

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİ İÇİN YATIRIM
YAPILMASI GEREKEN ENERJİ KAYNAKLARININ
TESPİTİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

EMRE AKUSTA

HAZİRAN-2023

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİ İÇİN YATIRIM
YAPILMASI GEREKEN ENERJİ KAYNAKLARININ
TESPİTİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

EMRE AKUSTA

TEZ DANIŞMANI:
Doç. Dr. RAİF CERGİBOZAN

HAZİRAN-2023

BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde bizzat elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada özgün olmayan tüm kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Emre AKUSTA

ÖZ

SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİ İÇİN YATIRIM YAPILMASI GEREKEN ENERJİ KAYNAKLARININ TESPİTİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Akusta, Emre

Doktora, İktisat

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Raif Cergiboza

HAZİRAN, 2023

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji talebi hızla artmaktadır. Artan enerji talebi, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri konusunu daha da önemli hale getirmektedir. Ayrıca Türkiye, enerji talebini karşılamak için yüksek oranda ithal enerji kullanmakta ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin enerji ve çevreyle ilgili sorunlarına çözüm olabileceği düşüncesinden hareketle yapılan bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağını tespit etmektir.

Çalışmada ilk olarak *Temel Bileşenler Analizi* kullanılarak OECD ülkelerinin ekonomik, sosyal, çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma endeksleri oluşturulmuştur. Daha sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe ve sürdürülebilir kalkınmaya katkısı *Panel ARDL Yöntemi* ile analiz edilmiştir. Son aşamada ise sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı *Bulanık AHP Yöntemi* ile tespit edilmiştir.

Panel ARDL tahmin sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji kaynakları toplamı, güneş, rüzgâr ve biyokütle uzun dönemde sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif etki ederken; hidroelektrik ve jeotermal negatif etki etmektedir. Bulanık AHP analizine göre ise Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Sürdürülebilir Kalkınma, Temel Bileşenler Analizi, Panel ARDL, Bulanık AHP.

ABSTRACT

DETERMINATION OF ENERGY SOURCES TO INVEST FOR SUSTAINABLE ECONOMY: THE CASE OF TURKEY

Akusta, Emre

PhD, Economics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Raif Cergibozan

JUNE, 2023

In developing countries such as Turkey, the demand for energy is rapidly increasing. The increasing energy demand makes the sustainability and environmental impact of energy sources even more important. Additionally, Turkey heavily relies on imported energy to meet its energy demand, which negatively affects the country's economy. Based on the idea that renewable energy sources could provide solutions to Turkey's energy and environmental problems, the main objective of this study is to determine the most suitable renewable energy source for investment aiming for Turkey for sustainable development.

Firstly, in this study, composite indices of economic, social, environmental sustainability and sustainable development of OECD countries were constructed using *Principal Component Analysis*. Then, the contribution of renewable energy sources to economic, social, and environmental sustainability and sustainable development was analyzed using *Panel ARDL Method*. In the final stage, the most suitable renewable energy source for investment in Turkey aiming for sustainable development was identified using *Fuzzy AHP Method*.

According to the Panel ARDL estimation results, the sum of renewable energy sources, including solar, wind, and biomass, has a positive impact on sustainable development in the long term, while hydropower and geothermal have a negative impact. According to the Fuzzy AHP analysis, it has been concluded that the most suitable renewable energy source to invest in Turkey for sustainable development is solar.

Keywords: Renewable Energy, Sustainable Development, Principal Components Analysis, Panel ARDL, Fuzzy AHP.

ÖNSÖZ

Doktora sürecim boyunca bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren, tez konumun belirlenmesinde ve şekillenmesinde yardımcı olan, desteğini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen ve çalışmaktan büyük zevk duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Raif CERGİBOZAN'a, tezime yapmış olduğu yapıcı eleştirilerle katkı sağlayan ve tezimin son halini almasında bilgi birikimlerini esirgemeyen Prof. Dr. Ünal ÇAĞLAR ve Prof. Dr. Ali ARI'ya, jüride bulunan diğer hocalarıma ve öğrenim hayatım boyunca bana bilgi ve birikimlerini en güzel şekilde aktaran ve yetiştiren tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Doktora sürecim boyunca bana bolca katlanan, hayatı daha çekilir kılan sevgili eşim Kübra'ya, hayatım boyunca üzerimden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bana olan inanç ve güvenlerini her daim canlı tutan aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

KALKINMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ: KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1.Ekonomik Büyüme ve Kalkınma Kavramı.....	7
1.2.Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma Kavramları.....	9
1.3.Sürdürülebilir Kalkınmanın Çok Boyutlu Yapısı	12
1.4.Sürdürülebilir Kalkınmanın Tarihsel Gelişimi	17
1.4.1. 1972 Büyümenin Sınırları Raporu	18
1.4.2. 1972 Stockholm Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı.....	18
1.4.3. 1987 Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu.....	19
1.4.4. 1992 Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı.....	20
1.4.5. 1997 Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi Gözden Geçirimi.....	21
1.4.6. 2000 Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Zirvesi	22
1.4.7. Kyoto Protokolü.....	23
1.4.8. 2002 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi	24
1.4.9. 2012 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı.....	25
1.4.10. 2015 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi	25
1.5.Sürdürülebilir Kalkınma ve Enerji İlişkisi.....	26
1.6.Ülkelerin Gelişmişlik Seviyesi ve Sürdürülebilir Kalkınma	30
1.6.1. Ekonomi ve Çevre İlişkisi.....	30
1.6.2. Sürdürülebilir Kalkınma Gelişmekte Olan Ülkelerde Uygulanabilir Mi? ..	36
1.7.BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri	39
1.7.1. Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Performansları.....	41
1.7.2. Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Performansı	43
1.8. Enerji Alanındaki Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları:BM ve Türkiye	48

2. BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİSİ

2.1. Literatür Taraması.....	55
2. 2. Metodoloji.....	61
2.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA).....	62
2.2.2. Panel Veri Analizi.....	65
3.2. Uygulama ve Sonuçlar.....	78
3.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA) Sonuçları.....	79
3.2.2. Ampirik Analiz ve Sonuçları	89

3. BÖLÜM

EN UYGUN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞININ TESPİTİ

3.1. Literatür Taraması.....	123
3.2. Metodoloji.....	138
3.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi.....	139
3.2.2. Bulanık Mantık	148
3.2.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi.....	151
3.3. Uygulama ve Sonuçlar.....	157
3.3.1. Enerji Kaynağı Tespitinde Kullanılacak Kriterlerin Belirlenmesi.....	158
3.3.2. Kriterlerin Ağırlıkları ve Önem Sıralaması.....	168
3.3.3. Enerji Kaynaklarının Kriterlere Göre Performansları.....	179

SONUÇ.....	194
-------------------	------------

KAYNAKÇA.....	204
----------------------	------------

EKLER.....	237
-------------------	------------

EK 1: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksinde Kullanılan Kriterler	237
EK 2: Panel Veri Analizi Korelasyon Matrisi.....	238
EK 3: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler	239
EK 4: AHP Yöntemi Matrisleri	243
EK 5: Alt Kriterlere Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisleri.....	246
EK 6: Kaynaklara Göre Alt Kriterlerin Ağırlık Katsayıları.....	264

ÖZET	267
-------------------	------------

ÖZGEÇMİŞ.....	272
----------------------	------------

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AD	: Axiomatic Design
ADF	: Augmented Dickey-Fuller
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analytic Network Process
ARDL	: Auto Regressive Distributed Lag
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ASEAN	: Association of Southeast Asian Nations
BM	: Birleşmiş Milletler
BRICS	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika
CO2	: Karbondioksit
CR	: Consistency Ratio
ÇKE	: Çevresel Kuznets Eğrisi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DF	: Dickey-Fuller
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EIA	: Energy Information Administration
ESESI	: Energy Security and Environmental Sustainability Index
G20	: Group of 20
G7	: Group of 7
GSYİH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
HDI	: Human Development Index
HES	: Hidroelektrik Santraller
ILO	: International Labour Organization

IMF	: International Monetary Fund
IPS	: Im-Pesaran-Shin
JEDI	: Jobs and Economic Development Impact
kW	: Kilowatt
LLC	: Levin-Lin-Chu
MINT	: Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
Mj	: Megajul
MtCO2	: Milyon Ton Karbondioksit
NREL	: National Renewable Energy Laboratory
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PCA	: Temel bileşenler analizi
PP	: Phillips-Perron
PWT	: Penn World Table
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
RI	: Random Index
SAGP	: Satın Alma Gücü Paritesi
SDR	: Sustainable Development Report
SKA	: Sürdürülebilir Kalkınma Amacı
Std. S.	: Standart Sapma
SWIID	: Standardized World Income Inequality Database
TCSBB	: T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TWh	: Terawatt Hour
WDI	: World Development Indicators

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çevresel Kuznets Eğrisini Konu Alan Çalışmalar.....	34
Tablo 2: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları	40
Tablo 3: Ülkelerin SKA Endeksleri ve Sıralaması.....	42
Tablo 4: Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Göstergeleri	44
Tablo 5: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları-7	49
Tablo 6: Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 7 Göstergeleri	52
Tablo 7: Pedroni Eşbütünleşme Testleri	74
Tablo 8: Endeks Oluşturulmasında Kullanılacak Kriterler	79
Tablo 9: Betimsel İstatistikler	80
Tablo 10: Panel Veri Analizinde Kullanılan Göstergeler	89
Tablo 11: Betimleyici İstatistikler.....	90
Tablo 12: Birim Kök Test Sonuçları.....	94
Tablo 13: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	96
Tablo 14: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	96
Tablo 15: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları	97
Tablo 16: Sosyal Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	98
Tablo 17: Sosyal Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	99
Tablo 18: Sosyal Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları	99
Tablo 19: Çevresel Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları	101
Tablo 20: Çevresel Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları	101
Tablo 21: Çevresel Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları	102
Tablo 22: Sürdürülebilir Kalkınma-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları	103
Tablo 23: Sürdürülebilir Kalkınma-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	104
Tablo 24: Sürdürülebilir Kalkınma-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları	104
Tablo 25: Ekonomik Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları	106
Tablo 26: Sosyal Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları	110
Tablo 27: Çevresel Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları	113
Tablo 28: Sürdürülebilir Kalkınma Tahmin Sonuçları	115
Tablo 29: Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi Sonuçları.....	120
Tablo 30: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Seçimini Konu Edinen Uluslararası Çalışmalar	136
Tablo 31: ÇKKV Yöntemlerinin Gruplandırılması	139
Tablo 32: İkili Karşılaştırmalarda Kullanılacak Önem Skalası.....	142
Tablo 33: RI çizelgesi	145
Tablo 34: Bulanık Üçgensel Sayılar ve Üyelik Fonksiyonları.....	150
Tablo 35: Çalışmada Kullanılan Alternatifler, Kriterler ve Alt Kriterler.....	159
Tablo 36: Tüm Ana Kriterlerin ve Alt Kriterlerinin Ağırlıkları ve Tutarlılık Oranları	177
Tablo 37: Alt Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Yüzdeleri.....	178

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Ekonomik Büyümenin Belirleyici Faktörleri	8
Şekil 2: Sürdürülebilir Kalkınma Üçgeni	13
Şekil 3: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları.....	14
Şekil 4: Sürdürülebilir Kalkınma için Yapılan Girişimler	17
Şekil 5: Küresel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme	26
Şekil 6: Küresel Çapta Kaynaklara Göre Enerji Tüketimi.....	27
Şekil 7: Küresel GSYİH ve CO2 Emisyonu	28
Şekil 8: Ekonomi ve Çevre İlişkisi	30
Şekil 9: Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi.....	32
Şekil 10: Kişi Başına Düşen Karbondioksit Miktarı.....	37
Şekil 11: Türkiye’de Kişi Başına Düşen Karbondioksit Miktarı	47
Şekil 12: Türkiye Enerji İstatistikleri.....	50
Şekil 13: Temel Bileşenler Analizinin Uygulama Aşamaları	64
Şekil 14: Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması	80
Şekil 15: Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu	82
Şekil 16: Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması	83
Şekil 17: Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu	84
Şekil 18: Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması	85
Şekil 19: Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu.....	86
Şekil 20: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması.....	87
Şekil 21: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksine Göre Ülkelerin Durumu	88
Şekil 22: Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi Sonuçları	121
Şekil 23: AHP Yönteminin Hiyerarşik Yapısı.....	141
Şekil 24: AHP Akış Diyagramı	146
Şekil 25: Üçgensel Bulanık Sayılar	150
Şekil 26: M_1 ve M_2 Arasındaki Kesişim Noktası.....	156
Şekil 27: Alternatif, Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Analitik Gösterimi.....	167
Şekil 28: Ana Kriterlerin Ağırlıkları ve Önem Sıralaması	168
Şekil 29: Ekonomik Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması.....	170
Şekil 30: Siyasi Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması.....	171
Şekil 31: Teknik Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması	173
Şekil 32: Çevresel Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması.....	174
Şekil 33: Sosyal Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması.....	176
Şekil 34: Teknik Boyutlara (K1) Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları	180
Şekil 35: Ekonomik Boyutlara (K2) Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları	182
Şekil 36: Siyasi Boyutlara (K3) Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları.....	184
Şekil 37: Sosyal Boyutlara (K4) Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları.....	185
Şekil 38: Çevresel Boyutlara (K5) Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları ...	186
Şekil 39: Ana Kriterlere Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları	188
Şekil 40: Tüm Kriterlere Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları ..	189

GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra kitle üretimi artmış ve ülkeler daha fazla üretim yapmak için daha fazla kaynak kullanmaya başlamıştır. Hızlı makineleşme ile birlikte enerji talebinde artış meydana gelmiş ve enerjinin bileşenleri önemli ölçüde değişmiştir. Artan bu enerji ihtiyacını karşılamak için özellikle kömür ve petrol gibi fosil enerji kaynaklarına yönelinmiş ve bu kaynakların kullanımı yaygınlaşmıştır. Sanayileşme ve üretim alanlarında rekabetin başlaması, fosil enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararların göz ardı edilmesine sebep olmuştur.

Günümüzde enerji, sadece sanayi için değil günlük hayatın idame ettirilmesi için de çok önemli bir unsurdur. Uygarlık düzeyi enerji kullanımı sayesinde ilerlemektedir. Bu yüzden, talep edilen toplam enerji miktarı her geçen gün artmaktadır. Ayrıca ülkeler, mevcut refah seviyelerini sürdürmek için de enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Ülkeler ulaştıkları refah seviyesinden taviz vermek istemedikleri için tüketilen enerji miktarı azalmamakta ve ilerleyen zamanlarda da azalmayacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden, toprak, hava ve su gibi doğal kaynaklar her geçen gün daha fazla kirlenmekte ve canlı yaşamını tehdit eder duruma gelmektedir (Kızıldere, 2020).

Mevcut üretim ve tüketim kalıplarının devam ettirilmesi doğal kaynaklar üzerindeki baskının artarak devam etmesine neden olmaktadır. Doğal kaynaklar üzerindeki baskının ve tahribatın artması ise gelecek nesillerin refahını sınırlayıcı etki doğurmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme çabaları doğal kaynaklar üzerindeki küresel baskıyı daha fazla artırmaktadır (Kızıldere, 2020). Bu yüzden, Sanayi Devriminden bugüne kadar izlenilen büyüme politikalarının artık sürdürülemez olduğu kabul görmektedir. Çünkü üretimin fosil kaynaklara dayalı olmasının çevre üzerinde yapmış olduğu baskı göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaşmış ve gelecek nesilleri tehlikeye atar hâle gelmiştir. Bu sorunlara çözüm arayışı sonucunda sürdürülebilir kalkınma anlayışı ortaya koyulmuştur.

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları, günümüzde yaşayan insanların refah seviyesi ile gelecek nesillerin refah seviyeleri

arasında bağlantı kurması sebebiyle oldukça önemli kavramlardır (Saraç ve Alptekin, 2017). Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik, sosyal ve çevresel anlayışları yeni bir kalkınma paradigmasına entegre etme çalışmalarının sonucunda ortaya çıkmıştır ve genel olarak bugünkü yaşam kalitesinin gelecekte de devam ettirilmesi anlayışına dayanmaktadır (Baker, 2006; Hedlund-de Witt, 2014). Bu anlayışa göre, toplumların ve ülkelerin, ihtiyaçlarını karşılama çabalarında ekolojik limitlere dikkat etmeleri gerekmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için gelecek nesillerin yaşam koşulları için bugünden kaygı duymak ve önlem almak gerekmektedir. Bu yüzden, mevcut üretim ve tüketim kalıplarının neden olduğu doğal kaynaklar üzerindeki baskı ve çevre tahribatı, çözüm bulunması gereken önemli konuların başında gelmektedir. Aksi durumda sürdürülebilir kalkınmadan bahsetmek oldukça zor olacaktır.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı sadece doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını değil; aynı zamanda, toplumsal, kültürel ve ekonomik faktörleri de içermektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması çok boyutlu bir yaklaşım gerektirmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için önemli bir hedef olmakla birlikte; özellikle gelişmekte olan ülkeler için daha büyük bir önem taşımaktadır. Bu ülkeler, çevresel sorunlarla mücadele etmek, yoksulluğu azaltmak ve ekonomik büyümeyi sürdürülebilir hâle getirmek gibi zorlu sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Sürdürülebilir dünya düzeni, doğal kaynakların etkili ve verimli kullanımını, çevrenin korunmasını, sosyal ve ekonomik kalkınmayı dengeleyen bir yaklaşımı içermektedir. Bu yaklaşım, gelecek nesillerin de doğal kaynaklardan yararlanabilmesini ve yaşayabileceği sağlıklı bir çevrenin korunmasını hedeflemektedir. Sürdürülebilir dünya düzeni için atılması gereken adımlar; toplumun tüm kesimlerinin iş birliği ve katılımını gerektirmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilirliğin sağlanması hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin birlikte hareket etmesini gerektirmektedir.

