vd.: 2015 "Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey." **Renewable Energy**, Vol 75, pp.617-625.

ŞERBETÇİ, A.; FETTAHLIOĞLU, T.: 2024 "Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Yeşil Enerji Yatırımlarının Finansmanı", **Premium e-Journal of Social Sciences (PEJOSS)**, Cilt 8, Sayı 49, s.1723-1730.

ŞİMSEK, Ş.: 2015 "Dünya'da ve Türkiye'de Jeotermal Gelişmeler." **III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, 4-6 Kasım 2015, Ankara, Turkey, s.1-13.

ŞİMŞEK, M.Ş.; ÇELİK, A.: 2011 **İşletme Bilimlerine Giriş,** Konya, Eğitim Kitabevi.

TABAR, M. E.; ŞİŞMAN, Y.: 2020 "Bulanık Mantık ile Arsa Değerleme Modelinin Oluşturulması." **Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi**, Cilt 2, Sayı 1, s.18-24.

TAGHIZADEH-HESARY, F.; & YOSHINO, N.: 2020 "Sustainable Solutions for Green Financing and Investment in Renewable Energy Projects", **Energies**, Vol 13, No 4, pp.1-18.

TAHERDOOST, H.; MADANCHIAN, M.: 2023 "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts." **Encyclopedia**, Vol 3, No 1, pp.77-87.

TANG, M., YOU, T. H., & CAO, B. B.: 2025 "Comparative Analysis of Crowdfunding and Bank Financing: The Effect of Market Uncertainty" **International Journal of Production Economics**, Vol 286, pp.1-11.

TEİAŞ: 2024 "Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2023 Yılı İstatistikleri.", (Çevrimiçi) https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri, e.t. 13.04.2025

T.C. ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI, 2012 **Avrupa Birliği Hibe Projeleri Hazırlama Kılavuzu,** Ankara, İnsan Kaynaklarının Geliştirilmesi Program Otoritesi .

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI: 2023 "Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası" , (Çevrimiçi) https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20316, e.t. 18.04.2025

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI: 2024 "Biyokütle", (Çevrimiçi) https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle, e.t. 17.04.2025.

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI: 2024 "Güneş", (Çevrimiçi) https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes, e.t. 14.04.2025.

TIRAŞ, H. H.; AĞIR, H.: 2022 "Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Yenilenebilir Enerjinin Önemi." **5th International Congress on Economics Finance and Energy**, s.254-273.

TİRYAKİ, A. E.; KAZAN, R. 2007 "Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi." **Mühendis ve Makine**, Cilt 48, Sayı 565, s.3-8.

TOMCZAK, A.; ALEXANDER BREM, A.: 2013 "A Conceptualized Investment Model of Crowdfunding", **Venture Capital: An International Journal of Entrepreneurial Finance**, Vol 15, No 4, pp.335-359.

TOROSLU, M.V.: 1998 **Leasing İşlemleri ve Muhasebesi,** İstanbul, Etibank Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

TREKU, D. N.: 2022 "Blockchain Value Creation Logics and Financial Returns." pp-1-236.

TSENG, M. L., vd.: 2018 "Decision-Making Model for Sustainable Supply Chain Finance Under Uncertainties." **International Journal of Production Economics**, Vol 205, pp. 30-36.

TSIPAS, F., ELRASHIDY, Z., & SANDRETTO, D.: 2024 "Green Bonds Efficiency and Renewable Energy: Insights from the Covid-19 Pandemic", **Journal of Environmental Management**, Vol 371, pp.1-10.

TSOUKALA, A. K.; TSIOTAS, G.: 2021 "Assessing Green Bond Risk: An Empirical Investigation." **Green Finance**, Vol 3, No 2, pp.222-252.

TUNCER, D., AYHAN, D.Y., & VAROĞLU, D.: 2007 **Genel İşletmecilik Bilgileri,** Ankara, Siyasal Kitapevi.

TURAN, D.; NARİN, M.: 2022 "Yeniliğin Finansmanında Kullanılan Alternatif Yöntemler: Türkiye Uygulamaları Üzerine Bir Değerlendirme", **Fiscaoeconomia**, Cilt 6, Sayı 2, s.863-883.

TÜRKMEN, S. Y.; DURBİLMEZ, S. E.: 2019 "Blockchain Teknolojisi ve Türkiye Finans Sektöründeki Durumu" **Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Cilt 4, Sayı 1, s.30-45.

TÜRKO, R. M.: 2002 **Finansal Yönetim,** İstanbul, Alfa Yayınları.

TZENG, G. H.; HUANG, J. J.: 2011 **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications,** CRC Press.

UKIFC: 2021 "Innovation in Islamic Finance: Green Sukuk for SDGs", (Çevrimiçi) https://www.ukifc.com/wp-content/uploads/2021/09/UKIFC21_Green_Sukuk_v1-2_20210927.pdf, 20.09.2024.

UKIFC: 2021 **Innovation in Islamic Finance: Green Sukuk for SDGs,** UNDP.

ULLAH, F., VD.: 2021 "It's All About Perceptions: A DEMATEL Approach to Exploring User Perceptions of Real Estate Online Platforms." **Ain Shams Engineering Journal**, Vol 12, No 4, pp.4297-4317.

USTA, Ö.: 2008 **İşletme Finansı ve Finansal Yönetim,** Ankara, Detay Yayıncılık, Ankara.

UWUIGBE, U., vd.: 2024 "A bibliometric analysis of green financing and renewable energy research for 2000-2023", **International Journal of Energy Economics and Policy**, Vol 14, No 5, pp.26-34.

VAR, Ö., DURMUŞOĞLU, A., & DERELİ, T.: 2025 "A New Strategy for Constructing Alternative Consumer Confidence Indexes to Explain Household Consumption: A Fuzzy DEMATEL Approach." **Heliyon**, Vol 11, No 2, pp.1-20.

VAN THANH, N.: 2022 "Sustainable Energy Source Selection for Industrial Complex in Vietnam: A Fuzzy MCDM Approach", **IEEE Access**, Vol 10, pp.50692-50701.

VANHORNE, J.C.: 1980 **Financial Management and Policy,** New Jersey.

VARMA, L.: 2019 **International Finance,** School of Distance Education, University of Calicut.

VASILEIADOU, E, HUIJBEN, J. C., & RAVEN, R. P. J. M.: 2016 "Three is a Crowd? Exploring the Potential of Crowdfunding for Renewable Energy in the Netherlands", **Journal of Cleaner Production**, Vol 128, pp.142-155.

VÁSQUEZ-ORDÓÑEZ, L. R., VD.: 2023 "Efficiency Factors in the Financing of Renewable Energy Projects Through Crowdlending", **Journal of Business Research**, Vol 155, pp.1-9.

VOULGARIS, F., ASTERIOU, D., & AGIOMIRGIANAKIS, G.: 2002 "Capital Structure, Asset Utilization, Profitability and Growth in the Greek Manufacturing Sector", **Applied Economics,** Vol 34, pp.1379-1388.

WELLALAGE, N. H., V. FERNANDEZ, 2019 "Innovation And SME Finance: Evidence From Developing Countries", **International Review of Financial Analysis,** Vol 66.

WANG, W., vd.: 2025 "A Comparative Analysis of The Effect of Initiative Risk Statement Versus Passive Risk Disclosure on The Financing Performance of Kickstarter Campaigns." **Decision Support Systems**, Vol 188, pp.1-15.

WANG, S., VD.: 2019 "Recognitive Approach to The Energy Policies and Investments in Renewable Energy Resources via The Fuzzy Hybrid Models." **Energies**, Vol 12, No 23, pp.1-17.

WANG, Q.; FAN, Z.: 2023 "Green Finance and Investment Behavior of Renewable Energy Enterprises: A Case Study of

China", **International Review of Financial Analysis**, Vol 87, pp.1-11.

WICAKSONO, E. S.; DALIMUNTHE, Z.: 2024 "Evaluation of Investment Returns Through Equity Crowdfunding Platforms in Indonesia in 2023" **Dinasti International Journal of Economics, Finance & Accounting**, Vol 5, No 3.

WORKU, A. K., VD.: 2024 "Recent Advances and Challenges of hydrogen Production Technologies via Renewable Energy Sources." **Advanced Energy and Sustainability Research**, Vol 5, No 5.

WORLD BANK: 2015 What are Green Bonds? (Çevrimiçi) World Bank, 2015, https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/brief/what-are-green-bonds, e.t. 15.09.2024.

WORLD BANK: 2025 What is a PPP: Defining "Public-Private Partnership" (Çevrimiçi) https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/what-ppp-defining-public-private-partnership, e.t. 10.02.2025.

WU, S.: 2020 "The Evolution of Rural Energy Policies in China: A Review." **Renewable and sustainable energy reviews**, Vol 119, pp.1-15.

WU, W. W.; LEE, Y. T.: 2007 "Developing Global Managers' Competencies Using The Fuzzy DEMATEL Method." **Expert Systems with Applications**, Vol 32, No 2, pp.499-507.