Günümüz modern ve endüstrileşmiş toplumlarda teknolojik gelişme, ekonomik göstergeler ve savunma gibi faktörler ülkelerin gelişmişlik

düzeyini belirlemektedir. Sürdürülebilir bir kalkınma için gerekli olan en önemli kaynakların başında ise enerji gelmektedir. Çünkü enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bunun için günümüz modern toplumlarında enerjiye büyük ilgi duyulmaktadır. Ancak, meydana gelen iklim değişikliği ve çevresel sorunlar fosil enerji kaynakları için önlem alınması mecburiyetini doğurmuştur. Buradan hareketle, artık enerji kaynakları tercih edilirken sadece enerjinin çıktı miktarına değil, çevreye olan etkisine ve sürdürülebilir olmalarına da dikkat edilmektedir.

Esasında, çevre kirliliği ve doğal kaynakların tahribatı tüm dünyayı etkilemekte ve ilgilendirmektedir. Küresel bir boyuta ulaşan bu sorunların çözümünün de küresel boyutta olması gerekmektedir. Bu yüzden, dünya çapında kongreler düzenlenerek gelecek planları yapılmaktadır. Bunlardan en güncel olanı, 2015 yılında düzenlenen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'dir. Zirve sonrasında üzerinde uzlaşmaya varılan Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündeminde ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (SKA) altında toplam 169 hedef belirlenmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının temel amacı, 2015-2030 dönemi boyunca, "hiç kimseyi arkada bırakma" anlayışıyla ülkelerin sürdürülebilir kalkınma sürecinin dışında bırakılmamasıdır (TCSBB, 2019).

BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri, tüm dünyadaki ülkeleri, özellikle de gelişmekte olan ülkeleri kapsayan bir yol haritası sunmaktadır. Bu hedefler, küresel kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını ele alarak, tüm insanların ihtiyaçlarını karşılama ve gelecek nesillerin yaşama şanslarını koruma amacıyla tasarlanmıştır. Bu nedenlerden dolayı, BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri, küresel bir kalkınma yol haritası sunan önemli bir girişimdir. Bu hedefler, dünya genelinde sürdürülebilir bir gelecek için gereken önemli adımları atmayı amaçlamaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın motoru olarak nitelendirilen enerji konusu da zirve gündeminde yer edinmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündeminde belirtilen 17 amaç içerisinde yedincisi enerji alanındaki

amaçları içermektedir. SKA 7 kapsamında belirtilen amaçların tümü Türkiye için de geçerli olup amaçlara ulaşmak için gerekli çalışmalar yapılmaktadır. Çünkü, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji talebi hızla artmaktadır. Artan enerji talebi; enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri konusunu daha da önemli hale getirmektedir. Türkiye, enerji talebini karşılamak için yüksek oranda ithal enerji kullanmakta ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, Türkiye gibi ülkelerin sürdürülebilir enerji kaynaklarına yatırım yapması hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin enerji ve çevreyle ilgili sorunlarına çözüm olabileceği düşüncesinden hareketle yapılan bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağını tespit etmektir.

Çalışmanın birinci bölümünde sürdürülebilir kalkınma kavramı, enerji ve çevre ilişkisi, sürdürülebilir kalkınmanın gelişmekte olan ülkelere uygulanabilirliği, BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma performansı ve enerji alanındaki sürdürülebilir kalkınma hedefleri gibi konular ele alınacaktır. Bu sayede, sürdürülebilir kalkınma değişik yönleriyle ele alınacak ve çalışmanın ana teması oluşturulacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe ve sürdürülebilir kalkınmaya katkısı OECD ülkeleri için araştırılacaktır. İlk aşamada OECD ülkeleri için ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri oluşturulacaktır. İkinci aşamada söz konusu üç endeks birleştirilerek sürdürülebilir kalkınma endeksi oluşturulacaktır. Son aşamada ise yenilenebilir enerji kaynaklarının hem ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endekslerinin üzerindeki hem de sürdürülebilir kalkınma endekslerinin üzerindeki etkileri *Panel Veri Analizi* ile değerlendirilecektir. Yenilenebilir enerji hakkında yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde; çalışmaların çoğunluğunun “yenilenebilir enerji kaynakları-ekonomi ilişkisi” ve “yenilenebilir enerji kaynakları-çevre ilişkisi” konularında yapıldığı görülmektedir.

“Yenilenebilir enerji kaynakları-sosyal konular” ve “yenilenebilir enerji kaynakları-sürdürülebilir kalkınma” konuları diğerlerine göre daha az çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar ise oldukça sınırlı kalmıştır. Diğer taraftan araştırmacılar, sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken, enerji ile ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin etkilerini ve sosyal sürdürülebilirlik faktörünü genellikle görmezden gelmişlerdir. Bu bölümün temel motivasyonu, literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlamaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılacaktır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilecektir. Bu amaç için, her biri sürdürülebilir kalkınma amaçlarıyla ilişkilendirilmiş 5 boyut altında 30 alt kriter kullanılacaktır. Yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı, *Çok Kriterli Karar Verme* Yöntemlerinden *Bulanık AHP* Yöntemi ile analiz edilecektir. Analiz sonucunda, enerji kaynağı tercihinde etkili olan kriterlerin önem dereceleri, kriterlere göre en avantajlı enerji kaynakları ve nihai olarak en uygun enerji kaynaklarının sıralaması tespit edilecektir.

1. BÖLÜM

KALKINMANIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ: KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Günümüzde, insan faaliyetleri sonucu oluşan çevresel sorunlar, sınırlı kaynakların tükenmesi ve toplumsal eşitsizlik gibi sorunlar dünya genelinde artarak devam etmektedir. Bu durum, kalkınmanın sadece ekonomik büyüme ile ölçülebileceği yaklaşımının sorgulanmasına neden olmuş ve sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin bir arada ele alınarak, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve toplumsal adaleti hedeflemektedir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı sadece doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını değil; aynı zamanda, toplumsal, kültürel ve ekonomik faktörleri de içermektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması çok boyutlu bir yaklaşım gerektirmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için önemli bir hedef olmakla birlikte; özellikle gelişmekte olan ülkeler için daha büyük bir önem taşımaktadır. Bu ülkeler, çevresel sorunlarla mücadele etmek, yoksulluğu azaltmak ve ekonomik büyümeyi sürdürülebilir hale getirmek gibi zorlu sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için birçok faktör bir arada düşünülmelidir. Bu faktörler arasında doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, toplumsal eşitlik, sosyal adalet, ekonomik büyüme, teknolojik gelişme, çevre koruma, iklim değişikliği ile mücadele, yenilenebilir enerji kullanımı ve insan hakları gibi unsurlar yer almaktadır. Bu faktörler bir arada ele alınmak suretiyle ancak sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması mümkün olabilir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramının önemi; son yıllarda artan çevresel sorunlar, iklim değişikliği, su kıtlığı, gıda güvenliği, enerji kaynaklarının azalması ve nüfus artışı gibi sorunlar nedeniyle daha da artmıştır. Bu sorunlar,

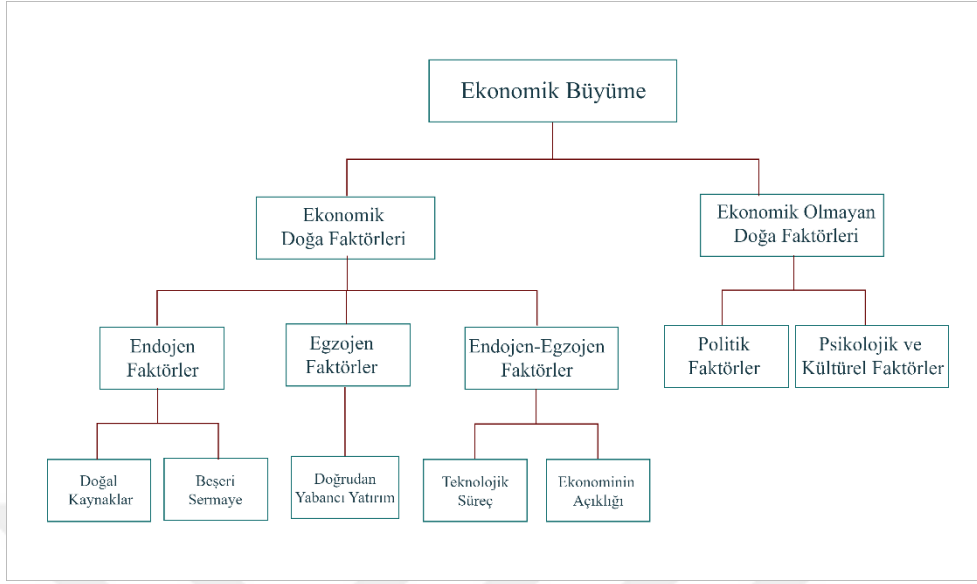
dünyadaki tüm ülkeleri ilgilendirdiği için çözümünde de tüm ülkelerin iş birliği yapması gerekmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma uluslararası alanda önemli bir yer tutmaktadır. Birçok uluslararası kuruluş ve devlet, sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen projeler ve stratejiler geliştirip uygulamaktadır.

Bu bölümde, sürdürülebilir kalkınma kavramı, enerji ve çevre ilişkisi, ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre sürdürülebilir kalkınma uygulamaları, BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma performansı ve enerji alanındaki sürdürülebilir kalkınma hedefleri gibi konular ele alınacaktır. Bu sayede, sürdürülebilir kalkınma tüm yönleriyle aktarılmış ve çalışmanın çerçevesi çizilmiş olacaktır.

1.1.Ekonomik Büyüme ve Kalkınma Kavramı

Bir ülkenin ekonomik performansının ölçülmesinde dikkat edilen göstergeler bulunmaktadır. Ekonomik büyüme ve kalkınma, bu göstergelerin başında yer almaktadır. Tüm ülkeler için büyük öneme sahip olan ekonomik büyüme, bir ekonomide belirli bir zaman diliminde üretilen mal ve hizmetlerde meydana gelen artışı ifade etmektedir (D'Alisa, Demaria ve Kallis, 2020). Başka bir ifade ile ekonomik büyüme, bir ülke Gayrisafi Yurt İçi Hasılasında (GSYİH) yıldan yıla meydana gelen yüzdesel değişimdir. Reel GSYİH, enflasyon etkisinden arındırıldığı için ekonomik büyümeyi ölçmede daha gerçekçi bir göstergedir (McConnell ve Brue, 1987; Stern, 2004).

Ülkeler için ekonomik büyüme; istihdam yaratma, yoksulluğu azaltma ve hanehalkının yaşam kalitesini artırmada oldukça önemli bir gösterge olarak kabul edilmekte ve bu yüzden de makroekonomik hedeflerin başında gelmektedir (DFID, 2008). Bir ülkede ekonomik büyüme ile refah artışının sağlanacağı düşünülmektedir. Ancak bu refah artışının ülkedeki tüm bireyler için gerçekleşmediği gözlemlenmektedir (Jackson, 2009). Çünkü çoğu ülkede ekonomik büyüme hedeflenirken gelir dağılımında adalet geri planda kalmaktadır. Bu noktada gelir dağılımındaki adalet konusu önem kazanmaktadır. Gelir dağılımındaki adalet ek olarak ekonomik büyümede çevresel konular da hesaba katılmamaktadır. Şekil 1'de ekonomik büyümenin belirleyici faktörleri gösterilmektedir.



Şekil 1: Ekonomik Büyümenin Belirleyici Faktörleri

Kaynak: Daniela-Mihaela ve Oana-Georgiana, 2015: 119

Şekil 1’de görüldüğü üzere ekonomik büyüme birçok faktörden etkilenmektedir. Beşeri sermaye, doğal kaynaklar, sermayedeki artışlar ve teknolojik gelişme gibi faktörler ekonomik büyümeyi doğrudan etkilerken; kurumlar, toplam talep miktarı, tasarruf ve yatırım oranları, hükümet politikaları ve emek ve sermaye göçü gibi faktörler ise ekonomik büyümeyi dolaylı olarak etkilemektedir (Boldeanu ve Constantinescu, 2015).

Diğer taraftan ekonomik kalkınma, ekonominin hem nicel hem de nitel olarak büyümesine odaklanan bir kavramdır. Buradan da anlaşılacağı üzere ekonomik kalkınmanın ölçülmesinde birçok kriter kullanılmaktadır. Kalkınma; siyasi özgürlük, eşitlik, insan hakları, eğitim ve sağlık gibi faktörleri de göz önünde bulunduran, refah artışından daha fazlasını ifade eden bir kavramdır (John ve Abel, 2002; Soubotina, 2004).

Başka bir şekilde ifade edilecek olursa kalkınma, ekonomik büyümeyi de bünyesinde barındıran, gelir dağılımında adaletin iyileştirilmesine, işsizliğin azaltılmasına, halkın yaşam kalitesinin artmasına ve toplumsal iyileşmeye odaklanan bir kavramdır (Kar ve Taban, 2014; Restifo ve Grasso, 2013). Özet

olarak kalkınmanın nihai amacı ekonomik refahı ve yaşam kalitesini artırmaktır (Feldman, Hadjimichael ve Lanahan, 2016).

Kalkınma sürecinin *Ekonomik Kalkınma*, *Sosyal Kalkınma* ve *İnsani Gelişme* olmak üzere üç ana unsuru bulunmaktadır. Ekonomik kalkınma, ekonomik yapının gelişmesiyle yaşam için gerekli mal ve hizmetlerin üretilmesini ve bu sayede refahın artacağını savunmaktadır. Sosyal kalkınma, sosyal yaşam koşullarının iyileştirilmesini ifade ederken insani gelişme ise toplumda yaşayan tüm bireylerin yaşam kalitelerinin artmasını ve sağlıklı yaşam ortamlarının sağlanmasını ifade etmektedir (Oakley ve Garforth, 1985; Costantini ve Monni, 2005). Kalkınmanın bu üç unsuru genellikle ayrı ayrı ele alınırken; Price (1997) bu unsurların birbiri ile etkileşim halinde olduğunu ve bir bütünün parçaları olduklarını ifade etmektedir.

1.2.Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma Kavramları

Sürdürülebilirlik kavramının biyolojik, çevresel, ekonomik, sosyolojik ve etik olmak üzere çeşitli alanlarda tanımı yapılmıştır. Genel olarak sürdürülebilirlik, *mevcut bir durumun veya nesnenin varlığının devam ettirilmesi amacının benimsenmesi* şeklinde veya *mevcut çevrenin ve doğal kaynakların korunarak gelecek nesillere aktarılması* şeklinde tanımlanmaktadır (Saraç ve Alptekin, 2017).

Sürdürülebilirlik kavramı çevre alanında ilk olarak 1970'lerin başında İngiltere'de kullanılmıştır. İngiltere'de The Ecologist dergisi editörleri tarafından yapılan "A Blueprint for Survival" başlıklı çalışmada, tüketim ve nüfus artışının bugünkü hızıyla devam etmesi durumunda ekosistemin, doğal kaynak rezervlerinin ve insan yaşamının tehlikeye düşeceği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada sürdürülebilir bir dünya düzeninin oluşturulması ve insanların tatmin seviyesinin makul bir düzeyde tutulmasının daha az ekolojik yıkım ve enerji kaynaklarının korunması ile mümkün olduğu ifade edilmiştir (Gürak, 2006).

Ekonomi alanındaki sürdürülebilirlik kavramı; doğal kaynakları, doğal kaynakların rezervlerini ve bunların kullanımını da hesaba katmaktadır. Uygulamada ise doğal kaynakların değerini ve doğal kaynakların

tüketilmesiyle meydana gelecek ekonomik kayıpları da göz önünde bulundurmaktadır. Biyoloji alanındaki sürdürülebilirlik, biyoçeşitliliğin korunmasını ifade ederken; sosyoloji alanındaki sürdürülebilirlik ise çevresel adalet, adil gelir dağılımı ve yoksullukla mücadele konularını ön plana çıkarmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramının gelecekçilik, adalet, küresel çevrecilik ve biyoçeşitlilik olmak üzere önemli dört bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenlerden gelecekçilik, gelecek nesillerin refahı ve yaşam koşulları için bugünden kaygı duymayı ve önlem almayı; adalet, nesiller arasında hem ekonomik faydaların hem de ekonomik yüklerin adil bir şekilde dağıtılmasını; küresel çevrecilik, doğal kaynakların kullanımını ve ekolojik sorunları; biyoçeşitlilik ise ekosistemdeki biyoçeşitliliğin korunmasını ifade etmektedir (Basiago, 1995).

Sürdürülebilirlik kavramı *zayıf sürdürülebilirlik* ve *güçlü sürdürülebilirlik* olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu ayrım; doğal sermaye ve insan üretimi sermayenin ikame edilip edilemeyeceğinden kaynaklanmaktadır ve karşıt paradigmlar olarak kabul edilmektedir (Chang, 2011).

Zayıf sürdürülebilirlik yaklaşımına göre, doğal sermaye ve insan üretimi sermaye ikame edilebilmekte ve birbirini yerine kolayca kullanılabilmektedir. Ayrıca bu iki sermaye türlerinin ürettikleri refah arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Zayıf sürdürülebilirlik yaklaşımı için şu varsayımların geçerli olması gerekmektedir; I) doğal kaynaklar bol miktarda bulunmaktadır, II) doğal sermaye ve insan üretimi sermaye arasındaki ikame esnekliği bire eşit veya daha büyüktür, III) teknolojik ilerleme, doğal sermayeyi tükettiğinden daha hızlı bir şekilde yerine koymaktadır (Dietz ve Neumayer, 2007).

Zayıf sürdürülebilirlikte üretim artışından kaynaklanan çevre kirliliği, teknolojik gelişmeler ve teknik çözümler sayesinde giderilebilmektedir. Bu sayede teknolojik gelişmelerle doğa üzerindeki baskı azaltılabilmektedir (Aşıcı ve Şahin, 2017). Zayıf sürdürülebilirliğin merkezinde insan olduğu için insan üretimi sermaye, doğal sermayeden daha önemlidir. Ayrıca doğal

sermayenin yerini alabilecek makine ve teçhizat üretildiği sürece doğal kaynakların tüketilmesi ve çevre kirliliği bir sorun oluşturmayacaktır. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa, doğal kaynaklar insan üretimi sermayeye çevrildiği sürece çevre kirliliği ve doğal kaynak tahribatı bir sorun teşkil etmeyecektir (Yeni, 2014). Zayıf sürdürülebilirlik; ekonomik sürdürülebilirlik olarak da bilinmektedir. Bu yaklaşıma göre uzun vade refahı için gerekli ve vazgeçilmez olan unsur, ekonominin üretken kapasitesinin yani toplam sermaye stokunun korunması ve bunun sabit bir tüketim seviyesini koruyacak şekilde gelecek nesillere aktarılmasıdır (Buriti, 2019).

Diğer taraftan, güçlü sürdürülebilirlik yaklaşımına göre, sermaye biçimleri birbirinden ayrı tutulmalıdır ve bu sermaye türleri birbiri yerine ikame edilememektedir (Barua ve Khataniar, 2015). Diğer bir ifade ile, doğal sermaye ve insan üretimi sermaye arasında ikame edilebilirlik yoktur. Daly, Boulding ve Georgescu-Roegen gibi ekonomistlere göre doğal sermaye ve insan üretimi sermaye arasında tamamlayıcılık ilişkisi bulunmaktadır. Güçlü sürdürülebilirliğin, ikame edilebilirlik varsayımını ihlal ettiği için, sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olmadığı varsayılmaktadır. Güçlü sürdürülebilirlik, sürdürülebilir bir dünyanın görünüşünün nasıl olacağı, nasıl olması gerektiği ve bu değişimin nasıl yönetileceği hakkındaki farklı görüşlerin bir sonucudur. Zayıf sürdürülebilirlik ile güçlü sürdürülebilirliği birbirinden ayıran en önemli özellik, doğal sermaye ve insan üretimi sermaye arasında ikame edilebilirlik derecesidir. Zayıf sürdürülebilirlik yüksek ikame edilebilirliği savunurken güçlü sürdürülebilirlik ise tam tersini savunmaktadır (Chang, 2011; Gibbs, Longhurst ve Braithwaite, 1998; Hediger, 2006).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları, günümüzde yaşayan insanların refah seviyesi ile gelecek nesillerin refah seviyeleri arasında bağlantı kurması sebebiyle oldukça önemli kavramlardır (Saraç ve Alptekin, 2017). Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik, sosyal ve çevresel anlayışları yeni bir kalkınma paradigmasına entegre etme çalışmalarının sonucunda ortaya çıkmıştır ve genel olarak bugünkü yaşam kalitesinin gelecekte de devam ettirilmesi anlayışına dayanmaktadır (Baker, 2006; Hedlund-de Witt, 2014). Bu anlayışa göre, toplumların ve ülkelerin,

ihtiyaçlarını karşılama çabalarında ekolojik limitlere dikkat etmeleri gerekmektedir. Aksi durumda sürdürülebilir kalkınmadan bahsetmek oldukça zor olacaktır.

Çeşitli alanlarda sık kullanılan kavramlardan biri olan sürdürülebilir kalkınmanın tek bir tanımı olmayıp birbirinin alternatifi birçok tanım bulunmaktadır. Ancak yapılan bu tanımlar temelde, insan ihtiyaçlarının ekonomik, sosyal ve çevresel sınırlamalar çerçevesinde karşılanmasına dayanmaktadır.

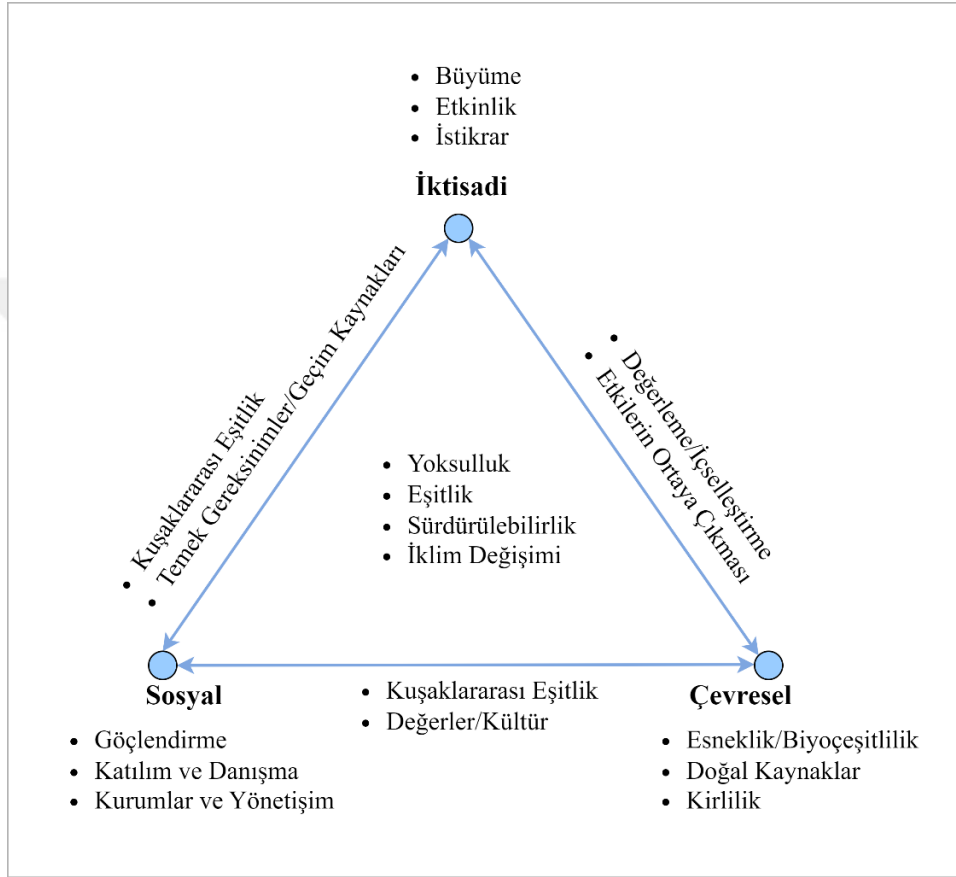
Bir tanıma göre sürdürülebilir kalkınma, *gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan günümüz insanların ihtiyaçlarını karşılama yeteneğidir*. Bir diğerk tanıma göre ise sürdürülebilir kalkınma, *gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini elinden almadan günümüz insanların ihtiyaçlarının karşılanmasıdır*. Bu tanımlamaların temelinde doğanın düzenini bozmadan ve doğal kaynakları tahrip etmeden ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayarak hem günümüzde yaşayan insanlar için hem de gelecek nesiller için daha yaşanılabılır bir toplum oluşturma çabası yatmaktadır. Buradan hareketle, sürdürülebilir kalkınma; ekonomik büyüme, çevresel koruma, sosyal adalet, demokrasi ve hukukun üstünlüğünü sağlayarak hem günümüz insanları için hem de gelecek nesiller için yüksek refah ve kaliteli yaşamı hedeflemektedir (Duran ve te., 2015).

Sürdürülebilir kalkınma bir değişim ve dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Bu değişim sürecinde yatırımlar, teknolojik gelişmeler ve kurumsal yapılar arasındaki ilişkilerin hem günümüzün hem de geleceğin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kurulması ve devam ettirilmesi gerekmektedir. Diğerk taraftan toplum refahının artmadığı ve evre kalitesinin yükselmediği bir durumda ise geri kalmışlık devam edecektir.

1.3.Sürdürülebilir Kalkınmanın ok Boyutlu Yapısı

Sürdürülebilir kalkınmanın ortaya çıkış noktası ekonomik büyümenin tek başına sorunları çözmede yetersiz kalmasıdır. Çünkü yapılan bir eylemin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olmaktadır. Dolayısıyla, bir eylemi yaparken bu etkilerden sadece birini önemsemenin sürdürülemez sonuçları

ortaya çıkmaktadır. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyutu bulunmaktadır (Rosen, 2018). Bu boyutlar karşılıklı bağlantı içerisinde ve bu ilişki Şekil 2’de gösterilmektedir.

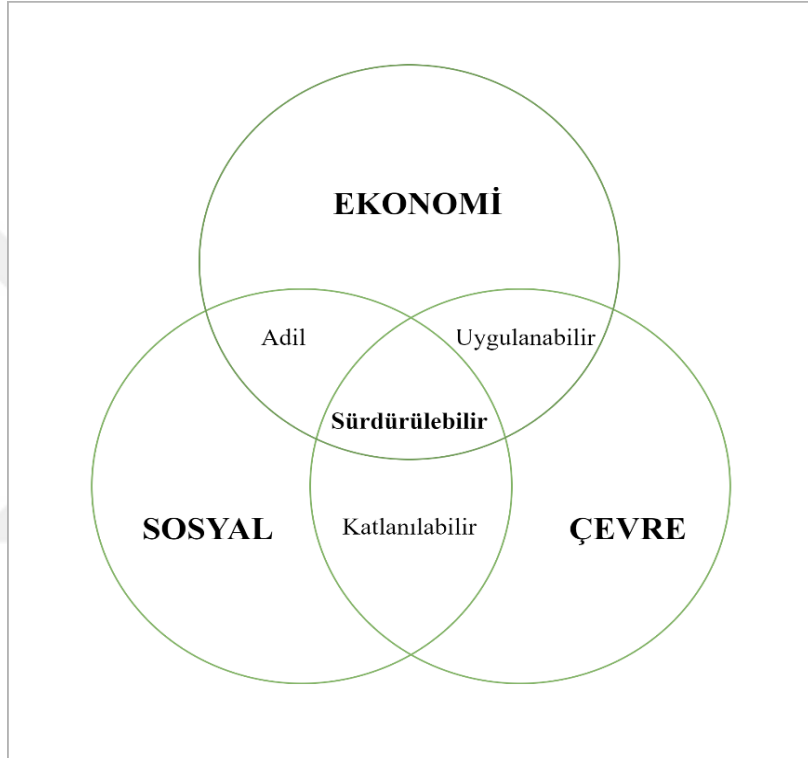


Şekil 2: Sürdürülebilir Kalkınma Üçgeni

Kaynak: Munasinghe, 2009

Sürdürülebilir kalkınma üçgeni ilk kez 1991 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda sunulmuştur. Sürdürülebilir kalkınma üçgeni, üçgenin köşeleri kadar içinin ve kenarlarının da önemli olduğunu göstermek için oluşturulmuştur. Örneğin, yoksulluk, eşitlik ve iklim değişikliği gibi kavramların üçgenin ortasında bulunmasının nedeni bu kavramların her üç boyutta da ele alınması gerekliliğidir (Markandya ve öte., 2002; Munasinghe, 2009).

Çevresel sürdürülebilirlik, insanların ihtiyaçlarının karşılanması, yaşam kalitesinin devam ettirilmesi ve ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan çevre kalitesine ve doğal kaynaklara odaklanmaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik; insan hakları, sosyal eşitlik ve sosyal adalet gibi konulara odaklanmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik ise doğal, sosyal ve beşeri sermayenin korunması, ekonomik büyüme ve ekonomik istikrar konularına odaklanmaktadır (Tomislav, 2018).



Şekil 3: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları

Kaynak: Howarth, 2012

Şekil 3'te sürdürülebilir kalkınmanın boyutları ve bu boyutlar arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu çerçevede sürdürülebilirlik şu şekilde formüle edilebilmektedir (Howarth, 2012):

- ° Sosyal Sürdürülebilirlik + Ekonomik Sürdürülebilirlik = Adil
- ° Sosyal Sürdürülebilirlik + Çevresel Sürdürülebilirlik = Katlanılabilir
- ° Ekonomik Sürdürülebilirlik + Çevresel Sürdürülebilirlik = Uygulanabilir

Sürdürülebilir kalkınmanın tam olarak gerçekleşebilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlar arasında uyumun sağlanması ve boyutların başarılı bir şekilde dengelenmesi gerekmektedir. Diğer bir ifade ile boyutlardan birinin diğerini zayıflatmaması gerekmektedir (Tomislav, 2018). Aşağıda sürdürülebilir kalkınmanın boyutları incelenmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutu: Ekonomik sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal boyutlarla uyum içinde, sadece uzun dönem ekonomik büyümeyi değil aynı zamanda uzun dönemli ekonomik kalkınmayı ifade etmektedir. Çünkü toplumda sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için yüksek yaşam standartlarının yanında ihtiyaç duyulan hizmetlerin, ihtiyaçların ve istihdamın sürekliliğini sağlayan bir ekonomik yapı gereklidir (Rosen, 2018).

Ekonomik sürdürülebilirlik, mal ve hizmet üretiminde istikrarın sağlanması, sermayenin korunması ve endüstriyel üretime zarar veren sektörel dengesizliklerin giderilmesi şeklinde ifade edilmektedir (Bilgili, 2017). Burada hareketle, üretim süreci ve doğal kaynakların üretim sürecinde kullanılması da ekonomik sürdürülebilirlik kapsamına girmektedir (Atvur, 2009). Çünkü genel kabul gören görüşe göre, ekonomik büyümenin olumsuz çevresel etkileri minimum seviye ile sınırlandırılmalıdır (Duran ve öte., 2015).

Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu: Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu, insan faktörünü ön plana çıkarmakta ve sürdürülebilir toplumun oluşturulabilmesi için bir ön şart niteliği taşımaktadır. Başka bir şekilde ifade edilirse; sosyal sürdürülebilirlik insan odaklı bir kavramdır ve sosyal ve kültürel sistemlerin devamlılığını konu edinmektedir. Sosyal sürdürülebilirlik; istihdam, eşitlik, güvenlik, eğitim, sağlık ve cinsiyet eşitliği gibi konuları ele almaktadır. Buradan hareketle, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için sosyal hizmetlerin yeterli ve istikrarlı bir şekilde sağlanması gerekmektedir (Gürlük, 2010).

Sosyal sürdürülebilirliğin sağlık ve eşitlik olmak üzere üzerinde durduğu iki önemli konu bulunmaktadır. Sağlık faktörü; sağlıklı beslenme, sağlıklı gıdaya ve temiz içme suyuna erişim, zararlı atıkların yok edilmesi olmak

üzere toplumun temiz bir ortamda yaşaması için gerekli olan ihtiyaçları ifade etmektedir. Diğer taraftan eşitlik faktörü ise hem günümüz toplumunda yaşayan insanların eşitliğini hem de nesiller arasındaki eşitliği ifade etmektedir. Başka bir şekilde ifade edilirse; eşitlik faktörü *nesiller içinde* ve *nesiller arasında* olmak üzere iki şekilde ele alınmaktadır. Nesiller içindeki eşitlik, aynı nesilde yaşayan insanların gelir dağılımı, adalet, cinsiyet eşitliği gibi konularda eşit olmasını hedeflerken; nesiller arasındaki eşitlik ise günümüzdeki insanların sahip oldukları imkânların, toplumsal refahın ve doğal kaynakların gelecek nesillere bozulmadan aktarılmasını hedeflemektedir (Rosen, 2018).

Sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutu: Çevresel sürdürülebilirlik; insanların yaşam kalitesinin artması ve belirli bir seviyede sürdürülebilmesi için sınırlı doğal kaynakların ve çevrenin korunmasını ifade etmektedir (Atvur, 2009). Bu yüzden çevresel sürdürülebilirlik doğa ve içinde yaşanılan çevre için oldukça önemlidir. Ekonomilerdeki üretim miktarının ve ekonomik büyümenin artması sonucunda meydana gelen çevresel sorunlar hem biyoçeşitlilik kaybına neden olmakta hem de sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Buradan, sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutunda biyolojik ve fiziksel sistemlerin önemli olduğu ve bu sistemlerin değişen durumlara göre adapte olması gerektiği anlaşılmaktadır. Örnek verilecek olursa; ormansızlaşma hem hayvanların doğal yaşam alanlarını tahrip edip farklı yerlere göç etmelerine hem de iklim değişikliği gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Diğer taraftan, fosil yakıtlarla çalışan motorlu taşıtlar, termik santraller ve bazı endüstri kolları karbondioksit salınımını artırarak hava ve çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Böyle durumlar hem insanların hem de diğer canlıların sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Özetlemek gerekirse; iklim değişikliği, küresel ısınma ve ozon tabakasının tahribatı sürdürülebilirlik konusunda öne çıkan sorunlar arasında yer almaktadır (Rosen, 2018; Gürlük, 2010). Sürdürülebilir bir çevre için yenilenebilir enerji kaynaklarının rasyonel, fosil enerji kaynaklarının ise sınırlı kullanımı gerekmektedir. Ayrıca, etkili bir çevre yönetimi de oldukça

önemlidir. Çünkü, etkili bir çevre yönetimini olmadan sürdürülebilir kalkınmadan bahsetmek oldukça güç olacaktır (Ibimilua, 2011).

1.4.Sürdürülebilir Kalkınmanın Tarihsel Gelişimi

Sürdürülebilir kalkınmanın tarihi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Ekonomik faaliyetlerin insanlar ve çevre üzerinde yapmış olduğu tahribatlar 1960'lı yıllarda dile getirilmiştir. Çevre alanında sürdürülebilirlik kavramı ise ilk olarak 1970'lerin başında The Ecologist dergisi editörleri tarafından İngiltere'de kullanılmıştır (Gürak, 2006). Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını da içine alan bugünkü tanımı ilk kez 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan Ortak Geleceğimiz Raporu'nda (Our Common Future) yapılmıştır. Bu tanımlamaya göre *sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma modelidir* (WCED, 1987). Bu tanımlamada ihtiyaçlar ve sınırlamalar olmak üzere iki kavram vurgulanmaktadır. Başka bir şekilde ifade edilirse; bu tanımda, hem dünyadaki insanların temel ihtiyaçlarının karşılanması hem de mevcut kaynakların korunarak nesiller arası eşitliğin sağlanması üzerinde durulmaktadır. Ortak Geleceğimiz Raporu'nda yer alan sürdürülebilir kalkınma tanımı devam eden çalışmalarda da benimsenmiş ve zamanla geliştirilmiştir.

1972	•Büyümenin Sınırları Raporu
1972	•Stockholm Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı
1987	•Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu
1992	•Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio De Janerio Bildirisi)
1997	•Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi Gözden Geçirimi (Dünya Zirvesi+5)
2000	•Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Zirvesi
2002	•Johannesburg Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi
2012	•Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20)
2015	•Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi

Şekil 4: Sürdürülebilir Kalkınma için Yapılan Girişimler

Şekil 4'te sürdürülebilir kalkınma için yapılan konferansların ve düzenlenen zirvelerin kronolojik sıralaması gösterilmektedir. Bunlar sırası ile aşağıda anlatılmıştır.