YALÇIN, F.C.: 2013 "Proje Finansmanı İhracat Kredi Kurumlarının Proje Finansmanındaki Rolü", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi**, Cilt 12, Sayı 23, s.237-261.

YARDIMCI, O.: 2011 "Türkiye Doğal Gaz Piyasası: Geçmiş 25 Yıl, Gelecek 25 Yıl." **Ekonomi Bilimleri Dergisi**, Cilt 3, Sayı 2, s.157-166.

YAZICIOĞLU, İ. E.; BAŞTAN TÖKE, L.: 2022 "Sürdürülebilir Kalkınma Finansmanı Araçlarından Yeşil Tahvil Ve Yeşil Sukuk Üzerine Bir Değerlendirme", **Finansal Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi**, Cilt 14, Sayı 27, s.340-361.

YERDELEN KAYGIN, C., B. YILDIZ, 2015 "Girişimcilik Finansmanında Kullanılan Fon Kaynakları", **Girişimcilik: Temel Kavramlar, Girişimcilik Türleri, Girişimcilikte Güncel Konular,** İstanbul, Siyahinci Akademi.

YILDIRIM, H.H.: 2016 "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Projelerinin Finansman Yöntemleri", **Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 19, Sayı 36, s.725-746.

YILDIZ, F.: 2013 "Avrupa Birliği Enerji Politikaları ve Enerji Arz Güvenliği Arayışları." **İnsan ve Toplum**, Cilt 3, Sayı 5, s.159-181.

YILMAZ, B.; ÖZDEMİR, S.: 2023 "Bankaların Maliyet Hesaplamalarında Kaynak Tüketim Muhasebesi Yöntemi: Pandemi Döneminde Bir Uygulama", **Muhasebe ve Finansman Dergisi**, Sayı 97, s.13-28.

YILMAZ ÖZEKENCİ, S., H. DÜZAKIN, 2022 "Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Tercih Edilen Yöntemlerin İncelenmesi: Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu Örneği", **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 31, Sayı 2, s.604-623.

YOSHINO, N., SCHLOESSER, T., & TAGHIZADEH-HESARY, F.: 2021 "Social Funding of Green Financing: An Application of Distributed Ledger Technologies", **International Journal of Finance & Economics**, Vol 26, No 4, pp.6060-6073.

YOUNG, T.: 1807 **A Course of Lectures on Natural Philosophy And The Mechanical Arts.** Vol. 2.

YÜKSEL, S., VD.: 2020 "Determination of the most Optimal Economic Recovery Package for Turkey with DEMATEL Regarding The Damage Caused by COVID-19 Pandemics." **Gaziantep University Journal of Social Sciences, 19(COVID-19 Special Issue)**, pp. 326-339.

ZADEH, L. A.: 1965 "Fuzzy Sets." **Information and Control**, Vol 8, No 3, pp.338-353.

ZADEH, L. A.: 1983 "The Role of Fuzzy Logic in The Management of Uncertainty in Expert Systems." **Fuzzy Sets and Systems**, Vol 11, No 1-3, pp. 199-227.

ZAKHARINA, O. V., vd.: 2020 "Effective Public-Private Partnership Models and their Application in Public Policy Implementation", **International Journal of Economics and Business Administration**, Vol 8, No 1, pp.239-247.

ZAİM, A.; ÇAVŞİ, H.: 2018 "Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu." **Mühendis ve Makina**, Cilt 59, Sayı 691, s.45-58.

ZENG, K., Y. SHEN, 2023 "Joint Advertising and Ordering Decisions under The Pre-Sales Crowdfunding", **Management System Engineering**, Vol 2, No 9, pp.1-14.

ZEYBEK, H.: 2014 "Dolarizasyon ve finansman maliyeti", **İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi**, Cilt 2, Sayı 2, s.44-61.

ZHANG, Y., vd.: 2018 "Smart contract-based access control for the internet of things", **IEEE Internet of Things Journal**, Vol 6, No 2, pp.1594-1605.

ZHANG, Y.; SU, Y.: 2024 "Towards A Sustainable Future: Exploring Innovative Financing Models for Renewable Energy", **MEDAAD**, Vol 2024, pp.34-40.

ZHANG, J., vd.: 2019 "Decision Framework for Ocean Thermal Energy Plant Site Selection from a Sustainability Perspective:

The case of China", **Journal of Cleaner Production**, Vol 225, pp.771-784.

ZHANG, R., LI, Y., & LIU, Y.: 2021 "Green Bond Issuance and Corporate Cost of Capital." **Pacific-Basin Finance Journal**, Vol 69, pp.1-22.

ZHANG, C., vd.: 2017 "Review of Existing Peer-To-Peer Energy Trading Projects", **Energy Procedia**, Vol 105, pp. 2563-2568.

ZHENG, M., FENG, G. F., & CHANG, C. P.: 2023 "Is Green Finance Capable of Promoting Renewable Energy Technology? Empirical Investigation for 64 Economies Worldwide", **Oeconomia Copernicana**, Vol 14, No 2, pp.483–510.

ZHENG, M.; ZHANG, X.: 2025 "Digitalization and Renewable Energy Development: Analysis Based on Cross-Country Panel Data", **Energy**, Vol 319, pp.1-13.

ZHENG, Z., vd.: 2018 "Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey", **International Journal of Web and Grid Services**, Vol 14, No 4, pp.352-375.

ZHENG, H., vd.: 2014 "The Role of Multidimensional Social Capital in Crowdfunding: A Comparative Study in China and US", **Information & Management**, Vol 51, No 4, pp.488-496.

ZHONG, J., VD.: 2020 "Analyzing the Investments Strategies for Renewable Energies Based on Multi-Criteria Decision Model." **IEEE Access**, Vol. 8, pp.118818-118840.

ZIMMERMANN, H.J.: 2010 "Fuzzy Set Theory", **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, Vol 2, No 3, 317332.

ZIIBROWSKA-SZTUCZKA, J.: 2023 "Overview of Social Attitudes and Applications Towards the Use of Crowdfunding in Renewable Energy", **Social Entrepreneurship Review**, Vol 3, pp.50-68.

ZOLFAGHARROSHAN, M., vd.: 2024 "Assessment of Geothermal Energy Potential from Abandoned Oil and Gas Wells in Alberta, Canada." **Applied Energy**, Vol 375, pp.1-13.

ZOPOUNIDIS, C.; DOUMPOS, M.: 2002 "Multi-Criteria Decision Aid in Financial Decision Making: Methodologies and Literature Review." **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, Vol 11, No 4-5, pp.167-186.

ZOU, C., vd.: 2016 "Energy Revolution: From A Fossil Energy Era to A New Energy Era." **Natural Gas Industry B**, Vol 3 No 1, pp.1-11.

EKLER

Bulanık DEMATEL Yöntemi Uzman Cevapları

1.Uzmanın Cevapları

1										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	4	3	4	3	2	2	3	2	1
C2	4	0	3	4	3	2	2	2	2	1
C3	3	3	0	3	2	4	2	3	2	1
C4	4	4	3	0	3	2	2	2	2	1
C5	3	3	2	3	0	2	3	2	2	1
C6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
C7	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
C8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
C9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
C10	2	1	2	3	2	4	3	2	1	0

2.Uzmanın Cevapları

2										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	0	2	3	3	2	0	2	2	1
C2	3	0	3	2	4	2	1	2	2	1
C3	3	4	0	4	2	4	3	3	3	2
C4	4	3	3	0	2	4	2	3	2	2
C5	2	2	1	2	0	1	2	2	1	0
C6	3	3	4	4	2	0	3	3	3	3
C7	2	2	4	3	1	4	0	3	2	3
C8	3	2	4	3	1	4	4	0	3	3
C9	2	2	2	3	1	1	2	2	0	0
C10	2	2	3	2	1	2	2	2	1	0

3.Uzmanın Cevapları

3										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	3	4	3	3	2	2	1	2	3
C2	3	0	4	3	3	2	2	1	2	3
C3	4	3	0	3	2	2	1	2	3	4
C4	3	3	2	0	2	1	2	3	4	3
C5	3	2	2	1	0	2	3	4	3	3
C6	2	2	1	2	3	0	3	2	2	1
C7	2	3	4	3	3	2	0	2	1	2
C8	3	4	3	3	2	2	1	0	2	3
C9	4	3	3	2	2	1	2	3	0	3
C10	2	2	1	2	3	4	3	3	2	0

4.Uzmanın Cevapları

4										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	4	1	3	3	0	0	2	0	1
C2	4	0	1	3	2	0	0	1	0	1
C3	4	4	0	4	3	0	0	1	1	2
C4	4	4	0	0	3	0	0	1	1	2
C5	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0
C6	4	4	3	2	1	0	0	1	1	1
C7	1	1	2	2	1	1	0	2	0	0
C8	3	3	4	3	3	3	2	0	2	2
C9	2	1	1	1	1	0	0	1	0	1
C10	1	1	2	3	1	1	0	2	1	0