1.4.1. 1972 Büyümenin Sınırları Raporu

“Büyümenin Sınırları” (*The Limits to Growth*) raporu 1972 yılında Roma Kulübü tarafından Massachusetts Institute of Technology (MIT)’de çalışan bilim adamlarına hazırlattırılmıştır. Bu rapor; hızlı sanayileşme, nüfus artışı, kötü besleme, enerji kaynaklarının aşırı tüketimi ve çevre tahribatı olmak üzere beş konuyu araştırmaktadır. Büyümenin Sınırları Raporu’na göre, nüfus artışı, çevre kirliliği, sanayileşme ve kaynakların tahribatı bu büyüme trendinde devam edecek olursa dünya bir yüzyıl sonra büyümenin sınırına ulaşacaktır. Raporun çalışma alanına giren hızlı sanayileşme, nüfus artışı, kötü besleme, enerji kaynaklarının aşırı tüketimi ve çevre sorunlarındaki artış katlanarak devam edecektir. Rapora göre en muhtemel çözüm; nüfus artış hızının düşürülmesi ve üretim kapasitesinde daralmaya gidilmesidir (Meadows, 1978). Ayrıca, dünya genelinde çevreye olan duyarlılığı artıran bu çalışma Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nın çalışmalarına da temel oluşturmuştur.

1.4.2. 1972 Stockholm Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı

Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı 5-16 Haziran 1972’de Stockholm’de düzenlenmiştir. Konferansa 113 ülke katılmış ve bu konferansta ilk kez çevre sorunları uluslararası düzeyde ele alınmıştır. Konferansın ana teması ise Kuzey Avrupa’nın asit yağmuru problemleri ve bölgesel kirliliği şeklinde belirlenmiştir. Bu konferans neticesinde, insani çevrenin sağlanması ve sürdürülebilmesi için gerekli olan adımlar ve dünyaya rehberlik edecek prensipler ortaya koyulmuştur (Sohn, 1973).

1972 Stockholm Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı sonucunda ortaya koyulan Stockholm Deklarasyonu, çevre ile ilgili ilk önemli belge olarak kabul edilmektedir. Bu deklarasyonda; doğal kaynakların korunması, fosil kaynakların tükenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının korunması, kalkınmanın neden olduğu çevresel sorunların giderilmesi ve nükleer

silahlara karşı çevrenin korunması gibi konular ele alınmıştır. Ayrıca bu konferans, çevreyi koruma kapsamında birçok ulusal birimin kurulmasını sağlamıştır. 5 Haziran gününün Dünya Çevre Günü olması yine bu konferans sonucunda karara bağlanmıştır (Sohn, 1973).

1.4.3. 1987 Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu

Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını da içine alan bugünkü tanımı ilk kez Ortak Geleceğimiz Raporu'nda yapılmıştır. Bu tanımlamaya göre *sürdürülebilir kalkınma, günümüz insanların ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama becerilerine engel olmadan karşılmasını sağlayan kalkınmadır* (WCED, 1987). Bu tanım; ihtiyaçlar ve sınırlamalar olmak üzere iki önemli kavram içermektedir. Başka bir şekilde ifade edilirse; bu tanımda, hem dünyadaki insanların temel ihtiyaçlarının karşılanması hem de mevcut kaynakların korunarak nesiller arası eşitliğin sağlanması vurgulanmaktadır.

Bu konferansta ekonomik ve sosyal gelişme için gerekli olan unsurlar vurgulanmış ve izlenmesi gereken adımlar belirtilmiştir. Ayrıca raporda, çevre ve kalkınma için izlenmesi gereken stratejik adımlar şu şekilde ifade edilmiştir (Brundtland Commission, 1987):

- ° Büyümenin tekrar sağlanması
- ° Büyümenin niteliğinin değiştirilip geliştirilmesi
- ° Temel insani ihtiyaçların karşılanması
- ° Nüfus artışının sürdürülebilir düzeye getirilmesi
- ° Kaynakların çeşitlendirilmesi ve korunması
- ° Teknolojinin yeniden şekillendirilmesi
- ° Karar verme süreçlerinde ekonomi ve çevrenin birleştirilmesi

Yirminci yüzyılın başı ve sonu arasındaki farklılıkların belirtildiği raporda ekosistemlerin insan faaliyetlerinden etkilendiği de ifade edilmiştir. Böylece, sürdürülebilir kalkınma ile ekonomik kalkınmaya farklı bir boyut

eklenmiştir. Bu boyut, ekonomik büyümede niceliğe verilen önem kadar niteliğe de önem verilmesidir (Bozlağan, 2005).

1.4.4. 1992 Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio De Janerio Bildirisi)

BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, 3-14 Haziran 1992 tarihleri arasında Brezilya'nın Rio De Janeiro şehrinde toplanmıştır. Bu konferans “Yeryüzü Zirvesi” (The Earth Summit) olarak da isimlendirilmektedir. Bu konferansa 172 ülkenin temsilcisi ve yaklaşık 2400 sivil toplum kuruluşu olmak üzere geniş çaplı katılım sağlanmıştır. Konferansın sonucunda beş adet bildiri yayınlanmış ve bu bildiriler aşağıda ifade edilmiştir (DESAUN, 2007):

- i. Çevre ve Kalkınma Üzerine Rio Bildirisi:* Bu bildiride sürdürülebilirlik için 27 temel prensip belirtilmiş ve bu prensipler ışığında bireysel ve toplumsal odaklı sürdürülebilirlik ele alınmıştır. Dünya genelinde sürdürülebilirliğin sağlanması için ülkelerin beraber hareket etmesi gerektiği noktasından hareketle, küresel iş birliğine dayalı yeni bir yapının sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca bu bildiride insan ve doğanın uyumlu olması, gelişmekte olan ülkelerde fakirlik sorununa çözüm bulunması ve gelişmiş ülkelerde çevresel hasarın minimuma indirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.
- ii. Gündem 21 (Agenda 21):* Gündem 21 bildirisi Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nın ana bildirisi niteliğindedir. Bu bildiriye göre, sürdürülebilir kalkınma için ülkelerin kendi ulusal sürdürülebilir kalkınma programlarını oluşturmaları gerekmektedir ve bu programlar çevre kanunlarını ve düzenlemelerini de kapsamalıdır. Çevre koruma birimlerinin oluşturulması, programların daha etkili uygulanmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, çevre koruma birimlerinin toplum tarafından biçimlendirilmesi ve hükümet tarafından desteklenmesi durumunda programlar başarıya ulaşacaktır. Gündem 21 (Agenda 21) Bildirisi'nde tüm ülkelere 2005 yılına kadar ulusal sürdürülebilirlik ve kalkınma programlarının açık bir şekilde oluşturulması istenmiştir.

iii. Orman Prensipleri Bildirisi: Orman Prensipleri Bildirisi hem kalkınmanın sağlanabilmesi hem de canlıların hayatlarını idame ettirebilmesi için gerekli olan ormanların yönetilmesi ve korunmasına yöneliktir.

iv. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması, küresel iklim sisteminin bozulmasının önüne geçmek, iklim değişikliği sorununa çözüm bulmak ve küresel çapta karbon salınımını azaltmak için yapılmıştır.

v. Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması: Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması'nın temelini, ülkelerdeki biyolojik çeşitliliğin korunması ve bu koruma işlemi için gerekli olan yöntemlerin geliştirilmesi oluşturmaktadır.

Rio Bildirisi'nde, genel olarak hükümetler tarafından ulusal ve uluslararası planlar hazırlanırken ekonomik kararların yanında çevresel etkilerin de düşünülmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında politika yapıcıların şu kriterlere dikkat etmesi gerekmektedir (Pelling, 2008):

- ° Üretim yöntemleri, BM ve hükümetler tarafından istikrarlı bir şekilde incelenmelidir.
- ° Fosil enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- ° Taşımacılık sistemlerinde karbon salınımı azaltılarak karbondioksit kaynaklı sağlık problemlerinin önüne geçilmelidir.
- ° Temiz su kaynakları hakkında kamuoyu sürekli canlı tutulmalıdır.

1.4.5. 1997 Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi Gözden Geçirimi (Dünya Zirvesi+5)

Rio Konferansı'nın sonuçlarının değerlendirilmesi için Rio Konferansından beş yıl sonra 23-27 Haziran 1997 tarihlerinde New York'ta düzenlenmiştir. Rio Konferansı sonrasında ortaya konan Gündem 21 eylem

planını değerlendirmek ve bu planın etkilerini gözlemlemek amacıyla gerçekleştirilen toplantının hedefleri şu şekilde sıralanmaktadır (Güler, 2003):

- ° Dünya Zirvesi'nden günümüze kadar geçen sürede sürdürülebilirlik adımlarını değerlendirmek,
- ° Dünya genelinde uygulanan başarılı sürdürülebilirlik adımlarını değerlendirmek,
- ° Dünya Zirvesi'nde önerilen ancak başarıya ulaşmayan eylemlerin başarısızlık nedenlerini araştırmak,
- ° Ekonomi, üretim, tüketim, ulaştırma, enerji ve su kıtlığı gibi önemli konular üzerinde strateji oluşturmak,
- ° Hükümetleri ve uluslararası kuruluşları sürdürülebilirlik konusunda tekrar teşvik etmek.

Bu toplantı sonucunda kuzey-güney arasında bir anlaşmaya varılamamış ve bu yüzden Gündem 21'in uygulamalarına devam edilmesi kararlaştırılmıştır.

1.4.6. 2000 Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Zirvesi

Binyıl Kalkınma hedefleri, 2000 yılında BM önderliğinde toplanan ve 189 ülke temsilcisinin bir araya geldiği tarihi zirvede belirlenmiştir. Binyıl Kalkınma Hedefleri, temel olarak, aşırı yoksulluğun ve açlığın 21. Yüzyılda bitirilmesini hedeflemektedir. Daha ayrıntılı ele alınacak olursa; Binyıl Kalkınma Hedefleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir (DPT, 2010):

- ° Mutlak yoksulluk ve açlığı ortadan kaldırmak,
- ° Herkesin temel eğitim almasını sağlamak,
- ° Kadınların konumunu güçlendirmek ve toplumsal cinsiyet, eşitliğini geliştirmek,
- ° Çocuk ölümlerini azaltmak,
- ° Anne sağlığını iyileştirmek,
- ° HIV/AIDS, sıtma ve diğer salgın hastalıklarla mücadele etmek,
- ° Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak,
- ° Kalkınma için küresel ortaklıklar geliştirmek.

Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Zirvesi, 1990'lardan 2000'e kadar yapılan ulusal ve uluslararası konferans ve zirvelerin doruk noktasını temsil etmektedir. Zirvede alınan kararlar ve belirlenen hedefler sayesinde ülkelerdeki yoksulluk oranının düşürüleceği düşüncesi tüm katılımcılar tarafından benimsenmiştir. Binyıl Kalkınma Hedefleri 2005 yılında 8 amaç, 18 hedef ve 48 göstergeden oluşmaktayken; 2010 yılında 8 amaç, 21 hedef ve 50 göstergeyi kapsar hale gelmiştir (DPT, 2010).

Binyıl Kalkınma Hedeflerinin sayısal olması, hedefler için zaman sınırının koyulması ve gelişmelerin izlenmesi gereksinimlerinden dolayı sistematik ölçümlerin yapılması önerilmiştir. Küresel çapta yapılan izleme çalışmaları, ülkelerdeki gelişmelerin eşit olmayan hızda gerçekleştiğini ve ülkelerin hedefleri gerçekleştirecek eşit kaynaklara sahip olmadığını göstermektedir. Bu çerçevede düşünüldüğünde, uluslararası kuruluşlar, hükümetler, özel sektör ve gönüllü kuruluşlar arasında iş birliğinin sağlanması gerekmektedir (DPT, 2010).

1.4.7. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, 1997 yılının Aralık ayında Japonya'nın Kyoto şehrinde toplanmıştır. Protokole yaklaşık 10.000 delege, gözlemci ve gazeteci katılmıştır. Kyoto Protokolü sonucunda, sanayileşmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını 1990 yılına oranla %5 oranında azaltmaları, fosil enerji kaynakları yerine alternatif enerji kaynaklarına yönelmeleri ve enerji verimliliği yüksek sistemlere geçilmesi kararlaştırılmıştır (Başkaya, 2020). 1997 yılında imzalanarak 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, temel olarak, küresel ısınmayı durdurmayı ve sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır.

Kyoto Protokolü'nün başarıya ulaşması için şu şartların yerine getirilmesi gerekmektedir (Öztürk, 2007):

- ° Kısıtlamalar sadece birkaç sera gazını değil küresel ısınmaya neden olan tüm gazları içermelidir.
- ° Tüm ülkeler için standart bir uygulama tespit etmek yerine ülkelere kendi politikalarını oluşturma imkânı verilmelidir.
- ° Ülkelere getirilen zaman kısıtlamalarına esneklik getirilmelidir.

2000 yılında New York'ta düzenlenen Birleşmiş Milletler Binyıl Zirvesi'ne katılan katılımcılar Binyıl Kalkınma Hedefleri üzerinde mutabakat sağlamışlardır. Hem çevresel hem de insani sorunları ele alan bu hedefler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Yücel ve Kurnaz, 2021):

- ° Yoksulluk ve açlıkla mücadele etmek,
- ° Evrensel ilköğretimi sağlamak,
- ° Kadınları güçlendirerek cinsiyet eşitliğini sağlamak,
- ° AIDS ve sıtma gibi hastalıkları önlemek,
- ° Anne sağlığını iyileştirmek,
- ° Çocuk ölümlerini azaltmak,
- ° Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak,
- ° Sürdürülebilir kalkınma için küresel çapta iş birliği yapmak.

1.4.8. 2002 Johannesburg Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi

Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi 2002 yılında Güney Afrika'nın Johannesburg şehrinde toplanmıştır. Zirve'de Uygulama Planı ve Siyasi Bildiri olmak üzere iki resmi sonuç belgesi düzenlenmiştir. Uygulama Planı ulusal, bölgesel ve küresel düzeylerde eylem planını ifade ederken; Siyasi Bildiri ise hükümetler tarafından imzalanan anlaşmaları ifade etmektedir.

Uygulama Planı, beşi önceden belirlenen öncelikli alanlar olmak üzere toplamda on bölümden oluşmaktadır. Sağlık, toplum sağlığı, su, enerji, tarım ve biyolojik çeşitlilik konuları öncelikli alanları oluşturmaktadır. Yine bu zirvede, yoksulluğun azaltılması, doğal kaynakların korunması ve üretim ve tüketim biçimlerinin değiştirilmesi gibi konular vurgulanmıştır. Dünya Zirvesi genel sekreterinin yapmış olduğu açıklamaya göre; düzenlenen bu zirve, öncelikli alanlarda acil eylem planlarının yürütülmesi ve uluslararası iş birliklerinin yapılması konularında oldukça başarılı olmuştur (Paul, 2008; Yaylı, 2007; Şanlı ve Armağan, 2017).

1.4.9. 2012 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20)

1992 yılında Brezilya’da düzenlenen ilk Rio Dünya Zirvesi’nden 20 yıl sonra Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio +20) düzenlenmiştir. Rio +20 Zirvesi’nin temel amaçları şu şekilde özetlenebilir:

- ° Sürdürülebilir kalkınma için küresel iş birlikleri
- ° Daha önce düzenlenen konferansların değerlendirilmesi
- ° Ortaya çıkan sorunlara çözüm aranması.

Düzenlenen bu zirvede sürdürülebilir kalkınma ile ilgili olarak Yeşil Ekonomi konusu da ele alınmıştır. Özellikle Yeşil Ekonomi alanında çok önemli politikalar ve yönergeler kabul edilmiştir. Ayrıca Rio+20 zirvesinde enerji, okyanuslar, gıda arz güvenliği ve şehirler gibi konular da ele alınmış ve bu konularda önemli kararlar verilmiştir (Mensah, 2019). Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20), temelde yeşil ekonomi, sürdürülebilir kalkınma, yoksullukla mücadele ve sürdürülebilir kalkınma için kurumsal çerçeve konuları üzerine odaklanmıştır (Pisano, Endl ve Berger, 2012)

1.4.10. 2015 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Eylül 2015’te düzenlenmiştir. Zirve sonrasında üzerinde uzlaşmaya varılan Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi 193 ülkenin imzasıyla kabul edilmiştir. Bu zirvede ele alınan temel konular; yoksulluğun her boyutuyla ortadan kaldırılması, ekonomik kalkınma, sosyal kalkınma ve çevresel sorunlarla mücadeledir. Bu zirvede, yoksulluğun ortadan kaldırılması, toplum refahının artırılması ve çevresel zararın azaltılması amaçlanmıştır. Ayrıca, cinsiyet eşitliği, gıda israfıyla mücadele, dezavantajlı gruplar, biyoçeşitliliğin korunması gibi sosyal ve çevresel konuların yanında, sanayileşme, teknolojik gelişmeler, istihdam ve ekonomik büyüme gibi konular da gündeme taşınmıştır (TCSBB, 2019).

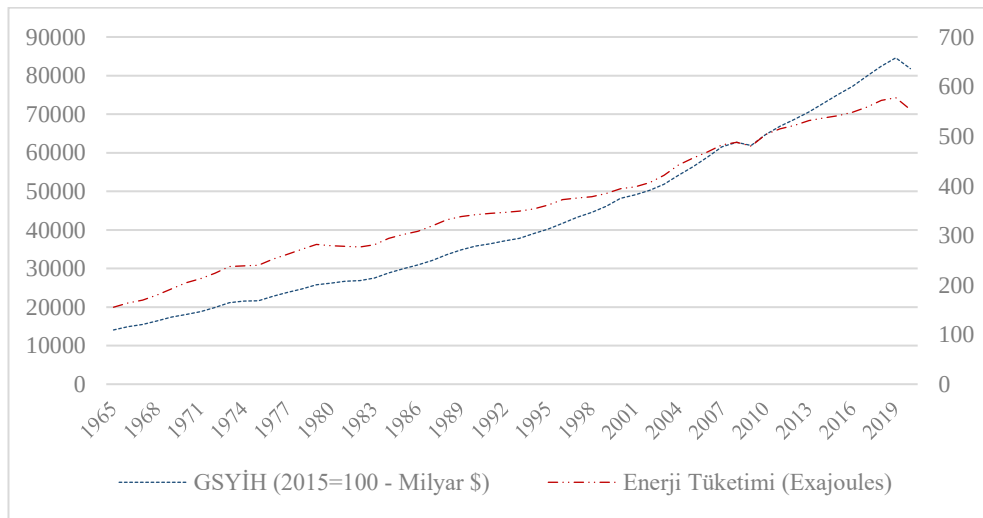
2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (SKA) altında toplam

169 hedeften oluşmaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının temel amacı, 2015-2030 dönemi boyunca, “hiç kimseyi arkada bırakma” anlayışıyla ülkelerin sürdürülebilir kalkınma sürecinin dışında bırakılmamasıdır (TCSBB, 2019). 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ve burada alınan SKA’lar ilerleyen bölümlerde ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

1.5. Sürdürülebilir Kalkınma ve Enerji İlişkisi

Sanayi devriminden sonra kitlesel üretim yaygınlaşmış ve ülkeler daha fazla üretim yapmak için daha fazla üretim faktörü kullanmaya başlamıştır. Hızlı makineleşme süreci, beraberinde enerji talebinde artış meydana getirmiş ve enerjinin bileşenleri önemli ölçüde değişmiştir. Sanayi Devriminden sonra artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için özellikle kömür ve petrol gibi fosil enerji kaynakları önem kazanmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu süreçte sanayileşmenin ve üretim alanlarında rekabetin başlaması, fosil enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararların göz ardı edilmesine sebep olmuştur.

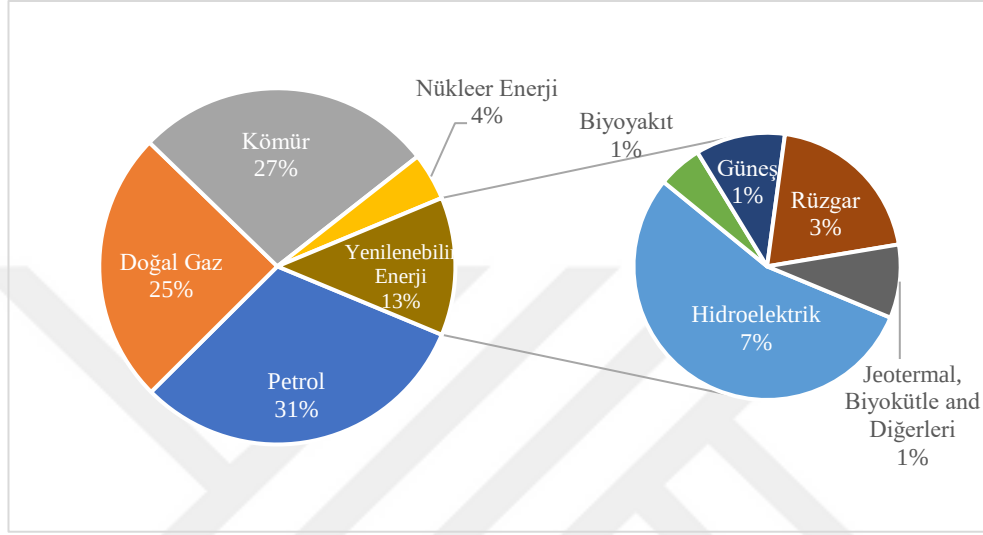
Enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bununla birlikte, ülkeler üretim yapmak ve üretimi devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Ülkeler enerji kaynaklarına sahip olsunlar ya da olmasınlar enerji gereksinimi ekonomi büyüdükçe artmaktadır.



Şekil 5: Küresel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme

Kaynak: BP 2021 Statistical Review of World Energy verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

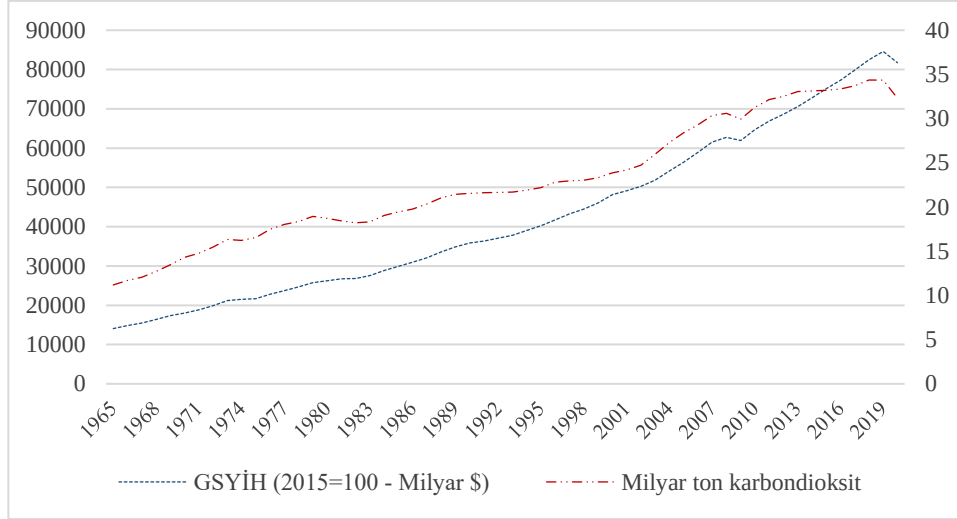
Şekil 5'te küresel enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi gösterilmektedir. Şekilde de görüleceği gibi; enerji tüketimi ve GSYİH arasında bir paralellik bulunmaktadır. Şekil 6'da ise küresel enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 6: Küresel Çapta Kaynaklara Göre Enerji Tüketimi (2020 Yılı)

Kaynak: BP 2021 Statistical Review of World Energy verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

2020 Dünya enerji tüketimine bakıldığında; dünyada tüketilen enerjinin %31'i petrolden, %25'i doğalgazdan, %27'si kömürden, %4'ü nükleer enerjiden ve %13'ü ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları daha detaylı incelenirse; 2020 yılında dünyada tüketilen enerjinin %7'si hidroelektrikten, %3'ü rüzgârdan, %1'i güneşten, %1'i biyoyakıttan ve %1'i ise jeotermal, biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Enerji üretiminde en büyük payı petrol, kömür ve doğalgaz almaktadır. Tüketilen enerjinin kaynağına bakıldığında; yer altı kaynaklarının yerüstü kaynaklarına göre daha fazla kullanıldığı görülmektedir. 2020 Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %83'lük kısmı doğal yer altı kaynaklarından, %4'ü nükleer enerjiden ve geriye kalan %13'lük kısmı ise ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır.



Şekil 7: Küresel GSYİH ve CO2 Emisyonu

Kaynak: BP 2021 Statistical Review of World Energy verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 beraber değerlendirildiğinde; küresel ekonomik büyümenin ve küresel enerji tüketiminin yıllar itibariyle arttığı görülmektedir. Ayrıca, küresel çaptaki üretim yapısı ağırlıklı olarak fosil kaynaklara dayanmaktadır. 2020 yılındaki dünya enerji tüketiminin yaklaşık %83'lük kısmı fosil kaynaklardan karşılanmıştır. Bu durum ise çevrenin tahrip edilerek doğal kaynaklar üzerindeki baskının artmasına neden olmaktadır.

Günümüzde, Sanayi Devriminden bugüne kadar izlenilen büyüme politikalarının artık sürdürülemez olduğu kabul görmektedir. Çünkü üretimin fosil kaynaklara dayalı olmasının çevre üzerinde yapmış olduğu baskı göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaşmış ve gelecek nesilleri tehlikeye atar hale gelmiştir.

Günümüzde enerji, sadece sanayi için değil günlük hayatın idame ettirilmesi için de çok önemli bir unsurdur. Uygarlık düzeyi enerji kullanımı sayesinde ilerlemektedir. Bu yüzden, talep edilen toplam enerji miktarı her geçen gün artmaktadır. Ayrıca ülkeler, mevcut refah seviyelerini sürdürmek için de enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Ülkeler ulaştıkları refah seviyesinden taviz vermek istemedikleri için tüketilen enerji miktarı azalmamakta ve ilerleyen zamanlarda da azalmayacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden,

toprak, hava ve su gibi doğal kaynaklar her geçen gün daha fazla kirlenmekte ve canlı yaşamını tehdit eder duruma gelmektedir (Kızıldere, 2020).

Mevcut üretim ve tüketim kalıplarının devam ettirilmesi doğal kaynaklar üzerindeki baskının artarak devam etmesine neden olmaktadır. Doğal kaynaklar üzerindeki baskının ve tahribatın artması ise gelecek nesillerin refahını sınırlayıcı etki doğurmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme çabaları doğal kaynaklar üzerindeki küresel baskıyı daha fazla artırmaktadır (Kızıldere, 2020).

Ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları yeni bir kalkınma anlayışına entegre etme çalışmalarının sonucunda ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma anlayışı, genel olarak bugünkü yaşam kalitesinin ve refahın gelecekte de devam ettirilmesi anlayışına dayanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için gelecek nesillerin yaşam koşulları için bugünden kaygı duymak ve önlem almak gerekmektedir. Bu yüzden, mevcut üretim ve tüketim kalıplarının neden olduğu doğal kaynaklar üzerindeki baskı ve çevre tahribatı, çözüm bulunması gereken önemli konuların başında gelmektedir.

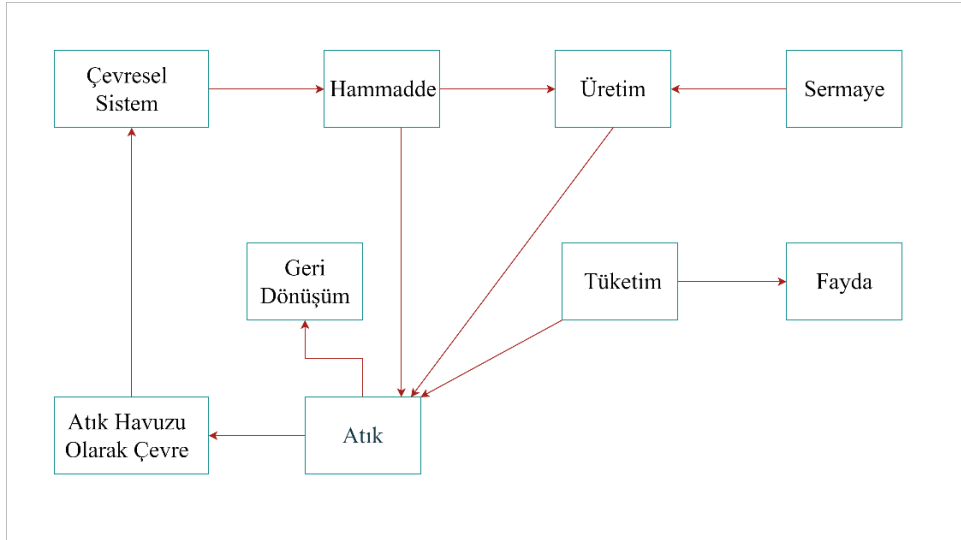
Sürdürülebilir kalkınmanın ölçülmesinde sadece kişi başına düşen GSYİH yeterli değildir. Bunun için insan refahını artırıcı fiziksel ve sosyal göstergeler de değerlendirmeye eklenmiş; İnsani Gelişme Endeksi (HDI, *Human Development Index*) hesaplamalarına gelir, eğitim ve sağlıkla ilgili göstergelere ek olarak kaynak tüketimi ve çevresel bozulma gibi göstergeler de dâhil edilmiştir (Neumayer, 2001). Son dönemlerde ise İnsani Gelişme Endeksi hesaplamalarına kişi başına düşen elektrik tüketimi, enerji yoğunluğu, kişi başına düşen karbon salınımı gibi hem enerji hem de çevresel göstergeler eklenmiştir (Ediger ve Huvaz, 2006). Çünkü enerji, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarının merkezinde yer almaktadır (Ediger, 2009). Bu noktada, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmaktadır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtların aksine, kullanıldığında tükenmez, gelecekte aynı miktarda kullanılabilir ve en önemlisi çevreyi tahrip edici etkisi oldukça çok sınırlıdır. Bunu yanında, yenilenebilir enerji kaynakları; sürdürülebilir enerji ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunabilecektir (Batı, 2014).

1.6. Ülkelerin Gelişmişlik Seviyesi ve Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyutu bulunmaktadır. Kendi aralarında ilişki içerisinde bulunan bu boyutlar, ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre farklı öneme sahiptirler. Çalışmanın bu bölümünde, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik ve çevresel boyutları arasındaki ilişkisi ele alınacaktır. Daha sonra, sürdürülebilir kalkınma açısından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin aralarındaki farklar tartışılacaktır.

1.6.1. Ekonomi ve Çevre İlişkisi

Sürdürülemez bir hale gelen çevre kirliliği ve doğal kaynakların tahribatıyla ekonomi arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Ekonomik faaliyetlerin artması çevresel problemlere yol açmakta; çevresel sorunlar da ekonomiye ve altyapı çalışmalarına zarar vermektedir. Bu çerçevede, ekonomik faaliyetler çevre kirliliğine neden olurken çevre kirliliği ise ekonomik ve sosyal maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Yukarıda anlatılan ekonomi ve çevre ilişkisi Şekil 8’de daha kapsamlı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 8: Ekonomi ve Çevre İlişkisi

Kaynak: Perelet ve öte. (2014) çalışmasından Türkçe 'ye çevrilmiştir.

Şekil 8’de üretim ve çevre ilişkisi genel hatlarıyla gösterilmektedir. Üretim için gerekli olan hammadde ve diğer girdiler doğal kaynakları da içeren çevreden sağlanmakta ve üretim ve tüketim süreçleri sonunda meydana gelen zararlı atıklar çevreye salınmaktadır. Bu atıkların bazıları geri dönüşüm ile üretim sürecine tekrar kazandırılırken; geri dönüşümü sağlanamayan atıklar ise çevresel sorunlara neden olmaktadır. Çevre ile ekonomi arasındaki karşılıklı ilişki, çevrenin üretim için hammadde sağlamasından kaynaklandığı gibi, direkt olarak ekonomik refahın ana unsurlarından biri olmasından da kaynaklanmaktadır (Ulucak ve Erdem, 2012).

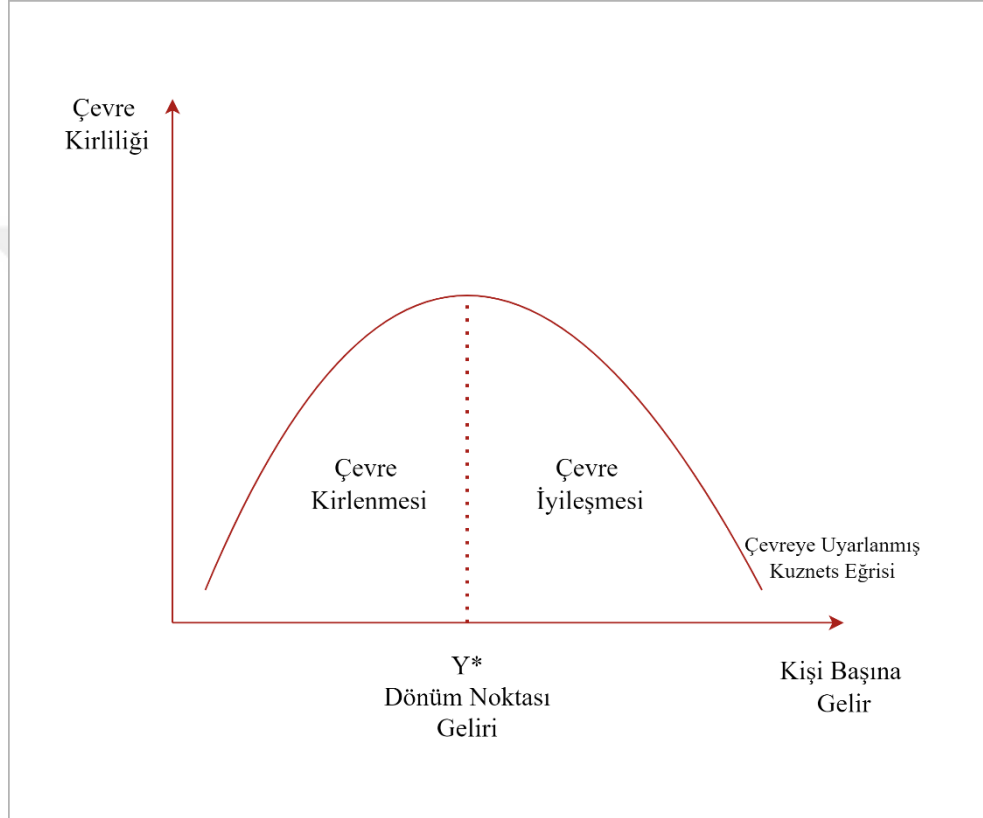
Ekonomi ve çevrenin bu denli yakın ilişkide olması nedeniyle çevreyi ekonomiden ayrı düşünmek imkânsızdır. Bu sebeple, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma için doğal kaynakların ve çevrenin etkin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Ancak, ekonomik süreçlerde çevreye verilen önem ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre farklılaşmaktadır. Gelişmiş ülkeler yatırım ve üretim politikalarını oluştururken çevresel dinamiklere dikkat ederken; gelişmekte olan ülkelerde bu durum göz ardı edilmektedir (Erataş ve Uysal, 2014). Gelir değişimi ve çevre kirliliği arasındaki bu sistematik ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi ile incelenmektedir ve bu konuya aşağıda detaylıca değinilmiştir.