5.Uzmanın Cevapları

5										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	3	3	3	2	3	2	2	2	3
C2	3	0	2	3	2	2	1	1	1	0
C3	3	3	0	3	1	1	1	2	0	1
C4	3	2	1	0	1	1	1	1	1	2
C5	3	3	2	3	0	1	1	1	2	1
C6	3	3	1	2	0	0	1	2	0	1
C7	2	1	2	1	2	2	0	2	1	3
C8	2	1	4	3	3	4	4	0	2	3
C9	2	1	1	1	2	1	0	0	0	2
C10	2	2	3	2	1	2	2	3	1	0

6.Uzmanın Cevapları

3										
Kriterler	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
C1	0	3	3	4	4	1	2	2	1	3
C2	4	0	3	3	2	2	1	2	1	2
C3	3	3	0	4	2	2	1	2	1	3
C4	4	4	4	0	2	3	1	2	1	3
C5	2	3	2	3	0	1	2	1	1	1
C6	4	4	4	4	1	0	1	3	1	3
C7	3	2	3	1	1	2	0	2	2	3
C8	3	3	4	4	1	4	4	0	2	4
C9	1	1	1	1	1	1	2	2	0	1
C10	2	1	2	2	1	2	1	3	1	0

Bulanık TOPSIS Yöntemi Uzman Cevapları

1.Uzmanın Cevapları

1											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	O	O	D	O	Y	ÇD	D	O	ÇY	ÇD
2	**A2**	O	O	O	Y	O	O	O	O	Y	D
3	**A3**	Y	O	O	O	ÇY	O	O	O	O	D
4	**A4**	Y	O	Y	Y	D	Y	Y	Y	O	ÇY
5	**A5**	O	O	Y	Y	D	Y	Y	Y	O	Y
6	**A6**	O	O	Y	Y	O	O	O	Y	O	O

2.Uzmanın Cevapları

2											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	Y	Y	O	ÇY	O	Y	O	O	ÇY	O
2	**A2**	O	Y	Y	Y	Y	O	O	O	Y	O
3	**A3**	O	D	O	D	D	O	O	D	O	D
4	**A4**	O	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY
5	**A5**	O	O	Y	O	O	Y	Y	Y	O	Y
6	**A6**	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	O

3.Uzmanın Cevapları

3											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y
2	**A2**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y
3	**A3**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y
4	**A4**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y
5	**A5**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y
6	**A6**	O	D	ÇY	ÇD	Y	O	D	ÇY	ÇD	Y

4.Uzmanın Cevapları

4											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	O	D	D	O	D	ÇD	D	ÇD	Y	ÇD
2	**A2**	D	D	O	D	O	O	Y	D	Y	O
3	**A3**	Y	O	Y	Y	O	Y	ÇY	Y	D	O
4	**A4**	O	D	Y	Y	Y	Y	Y	O	D	Y
5	**A5**	O	D	Y	Y	Y	Y	Y	O	D	Y
6	**A6**	O	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	D	D

5.Uzmanın Cevapları

5											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	Y	O	D	O	D	D	Y	D	Y	Y
2	**A2**	O	D	O	Y	O	O	O	O	Y	O
3	**A3**	ÇY	O	O	D	D	O	O	O	O	O
4	**A4**	Y	Y	Y	D	O	Y	Y	Y	O	ÇY
5	**A5**	O	O	O	O	O	Y	O	O	O	Y
6	**A6**	Y	O	O	Y	Y	O	ÇY	ÇY	D	O

6.Uzmanın Cevapları

6											
		C1	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**C10**
1	**A1**	D	D	D	D	O	ÇD	O	O	O	ÇD
2	**A2**	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	D	D	D	D	ÇD
3	**A3**	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	O	D
4	**A4**	O	O	O	O	O	Y	O	D	D	O
5	**A5**	O	O	O	D	D	O	O	O	ÇD	O
6	**A6**	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD

ÖZGEÇMİŞ

Özgür Kıyak, 2016 yılında KTO Karatay Üniversitesi Uluslararası Ticaret bölümünde lisans eğitimini tamamlamış, aynı zamanda İşletme bölümünde çift anadal (ÇAP) yaparak mezun olmuştur. 2019 yılında yine KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı'ndan yüksek lisans derecesini almıştır. Yüksek lisans tez başlığı "Döviz kuru ve dış ticaret ilişkisinin belirlenmesi: Türkiye üzerine bir analizi"dir. 2017 yılından bu yana İstanbul Beykent Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Finansman (Türkçe) Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.