1.6.1.1.Çevresel Kuznets Eğrisi

Simon Kuznets, 1955 yılında yapmış olduğu çalışmada gelir dağılımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Bu çalışmada Kuznets, ekonomik gelişmeye bağlı olarak kişi başına düşen gelirin arttığını ancak bu gelişmelerin ilk safhada gelir dağılımını bozduğunu; gelir dağılımındaki bozulmanın belirli bir dönüm noktasından sonra ise azaldığını ifade etmiştir. Gelir dağılımı ve ekonomik büyüme arasındaki bu ilişki “*Ters U*” veya “*Çan Eğrisi*” olarak tanımlanırken; bu ilişkiyi gösteren eğriye ise Kuznets Eğrisi denilmiştir (Panayotou, 1993; Shafik, 1994; Grossman ve Krueger, 1995).

1990’lı yılların başında küresel ısınma, çevre kirliliği, doğal kaynakların tahribatı ve karbon emisyonu gibi çevresel sorunların gündeme gelmesi bu alanda yapılan çalışmaların sayısını artırmıştır. Bu gelişmelerle birlikte,

Kuznets Eğrisi 1990'lı yılların başında çevreye uyarlanmış ve kişi başına düşen gelir ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımı ortaya konmuştur. Buna göre, ekonomik büyümenin artması belirli bir seviyeye kadar çevre kirliliğinin artmasına neden olurken, belirli bir dönüm noktasından sonra ise azalmasını sağlamaktadır (Panayotou, 1993; Shafik, 1994; Grossman ve Krueger, 1995).



Şekil 9: Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi

Kaynak: Dinda'nın (2004, s. 434) çalışmasından yararlanılarak yazar tarafından geliştirilmiştir.

Çevresel Kuznets Eğrisi Şekil 9'da gösterilmektedir. Şekil 9'da görüldüğü üzere, Y^* gelir seviyesine kadar kişi başına gelirden meydana gelen artışlar çevre kirliliğine neden olmaktadır. Y^* gelir seviyesinin aşılmasından sonraki aşamalarda ise kişi başına gelirden meydana gelen artışlar çevrede iyileşme sağlamaktadır.

Çevresel Kuznets Eğrisinin işleyişi hakkındaki ilk temel açıklama 1991 yılında Grossman ve Krueger tarafından yapılmıştır. Çalışmaya göre,

ekonomik büyümenin çevresel etkileri ölçek, yapısal ve teknolojik etkiler olmak üzere 3 şekilde görülmektedir. Buna göre, ekonominin ilk aşamalarında teknoloji veri iken üretim miktarını artırmak için daha fazla enerji ve kaynak kullanılacak; bu girdilerin kullanılması ise çevreyi daha fazla kirletecektir (Torras ve Boyce, 1998; Dinda, 2004; Prieur, 2009). Bu etki ölçek etkisi olarak isimlendirilmekte ve ekonominin ilk aşamalarında kendini göstermektedir. Yapısal etkiye göre, ekonomik büyüme ilerledikçe üretim yapısı değişecek ve çevreye daha fazla duyarlı üretim modeli benimsenecektir (Tsurumi ve Managi, 2010). Teknoloji etkisine göre ise gelir seviyesi yükselen ülkeler Ar-Ge alanlarına daha fazla kaynak ayırarak temiz teknolojilerin gelişmesini sağlayacaktır. Böylece eski ve kirletici teknolojiler yerine yeni ve temiz teknolojilerin kullanılması çevre kirliliğini azaltarak çevresel kaliteyi artıracaktır (Copelan ve Taylor, 2003). Bu açıklamalar ışığında Şekil 9 tekrar değerlendirilecek olursa; şeklin Y^* 'a kadar olan ilk kısmı ölçek etkisini, Y^* 'dan sonraki ikinci kısmı ise yapısal ve teknolojik etkiyi göstermektedir. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa; şeklin Y^* 'a kadar olan ilk kısmı sanayi öncesi ekonomileri, Y^* 'dan sonraki ikinci kısmı ise sanayi sonrası ekonomileri temsil etmektedir.

Çevresel Kuznets Eğrisinin tahmin edilmesine yönelik yapılan çalışmalarda yöntem olarak büyük oranda yatay kesit veya panel veri ile regresyon analizi kullanılmaktadır. Buna karşın, zaman serisi verileri ile analiz edilen çalışmalara da rastlanmaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerliliğini araştıran ve 2018-2022 döneminde yayınlanan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Çevresel Kuznets Eğrisini Konu Alan Çalışmalar

Yazar(lar)	Çalışmanın Yılı	Kapsanan Dönem	Kapsanan Ülkeler	Sonuçlar
Bora ve Atasoy	2018	1960-2014	G7 Ülkeleri	ABD, Kanada ve Fransa için Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Özcan ve öte.	2018	1961-2013	Türkiye	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Angulo ve öte.	2018	1992-2011	182 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Olale ve öte.	2018	1990-2014	Kanada	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Destek ve öte.	2018	1980-2013	15 AB Ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Barra ve Zotti	2018	2000-2009	120 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Armeanu ve öte.	2018	1990-2014	28 AB ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Churchill ve öte.	2019	1870-2014	G7 Ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Örnek ve Türkmen	2019	1975-2016	Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler	Çevresel Kuznets Eğrisi gelişmiş ülkelerde geçerli iken gelişmekte olan ülkelerde geçerli değildir.
Tzeremes	2019	1997-2012	Çin’de 30 Bölge	Çevresel Kuznets Eğrisi 30 bölgenin çoğunda geçerlidir.
Kong ve Khan	2019	1977-2014	29 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Liu ve öte.	2019	1996-2015	Çin	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Adu ve Denkyirah	2019	1970-2013	Batı Afrika Ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Koilo	2019	1990-2014	11 AB ülkesi ve Çin	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Ansari, Haider ve Khan	2020	1991-2017	37 Asya ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi Orta ve Doğu Asya ülkeleri için geçerli iken Batı, Güney ve Güneydoğu Asya ülkeleri için geçersizdir.

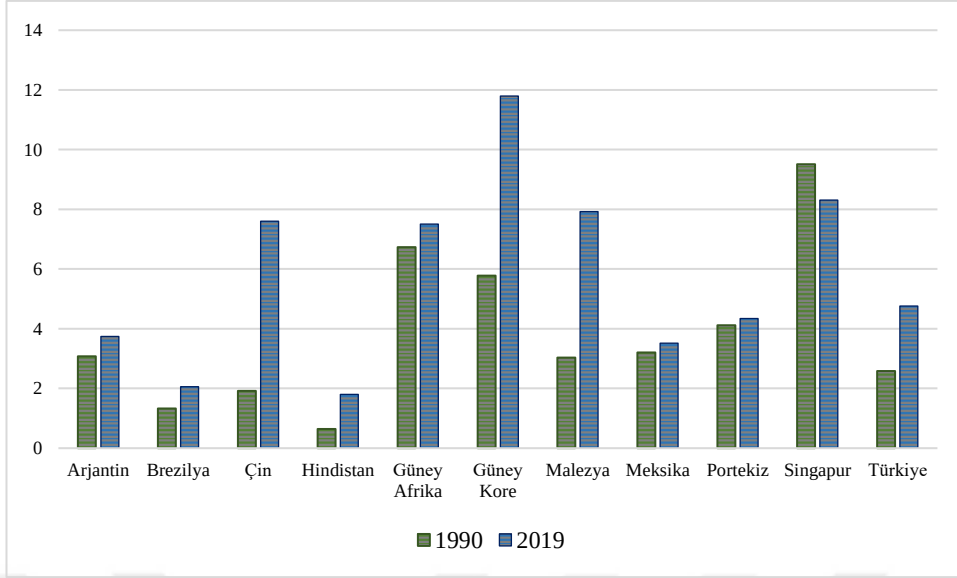
Sarkodie ve Öztürk	2020	1971-2013	Kenya	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Erdoğan	2020	2000-2015	OECD Ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Altıntaş ve Kassouri	2020	1990-2014	14 AB ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Mania	2020	1995-2013	98 Ülke	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Beyene ve Kotosz	2020	1990-2013	12 Afrika ülkesi	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Raza ve öte.	2020	1990-2015	BRICS ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Murshed, Haseeb ve Alam	2021	1995-2015	Güney Asya ülkeleri	ÇKE Bangladeş, Hindistan, Nepal ve Sri Lanka'da geçerlidir.
Ma, Ahmad ve Oei	2021	1995-2015	Fransa ve Almanya	ÇKE, Fransa ve Almanya'da geçerlidir.
Ahmad, Muslija ve Satrovic	2021	1992-2014	Gelişmekte olan 11 ülke	ÇKE, Brezilya, Çin, Hindistan, Malezya, Rusya, Tayland ve Türkiye'de geçerlidir.
Bulut	2021	1970-2016	Türkiye	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Murshed ve öte.	2021	1972-2018	Bangladeş	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Kaya Kanlı ve Küçükefe	2022	1970-2019	Nüfusu 10 milyon üzerinde olan ülkeler	Çevresel Kuznets Eğrisi bazı yüksek gelirli ülkeler için geçerli olsa da küresel ölçekte geçerli değildir.
Onifade	2022	1995-2016	Petrol üreten Afrika	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Massagony ve Budiono	2022	1965-2020	Endonezya	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Ansari	2022	1991-2016	ASEAN Ülkeleri	ÇKE, ekolojik ayak izi değişkeni kullanıldığında geçerlidir ancak CO2 emisyonu kullanıldığında geçerli değildir.
Frodyma, Papież ve Śmiech	2022	1970-2017	AB ülkeleri	Çevresel Kuznets Eğrisi geçerli değildir.
Kartal, Acaroğlu ve Márquez	2022	1980-2014	Türkiye, İran ve Bulgaristan	ÇKE, Türkiye'de uzun vadeli geçerliliğe sahipken İran ve Bulgaristan'da geçersizdir.

Ekonometrik yöntemlerde meydana gelen gelişmeler Çevresel Kuznets Eğrisinin yeniden test edilmesine neden olmuştur. Ancak, farklı uygulamalara bakıldığında; ortak tek bir sonucun olmadığı görülmektedir. Elde edilen sonuçların, veri setine, yöntemlere, zaman ve mekân boyutuna göre farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır.

Kişi başına düşen gelirin düşük olduğu endüstri öncesi toplumlarda ekonomik faaliyetler tarım ve benzeri alanlara dayalı olduğu için endüstriyel çevre kirliliği meydana gelmemektedir. Böyle bir durumda çevresel kirlilik ekonomiden etkilenmemektedir. Buna göre, Çevresel Kuznets Eğrisi ülkelerin endüstrileşmesiyle geçerlilik kazanmıştır (Yandle ve öte., 2004). Sanayi sektörünün ekonomideki rolünün artması çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Çünkü ölçek ekonomilerine bağlı olarak üretimin artması daha fazla doğal kaynak kullanımına neden olmakta; bu ise hem doğal kaynakların aşırı kullanımına hem de zararlı atık miktarının artmasına neden olmaktadır. İktisadi gelişmeyle birlikte ülkelerin ekonomik yapısının sanayiden hizmet sektörüne kayması ise Ar-Ge için daha fazla yatırım yapılmasını, temiz teknolojilerin kullanılmasını ve böylece çevresel kirliliğinin azaltılmasını sağlamaktadır (Erataş ve Uysal, 2014).

1.6.2. Sürdürülebilir Kalkınma Gelişmekte Olan Ülkelerde Uygulanabilir Mi?

Ülkelerin gelişmişlik seviyelerine göre sürdürülebilir kalkınmayı anlama ve uygulama şekilleri farklılık göstermektedir. Günümüzde gelişmiş ülkelerin daha fazla sermaye stokuna sahip olması, refah seviyelerinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Gelişmiş ülkeler, bugünkü gelişmişlik seviyesine gelene kadar doğal kaynakları yoğun kullanarak ekonomik fayda elde etmişlerdir. Yoğun olarak kullanılan doğal kaynaklar ise çevresel sorunları beraberinde getirmiş ve bu durum sürdürülemez bir boyuta ulaşmıştır (Bernardini ve Galli, 1993). Ancak gelişmiş ülkeler daha yüksek teknolojiye, çevre koruma sistemlerine ve büyük ekonomiye sahip oldukları için negatif dışsallıkların önüne geçebilmektedir. Ayrıca yüksek sosyoekonomik yapıya sahip olmaları ise çevreyi koruma maliyetini düşürmektedir.



Şekil 10: Kişi Başına Düşen Karbondioksit Miktarı (Metrik Ton)

Kaynak: Dünya Bankası verileri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 10’da bazı yükselen ekonomilerin 1990 ve 2019 yıllarındaki kişi başına düzen CO2 miktarları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Singapur hariç seçili ülkelerin tamamında kişi başına düşen karbondioksit miktarı artmıştır. Özellikle Çin, Güney Kore, Malezya ve Türkiye gibi ülkelerde ciddi artışlar görülmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler, sürdürülebilir kalkınma konusunda gelişmiş ülkelere göre çok daha farklı zorluklarla karşılaşmaktadır. İlk olarak, gelişmekte olan ülkelerin en önemli amacı üretim artışını sağlamaktır. Bu yüzden çevresel sorunlar arka planda kalmaktadır. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek nüfus artışı, etkin ve verimli kullanılırsa, sürdürülebilir kalkınma için önemli bir kaynaktır. Aksi bir durumda ise daha fazla atık ve çevre kirliliğine neden olacağı için doğa üzerindeki baskıyı artıracaktır.

Gelişmekte olan ülkeler, düşük gelir düzeyine sahip oldukları için sürdürülebilir kalkınmanın finansmanında zorluk çekmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin, çevre politikalarını gelişmiş ülkelerin seviyesine çıkarabilmeleri için teşvik ve destek mekanizmalarını kurmaları gerekmektedir. Bu ise ülke ekonomisi için ekstra bir maliyeti ifade etmektedir. Diğer taraftan gelişmekte olan ülkelerdeki istihdam yaratma politikaları, çevresel kaygıları ikinci plana atmaktadır. Çünkü büyük ölçekli

ekonomik aktivitelerin istihdam yaratma etkisi çevre kirliliği kaygılarından daha ağır basmaktadır.

Serbest ticaret, küresel çevre kirliliğine ve doğal kaynakların aşırı tüketilmesine neden olmaktadır. Çünkü endüstriler, çevre politikalarının daha düşük olduğu coğrafyalara göç edebilmekte veya göç etme tehdidi ile çevre politikalarının gevşetilmesi için baskıda bulunabilmektedir. Üretim yapılacak coğrafyanın seçiminde çevre politikalarının yanında ücretler, pazara yakınlık, ulaşım ve altyapı gibi faktörler de etkili olmaktadır (Akbostancı ve öte., 2005).

Gelişmiş ülkelerdeki tüketicilerin çevreye olan duyarlılıklarının fazla olması ve dünya çapındaki çevreyle ilgili düzenlemelerin artması, kirli endüstrilerin maliyetlerini artırmıştır. Bunun aksine, gelişmekte olan ülkelerdeki tüketicilerin çevre duyarlılıklarının görece az olması kirli endüstrilerin gelişmekte olan ülkelere göç etmesine neden olmaktadır. Bu durum “Kirlilik Sığınağı Hipotezi” olarak isimlendirilmiştir (Akbostancı ve öte., 2005). Başka bir ifadeyle, kirlilik sığınağı hipotezi, çevre kirliliğine neden olan endüstri kollarının ve etkin olmayan üretim tekniklerini kullanan birimlerin gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kaymasını ifade etmektedir. Buna ek olarak, gelişmiş ülkeler zehirli atıklarını doğrudan gelişmekte olan ülkelere ihraç etmektedir. Kirliliğe neden olan endüstri kollarının, etkin olmayan üretim tekniklerini kullanan birimlerin ve zehirli atıkların gelişmekte olan ülkelere toplanmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilmektedir (Erataş ve Uysal, 2014):

- ° Gelişmekte olan ülkelerdeki tüketicilerin çevreye daha duyarsız olması,
- ° Gelişmekte olan ülkelerin, gelir düzeyleri düşük olduğu için, her türlü ekonomik faaliyete gönüllü olmaları,
- ° Gelişmekte olan ülkelere çevre standartlarının gelişmemiş olması,
- ° Gelişmiş ülkelere mülkiyet haklarının sağlıklı bir şekilde tanımlanmamış olması.

Esasında, çevre kirliliği ve doğal kaynakların tahribatı tüm dünyayı etkilemekte ve ilgilendirmektedir. Küresel bir boyuta ulaşan bu sorunların çözümünün de küresel boyutta olması gerekmektedir. Bu yüzden, dünya çapında kongreler düzenlenerek gelecek planları yapılmaktadır. Ancak, bu planların uygulama yönüne bakıldığında, özellikle gelişmiş ülkelerin kendini kurtarma politikası izlediği görülmektedir. Gelişmiş ülkelerin bu tutumu, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nin “hiç kimseyi arkada bırakma” anlayışıyla çelişmektedir. Tüm dünya ülkeleri bu problemlerle gerçekten mücadele etmediği sürece sürdürülebilir kalkınma gerçekleşmesi zor bir ihtimal olarak kalacaktır.

1.7. BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri

Küresel kalkınma rotasının sürdürülebilir bir yöne çevrilmesini hedefleyen 2030 Gündemi kapsamında 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı (SKA) belirlenmiştir. Bu SKA'lar Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

Amaç 1.	Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek
Amaç 2.	Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek
Amaç 3.	Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak
Amaç 4.	Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek
Amaç 5.	Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek
Amaç 6.	Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak
Amaç 7.	Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak
Amaç 8.	İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır istihdamı desteklemek
Amaç 9.	Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek
Amaç 10.	Ülkelerin içinde ve arasında eşitsizlikleri azaltmak
Amaç 11.	Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak
Amaç 12.	Bilinçli üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak
Amaç 13.	İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek
Amaç 14.	Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilirliğini sağlamak
Amaç 15.	Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek, sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak, çölleşme ile mücadele etmek, arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek, biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek
Amaç 16.	Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak
Amaç 17.	Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak

Kaynak: TCSBB-Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu, 2019

Ekonomik büyümenin güçlendirilmesi, teknolojik gelişmelerin istikrarlı bir şekilde ilerlemesi, okyanusların ve çevrenin korunması, çevre dostu ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi gibi hedefleri benimseyen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları; Ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan 17 SKA altında toplam 169 hedeften oluşmaktadır. SKA'ların temel amacı, 2015-2030 dönemi boyunca, "hiç

kimseyi arkada bırakma” anlayışıyla, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma sürecinin dışında bırakılmamasıdır (TCSBB, 2019).

BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri, tüm dünyadaki ülkeleri, özellikle de gelişmekte olan ülkeleri kapsayan bir yol haritası sunmaktadır. Bu hedefler, küresel kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını ele alarak, tüm insanların ihtiyaçlarını karşılama ve gelecek nesillerin yaşama şanslarını koruma amacıyla tasarlanmıştır.

Bununla birlikte, BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri, bazı tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, bu hedefler çok geniş kapsamlı olduğu için ülkelerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, hedeflerin uygulanması ve ilerlemesi için gereken finansmanın kaynakları hakkında da sorunlar mevcuttur.

Sonuç olarak, BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri, küresel bir kalkınma yol haritası sunan önemli bir girişimdir. Bu hedefler, dünya genelinde sürdürülebilir bir gelecek için gereken önemli adımları atmaya amaçlamaktadır. Ancak, bu hedeflerin uygulanması ve başarılı olması için, tüm ülkelerin birlikte çalışması ve ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş stratejiler geliştirmesi gerekmektedir.

1.7.1. Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Performansları

Ülkelerin sürdürülebilir kalkınma yolundaki ilerlemelerini izlemek için her yıl düzenli olarak Sürdürülebilir Kalkınma Raporu (SDR), yayınlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının 2015 yılında kabul edilmesinden bu yana her yıl hazırlanan raporun 2022 yılında yedincisi yayımlanmıştır. SDR 2022, Eylül 2023'te düzenlenecek olan Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi öncesinde, 2030 yılı ve sonrasındaki SKA ilerlemesini hızlandırmak için ana öncelikleri belirlemiştir. Bu çerçevede, sosyal iyileştirme, uluslararası iş birliği, temiz üretim, temiz tüketim ve temiz enerjiye evrensel erişim gibi temel konulara daha fazla ağırlık verilmesi gerekmektedir (SDR, 2022).

SKA endeksleri tablosu, her ülkenin 17 hedefle ilgili güçlü ve zayıf yönlerini vurgulayarak, seviye tespiti ve trend açısından performansını

göstermektedir. Her bir hedef için gösterge tablosu derecelendirmeleri, ülkenin en kötü performans gösterdiği iki göstergeye ilişkin verilere dayanmaktadır. Örneğin, yedi göstergeden beşindeki iyi performans, diğer ikisindeki düşük performansı telafi etmemektedir. Başka bir deyişle metodoloji, bileşik endeksin oluşturulmasındaki göstergeler arasında düşük ikame edilebilirlik veya telafi olduğunu varsaymaktadır. Tablo 3'te G20 ülkelerinin *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Endeksleri* gösterilmektedir.

Tablo 3: Ülkelerin SKA Endeksleri ve Sıralaması

Ülkeler	Puan	Sıralama
Almanya	82,2	6
Fransa	81,2	7
İngiltere	80,6	11
Japonya	79,6	19
İtalya	78,3	25
Güney Kore	77,9	27
Kanada	77,7	29
Avustralya	75,6	38
ABD	74,6	41
Rusya Federasyonu	74,1	45
Brezilya	72,8	53
Arjantin	72,8	54
Çin	72,4	56
Türkiye	70,4	71
Meksika	70,2	74
Endonezya	69,2	82
Suudi Arabistan	66,6	96
Güney Afrika	63,7	108
Hindistan	60,3	121

Kaynak: SDR, 2022

Genel olarak yüksek gelirli ülkeler ve OECD ülkeleri, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına diğer ülke gruplarından daha yakın görünmektedir. Ancak ülkelerin hiçbiri, 17 SKA'nın tamamına ulaşmış değildir. Söz konusu ülkeler, SKA 1 (Yoksulluğa Son), SKA 3 (Sağlık ve Kaliteli Yaşam), SKA 6 (Sağlıklı Su ve Sanitasyon) ve SKA 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) başta olmak üzere sosyoekonomik, altyapı ve hizmetlere temel erişimle ilgili hedeflerde daha iyi performans göstermektedir (SDR, 2022).

Bazı OECD ülkelerinde gelir eşitsizliklerinin artmasıyla birlikte nüfus grupları arasında sağlık ve eğitim eşitsizliği meydana gelmiştir. Diğer taraftan, birçok OECD ülkesinde SKA 5'e (Cinsiyet Eşitliği) ulaşmak ve cinsiyetler arası ücret farklarını azaltmak için daha fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir. Ülkelerin geneline bakıldığında, SKA 16'da (Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar) yalnızca ılımlı performans görülmektedir. Bu durum, ülkelerdeki yüksek cinayet oranları ve adalete erişimle ilgili devam eden sorunlardan kaynaklanmaktadır (SDR, 2022).

İklim değişikliğinin azaltılmasına ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına (SKA 12–15) yönelik ilerlemeyi hızlandırmak ve daha sürdürülebilir gıda sistemlerine doğru ilerlemek için yüksek gelirli ülkelerde ve OECD ülkelerinde büyük çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Tüm yüksek gelirli ülkeler ve OECD ülkeleri, ticaret ve tüketim yoluyla sınırlarının dışına olumsuz sosyoekonomik ve çevresel etkiler yaymaktadır. Bu durum, diğer ülkelerin SKA'lara ulaşma çabalarını zorlaştırmaktadır. Bu ülkeler, aynı zamanda sera gazı emisyonlarının ve iklim değişikliğinin büyük kısmından sorumludur ve bu nedenle hem ulusal ve hem de uluslararası düzeyde özel bir sorumluluk taşımaktadırlar. Ancak söz konusu ülkelerin SKA 13 (İklim Eylemi) ve SKA 14 (Sudaki Yaşam) konusundaki ilerlemeleri yetersiz kalmaktadır. Benzer şekilde, bazı OECD ülkelerindeki vergi cennetleri ve kâr kaydırma durumları da diğer ülkelerin SKA'lara ulaşmak için kaynaklardan yararlanma yeteneklerini baltalamaya devam etmektedir (SDR, 2022).

1.7.2. Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Performansı

Türkiye, BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'ndan sonraki dönemlerde sürdürülebilir kalkınmayı ülke gündemine taşımıştır. 1996 yılından sonraki süreçlerde ise bu kavramı hem kalkınma planlarına hem de politikalarına yansıtmıştır. Bunun yanında, sürdürülebilirlik kavramına yer veren sektörel ve tematik ulusal politika ve strateji belgeleri de Türkiye gündeminin önemli parçaları haline gelmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, 10. Kalkınma Planında da gündemden düşmeyen kavramlardan biri olmuştur.

Tablo 4: Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Göstergeleri ve Trendi

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları		Yapısal Durum	İlerleme Durumu
SKA 1	Yoksulluğa Son	Engeller bulunmakta	Başarılı
SKA 2	Açlığa Son	Önemli engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 3	Sağlık ve Kaliteli Yaşam	Büyük engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 4	Nitelikli Eğitim	Önemli engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 5	Cinsiyet Eşitliği	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 6	Sağlıklı Su ve Sanitasyon	Önemli engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 7	Erişilebilir ve Temiz Enerji	Engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 8	İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 9	Sanayi, Yenilik ve Altyapı	Büyük engeller bulunmakta	Başarılı
SKA 10	Eşitsizliklerin Azaltılması	Büyük engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 11	Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar	Önemli engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
SKA 12	Bilinçli Üretim ve Tüketim	Büyük engeller bulunmakta	Başarılı
SKA 13	İklim Eylemi	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 14	Sudaki Yaşam	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 15	Karadaki Yaşam	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 16	Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar	Büyük engeller bulunmakta	İlerleme yok
SKA 17	Amaçlar için Ortaklıklar	Önemli engeller bulunmakta	Başarılı

Kaynak: Sustainable Development Report (2022) verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4'teki İlerleme Durumu sütunu, ülkenin SKA'ya yönelik attığı adımları ve kaydettiği gelişmeleri incelemektedir. Bu sütundaki yeşil ile işaretlenmiş “*Başarılı*” ifadesi, ülkenin 2030 yılına kadar SKA'ya ulaşmak için gereken oranda puan artışına veya performansa sahip olduğunu ve SKA başarı eşiğini aştığını göstermektedir. Sarı ile işaretlenmiş “*Orta derecede*

ilerleme” ifadesi, ülkenin 2030 yılına kadar SKA’ya ulaşmak için gereken puan artışının %50’sinin üzerinde, ancak SKA’ya ulaşmak için gereken oranın altında olduğunu göstermektedir. Turuncu ile işaretlenmiş “*İlerleme yok*” ifadesi, başarı puanının sabit kaldığını veya 2030 yılına kadar SKA’ya ulaşmak için gereken büyüme oranının %50’sinin altında kaldığını göstermektedir. Kırmızı ile işaretlenmiş “*Başarısız*” ifadesi ise başarı puanının düşmesini ve ülkenin SKA için yanlış adımlar attığını göstermektedir.

Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınma performansına bakıldığında, 1,9,12 ve 17 numaralı SKA’larda başarılı olduğu, 2, 3, 4, 6, 7, 10 ve 11 numaralı SKA’larda orta derecede ilerleme kaydettiği ve 5, 8, 13, 14, 15 ve 16 numaralı SKA’larda ise ilerleme kaydedemediği görülmektedir. Oransal olarak ele alındığında, Türkiye’nin SKA’ların %24’ünde başarılı olduğu, %41’inde orta derecede ilerleme kaydettiği ve %35’inde ise ilerleme kaydedemediği görülmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Raporuna göre, Türkiye’nin 2022 yılı SKA endeksi 70,4 olarak tespit edilmiştir. Buna göre Türkiye, 2021 yılında 163 ülke içerisinde 70. sıradayken 2022 yılında 71. sıraya gerilemiştir.

Tablo 4’teki Yapısal Durum sütunu, sürdürülebilir kalkınma amacına ulaşmak yolundaki engelleri göstermektedir. Sarı ile işaretlenen alanlar birtakım yapısal engellerin bulunduğunu, turuncu ile işaretlenen alanlar önemli yapısal engellerin bulunduğunu, kırmızı ile işaretlenen alanlar ise büyük yapısal engellerin olduğunu göstermektedir. Tabloya bakıldığında; Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınmadaki en büyük sorununun büyük yapısal engeller olduğu görülmektedir.

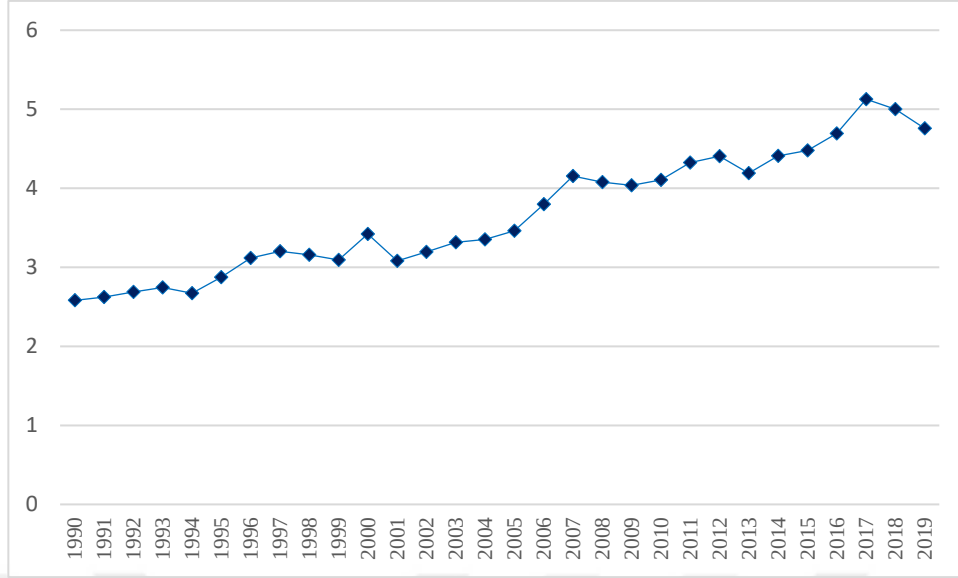
Türkiye’de yoksulluğun azaltılması kapsamında daha ayrıntılı politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde, çocuklar, yaşlılar ve engelliler için farklılaştırılmış politikalar geliştirilmeli ve bu politikaların uygulanabilirliği artırılmalıdır. Bu çerçevede düşünüldüğünde; kadınların işgücüne katılımı ve kırsal kesimdeki düşük eğitilmiş grupların üretkenlik seviyelerinin artırılması da öne çıkan sorunlar arasında yer almaktadır.

Diğer taraftan, Türkiye’de yeterli gıdaya erişim, beslenme ihtiyaçların karşılanması ve tarımsal verimliliğin artırılması gibi konularda ilerleme

kaydedilmiş ancak iyileştirilme ihtiyacı hâlâ devam etmektedir. Özellikle tarımda kullanılan teknolojinin geliştirilmesi ve tarımsal verimlilik konularına ağırlık verilmelidir.

Türkiye’de son dönemlerde izlenen politikalar hem ekonomik hem de sosyal olarak sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkilemiştir. Eylül 2021’de başlayan faiz indirim uygulamaları, Türk lirasının aşırı değer kaybı ve enflasyonun hızla yükselmesi gibi sorunlar halkın alım gücünün aşırı düşmesine neden olmuştur. Benzer şekilde, göçmen ve mülteci konularında da yanlış politikalar izlenmiş ve bunun sonucunda ülkeye çok fazla yabancı uyruklu vatandaş gelmiştir. Bu durum sonucunda ise hem toplumsal hem de ekonomik sorunlar baş göstermiştir. Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınmanın hem ekonomik hem de sosyal boyutunu olumsuz etkilemiştir.

Türkiye’de afet sonrasında yapılacak yeniden yapılanma çalışmaları ve hasarın giderilmesine yönelik teşkilatlanma sağlanmıştır; ancak, afet riskini azaltıcı veya iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkabilecek afetlere yönelik mevzuat bulunmamaktadır. Ayrıca, Türkiye’nin en önemli sorunlarının başında çevre kirliliği gelmektedir. Bu konuda Kyoto Protokolü’ne taraf olarak yasal düzenlemeler yapılmış ve iklim değişikliğine karşı politikalar oluşturulmuştur. Ancak, politikaların uygulanması ve yasalara uygunluğun denetlenmesi konularında eksikliklerin olduğu düşünülmektedir. Bu konuyla ilgili olarak Şekil 11 dikkat çekmektedir.



Şekil 11: Türkiye’de Kişi Başına Düşen Karbondioksit Miktarı (Metrik Ton)

Kaynak: Dünya Bankası verileri ile yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 11’de, Türkiye’de kişi başına düşen karbondioksit miktarı metrik ton cinsinden gösterilmektedir. 1990-2019 verileriyle oluşturulan grafikte, yıllar itibariyle kişi başına düşen karbondioksit miktarının arttığı açık bir şekilde görülmektedir. Bu durum, çevre kirliliğini azaltacak politika ve stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye’de çevreyle ilgili önemli sorunların bir diğeri ise plastik atık ithalidir. Türkiye her sene milyonlarca ton plastik atık ithal etmektedir. Greenpeace (2022) raporuna göre, Avrupa ülkelerinden Türkiye’ye gönderilen plastik atıkların miktarı 2004 yılından bu yana 196 kat artmıştır. Türkiye, 2020 yılında sadece Avrupa’dan 656.960 ton plastik atık ithal etmiştir. Bunun 209.642 tonu İngiltere’den, 136.083 tonu ise Almanya’dan ithal edilmiştir. İngiltere’den ithal edilen plastik atıkların oranı önceki yıla göre %36 artarken; Almanya’dan ithal edilenlerin oranı ise önceki yıla göre %102 artmıştır (Greenpeace, 2022). Bu atıklar ülke içinde yakılarak veya toprağa karışarak bertaraf edilmektedir. Bu durum; çevre kirliliği, toprak kalitesinin bozulması, yeraltı sularının ve tarımsal arazilerin kirlenmesi gibi çok çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, Türkiye’nin, çevre kirliliği ve plastik atık ithalatı ile mücadele etmek için daha sıkı tedbirler alması gerekmektedir.

Bu tedbirler arasında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması, geri dönüşüm tesislerinin kurulması ve plastik atık ithalatının sınırlandırılması yer almaktadır. Ayrıca, çevre bilinci ve sürdürülebilirlik konularının toplumda daha fazla vurgulanması ve desteklenmesi de önemlidir. Bu sorunların çözülmesi, sadece çevrenin korunması açısından değil, aynı zamanda ülkenin sosyoekonomik kalkınması için de önemlidir. Çünkü çevre kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi, gelecek nesillerin yaşam kalitesini ve refahını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, çevre dostu politikaların ve stratejilerin geliştirilmesi, Türkiye'nin sürdürülebilir bir gelecek için adım atmasına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmanın kapsamı açısından BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri içerisinde enerji alanına yönelik amaçlar aşağıdaki başlıkta detaylandırılacaktır.

1.8. Enerji Alanındaki Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: BM ve Türkiye

Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi, Eylül 2015'te düzenlenen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi sonrasında kabul edilmiştir. Bu zirvede, yoksulluğun her boyutuyla ortadan kaldırılması, ekonomik kalkınma, sosyal kalkınma ve çevresel sorunlarla mücadele konuları ele alınmıştır. Ayrıca, cinsiyet eşitliği, gıda israfıyla mücadele, dezavantajlı gruplar, biyoçeşitliliğin korunması gibi sosyal ve çevresel konuların yanında sanayileşme, teknolojik gelişmeler, istihdam ve ekonomik büyüme gibi konular da gündeme taşınmıştır (TCSBB, 2019). Sürdürülebilir kalkınmanın motoru olarak nitelendirilen enerji konusu da zirve gündeminde yer edinmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündeminde belirtilen 17 amaç içerisinde yedincisi enerji alanındaki amaçları içermektedir. SKA 7 kapsamında belirtilen amaçların tümü Türkiye için de geçerli olup amaçlara ulaşmak için gerekli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çerçevede, herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi amaçlayan SKA 7 ve alt hedefleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

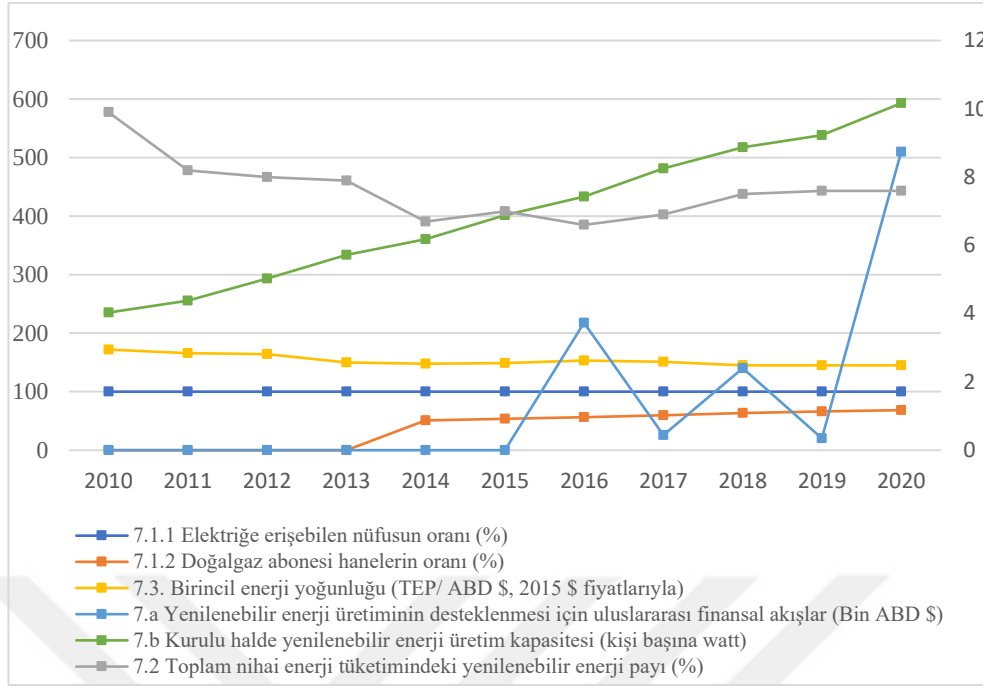
Tablo 5: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları-7

SKA 7	Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak
7.1	2030'a kadar karşılanabilir, güvenilir ve modern enerji hizmetlerine evrensel erişim sağlamak
7.2	2030'a kadar yenilenebilir enerjinin küresel enerji bileşimi içindeki payını önemli ölçüde artırmak
7.3	2030'a kadar enerji verimliliği küresel iyileşme hızını iki katına çıkarmak
7.a	2030'a kadar yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, gelişmiş ve daha temiz fosil yakıt teknolojilerini de içerecek şekilde temiz enerji araştırmaları ve teknolojilerine erişimi kolaylaştırmak için uluslararası iş birliğini çoğaltmak ve enerji altyapısı ve temiz enerji teknolojileri yatırımlarını desteklemek
7.b	2030'a kadar, herkese çağdaş ve sürdürülebilir enerji hizmetleri sağlamak için tüm gelişmekte olan ülkelerde, özellikle en az gelişmiş ülkelerde, gelişmekte olan küçük ada devletlerinde ve karayla çevrili gelişmekte olan ülkelerde altyapıyı yaygınlaştırmak ve teknolojileri yükseltmek

Kaynak: TCSBB-Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu, 2019

SKA 7 kapsamında temel olarak enerji arz güvenliğinin sağlanması, toplam enerji üretimi içerisindeki yenilenebilir enerji payının artırılması ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi konuları yer almaktadır. Ayrıca, SKA 7 üç ana tema etrafında şekillenmektedir. Bu temalardan ilki enerjinin adil dağılımı, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve temiz enerjiye erişilebilirliğin artırılması üzerine kurulmuştur. İkinci tema, enerji üretimindeki fosil kaynakların payını kademeli bir şekilde azaltarak yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmayı hedeflemektedir. Üçüncü tema ise enerji verimliliğinin artırılmasını amaçlamaktadır (TCSBB, 2019).

Şekil 12'de Türkiye için elektriğe erişim, temiz yakıt ve teknolojilere erişim ve nihai enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji payı gösterilmektedir. Bu göstergelerin tamamı yüzdesel olarak ifade edilmekle birlikte; ilk iki gösterge birincil ekseninde (solda), üçüncü gösterge ise ikincil ekseninde (sağda) gösterilmiştir.



Şekil 12: Türkiye Enerji İstatistikleri

Kaynak: TÜİK verilerinden oluşturulmuştur.

SKA 7.1 kapsamındaki göstergeler Şekil 12’de verilmektedir. Söz konusu göstergelerden *toplam nihai enerji tüketimindeki yenilenebilir enerjinin payı* ikincil eksenle gösterilirken diğer göstergeler birincil eksenle gösterilmiştir. SAK 7.1’i ifade eden 2030’a kadar karşılanabilir, güvenilir ve modern enerji hizmetlerine evrensel erişim, *elektrik erişim oranı* ve *doğalgaz abonelik oranı* ile ölçülmektedir. Bu göstergelerden Türkiye’nin elektrik erişim oranı 2000’li yılların ortasından itibaren %100 iken; doğalgaz abonelik oranı ise 2013’ten günümüze kadar artan bir seyir izlemektedir. Bunun yanında kırsal ve kentsel alanlardaki elektrik erişim kalitesi bölgeden bölgeye değişmektedir. 2000’li yılların başından itibaren temiz teknolojilerin küresel çaptaki gelişimi, bu teknolojilerin daha yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Bu durumda Türkiye’nin de temiz yakıtlara ve teknolojilere erişim oranı artmıştır.

SKA 7.2’nin göstergesi, *yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji içerisindeki payıdır*. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir yeri bulunmaktadır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtların aksine kullanıldığında tükenmez ve çevreyi

tahrip edici etkisi çok sınırlıdır. Bunu yanında yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir enerji ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunabilecektir (Batı, 2014). Şekil 12'ye bakıldığında, nihai enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji payının 2000'lerin başından günümüze kadar azaldığı görülmektedir. Söz konusu dönemde yenilenebilir enerji santrallerinin kurulu güç kapasitesi artmasına rağmen nihai enerji tüketiminin daha fazla artması, yenilenebilir enerji payının düşmesine neden olmuştur. Doğalgaz kullanımının artması, araç sayısının artması ve akaryakıt talebindeki artışlar nihai enerji tüketimini artıran sebepler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik teşviklerin önümüzdeki dönemlerde yenilenebilir enerjinin payını artıracığı düşünülmektedir.

SKA 7.3'ün göstergesi, *ekonomideki birincil enerji yoğunluğudur*. Türkiye ekonomisinde imalat sektörünün payı 2000-2015 döneminde düşüş gösterirken hizmet sektörünün payı artmıştır. Buna bağlı olarak, söz konusu dönemde Türkiye'nin nihai enerji yoğunluğu endeksi %1,5 puan azalmıştır. Ülke çapında enerji verimliliği çalışmalarının yanında teknoloji alanındaki gelişmeler ve verimli teknolojilerin yaygınlaşması, bu düşüşe katkı sağlamıştır. Türkiye'de enerji verimliliği konusunda birçok adım atılmış ancak yetersiz kalmıştır. Bu konudaki çabaların daha fazla artırılması gerekmektedir (TCSBB, 2019).

SKA 7.a'nın göstergesi, *yenilenebilir enerji üretiminin desteklenmesi için uluslararası finansal akışlardır*. Bu kapsamdaki uluslararası finansal akışlar, yıldan yıla dalgalanmakla beraber 2019 yılı sonrasında ivmeli bir şekilde artmıştır. SKA 7.b'nin göstergesi ise *kurulu halde yenilenebilir enerji üretimi kapasitesidir*. Kişi başına watt olarak ölçülen yenilenebilir enerji üretimi kapasitesinin yıllar itibarıyla düzenli olarak arttığı görülmektedir. Tablo 6'da Sürdürülebilir Kalkınma Raporunda (SDR) yer alan Türkiye'nin SKA 7 performansı gösterilmektedir.

Tablo 6: Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 7 Göstergeleri ve Trendi

SKA 7 ve Bileşenleri	Değer	Yapısal Durum	İlerleme Durumu
Erişilebilir ve Temiz Enerji	-	Engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme
Elektriğe erişimi olan nüfus (%)	100	Başarılı	Başarılı
Temiz yakıtlara ve pişirme teknolojilerine erişimi olan nüfus (%)	95,1	Başarılı	Başarılı
Toplam elektrik çıkışı başına yakıt yanmasından kaynaklanan CO2 emisyonları (MtCO2/TWh)	1,3	Önemli engeller bulunmakta	İlerleme yok
Toplam birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payı (%)	15,9	Engeller bulunmakta	Orta derecede ilerleme

Kaynak: Sustainable Development Report (2022) verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 6'ya bakıldığında, Türkiye'nin elektriğe ve temiz yakıtlara erişim göstergelerinde başarılı olduğu görülmektedir. Ancak, tablodaki diğer göstergelerde yapısal engellerin aşılamadığı görülmektedir. Bu göstergelerden biri olan *toplam birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payı* %15,9 olarak tespit edilmiştir. Bu konuda yeterli ilerleme kaydedilemezken; bir takım yapısal engeller de aşılamamıştır. Bir diğer gösterge ise *toplam elektrik çıkışı başına yakıt yanmasından kaynaklanan CO2 emisyonları*dır. Yine konuda hem ilerleme kaydedilememiş hem de önemli yapısal engeller aşılamamıştır. SKA 7'yi temsil eden *erişilebilir ve temiz enerji* konusunda orta derecede ilerleme kaydedilirken hâlâ bir takım yapısal engeller bulunduğu görülmektedir.

Türkiye'nin büyüyen ekonomik yapısı ve artan nüfusu nedeniyle her geçen gün enerjiye olan talep artmaktadır. Bu yüzden, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerjide verimliliğin sağlanması konularına öncelik verilmelidir. *Toplam birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payının* artması; kaynak çeşitliliğinin artması, enerjide dışa bağımlılığın ve CO2 emisyonlarının azaltılmasında etkili olacaktır. Ayrıca, bu sayede sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak kolaylaşacaktır.

Erişilebilir ve temiz enerjiye ulaşmayı temsil eden SKA 7'nin gerçekleştirilebilmesi için devlet tarafından uzun vadeli planlamalar yapılmalı ve politikalar geliştirilmelidir. Toplumun tüm kesimlerinde farkındalık yaratılarak enerji tüketiminin artış hızı düşürülerek enerjide verimlilik artırılmalıdır. Ayrıca, yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılan teknolojilerin ülke içerisinde geliştirilebilmesi için gerekli Ar-Ge çalışmaları yapılmalıdır. Bu sayede hem enerjide hem de teknolojiye dışa bağımlılık azaltılabilecektir.

Buraya kadar anlatılanlar, bu araştırmanın ana temasını oluşturmaktadır. Bu çerçevede, araştırmanın temel amacı, Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmaya en yüksek katkıyı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağının tespit edilmesidir. Bu amaç için, çalışmanın ikinci bölümünde OECD ülkeleri için sürdürülebilir kalkınma endeksi oluşturulmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümüne ise sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilmiştir.

2. BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİSİ

Sürdürülebilir bir kalkınma için gerekli olan en önemli kaynakların başında enerji gelmektedir. Çünkü enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bunun için günümüz modern toplumlarında enerjiye büyük ilgi duyulmaktadır.

Günümüzde enerji, sadece sanayi için değil günlük hayatın idame ettirilmesi için de çok önemli bir unsurdur. Uygarlık düzeyi enerji kullanımı sayesinde yükselmekte ve bu yüzden talep edilen enerji miktarı her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, ülkeler mevcut refah seviyelerini sürdürmek için de enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Ülkeler ulaştıkları refah düzeyinden taviz vermek istemediklerinden; tüketilen enerji miktarı azalmamakta ve sonraki zamanlarda da azalmayacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden, toprak, hava ve su gibi doğal kaynaklar her geçen gün daha fazla kirlenmekte ve artık canlı yaşamını tehdit eder duruma gelmektedir (Akova, 2008).

Mevcut üretim ve tüketim kalıplarının devam ettirilmesi doğal kaynaklar üzerindeki baskının artarak devam etmesine neden olmaktadır. Doğal kaynaklar üzerindeki baskının ve tahribatın artması ise gelecek nesillerin refahını sınırlayıcı etki doğurmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme çabaları doğal kaynaklar üzerindeki küresel baskıyı daha da artırmaktadır (Batı, 2014). Ancak, meydana gelen iklim değişikliği ve çevresel sorunlar fosil enerji kaynakları için önlem alınması mecburiyetini doğurmuştur. Buradan hareketle, artık, enerji kaynakları tercih edilirken sadece enerjinin çıktı miktarına değil, çevreye olan etkisine ve sürdürülebilir olmalarına da dikkat edilmektedir. Bu yüzden, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe katkısı OECD ülkeleri için araştırılacaktır. İlk aşamada, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik

endeksleri oluşturulacaktır. İkinci aşamada bu üç endeks birleştirilerek sürdürülebilir kalkınma endeksi oluşturulacaktır. Son aşamada ise yenilenebilir enerji kaynaklarının hem ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endekslerinin üzerindeki etkisi hem de sürdürülebilir kalkınma endeksinin üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Ama bunlara geçilmeden önce literatür taraması yapılmış ve aşağıdaki başlık altında toplanmıştır.

2.1. Literatür Taraması

Üretim ve tüketimdeki artıştan kaynaklanan enerji kullanımının neden olduğu çevresel sorunlar gelinen noktanın sürdürülemez olduğunun anlaşılmasını sağlamış ve sürdürülebilir dünya düzeninin gerekliliğini gündeme getirmiştir. Sürdürülebilirliğin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının çözüm olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden, sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji konusunda yapılan iş birliklerinin ve akademik çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Yenilenebilir enerji hakkında yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde; çalışmaların çoğunluğunun “yenilenebilir enerji kaynakları-ekonomi ilişkisi” (örneğin bkz. Pao ve Fu, 2013; Ocal ve Aslan, 2013; Lin ve Moubarak, 2014; Rahman ve Velayutham, 2020) ve “yenilenebilir enerji kaynakları-çevre ilişkisi” (örneğin bkz. Mathur, Bansal ve Wagner, 2002; Panwar, Kaushik ve Kothari, 2011; Waheed ve öte., 2018; Sinha ve Shahbaz, 2018) konularında yapıldığı görülmektedir. “Yenilenebilir enerji kaynakları-sosyal konular” (örneğin bkz. Hillebrand ve öte., 2006; O'Sullivan ve öte., 2020) ve “yenilenebilir enerji kaynakları-sürdürülebilir kalkınma” (örneğin bkz. Dincer, 2000; Seydioğulları, 2013; Güney, 2019) konuları diğerlerine göre daha az çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar ise oldukça sınırlı kalmıştır. Diğer taraftan araştırmacılar, sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken, enerji ile ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin etkilerini ve sosyal sürdürülebilirlik faktörünü genellikle görmezden gelmişlerdir. Bu bölümün temel motivasyonu, literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlamaktır. Sürdürülebilir kalkınma

endeksini konu edinen çalışmaların değerlendirilmesi ise aşağıda yer almaktadır.

Pınar ve öte. (2014) çalışmalarında sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarına göre gruplandırılmış 19 farklı göstergeyi içeren ve bir bileşik endeks olan FEEM sürdürülebilirlik endeksini (FEEM SI) geliştirmişlerdir. İlk olarak, her bir sürdürülebilirlik göstergesi, sorunsuz bir sürdürülebilirlik hedefi olan bir kıyaslama prosedürü kullanılarak normalleştirilmiştir. Ardından, uzmanların bireysel sürdürülebilirlik kriterlerine atfettikleri değerleri ve bunların etkileşimini ölçmek için bir anket geliştirilmiştir. Çalışmaya göre bu anket, uzmanların çoğunluğunun sürdürülebilirlik kriterlerini birbirini tamamlayıcı olarak gördüğünün kanıtıdır. Bir fikir birliğinin oluşturulması için farklı uzmanların tercihleri birleştirildikten sonra, Choquet integral toplama prosedürü kullanılarak FEEM SI oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında; daha yüksek (düşük) sürdürülebilirlik puanına sahip ülkelerin en az iki sürdürülebilir kalkınma boyutunda daha iyi (daha kötü) oldukları görülmektedir. Son olarak, ülkelerin sürdürülebilirlik puanları uzman tercihlerine göre farklılık gösterirken; ülke sıralamalarının temelde aynı kaldığı görülmektedir.

Lisowski (2018), çalışmasında, Vietnam'ın il bazında sürdürülebilir kalkınma endeksini oluşturmak için gerekli olan göstergeleri tespit etmiştir. Çalışmada öncelikli olarak ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlar için bir çerçeve oluşturulmuş ve dünyadaki 20 ulusal ve uluslararası kuruluşun göstergeleri listelenmiştir. Ardından, ekonomi boyutu için 12 gösterge, sosyal boyut için 17 gösterge ve çevresel boyut için 10 gösterge olmak üzere 39 gösterge derlenmiştir. Çalışmada kullanılan göstergelerin sınırlı olmasına karşın sürdürülebilir kalkınma boyutlarında yer alması gereken temel göstergeler bulunmaktadır. Ancak, ulaşım, ekonomi, refah, çevre kalitesi ve benzeri pek çok temel gösterge eksik veriler nedeniyle eklenememiştir.

Rahma ve öte. (2019) çalışmalarında yeni bir bileşik endeks kullanarak ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerin bölgesel sürdürülebilir kalkınma göstergelerine nasıl entegre edilebileceğini incelemiştir. Endeks, politika düzeyinde pratik, uygulama için faydalı olabilecek basit bir formüle

dayanmaktadır. Çalışmada aritmetik, geometrik ve Entropi tabanlı olmak üzere üç endeks ölçüsü geliştirilmiştir. Endeksler, sürdürülebilirlik performansları açısından bölgeler arasında karşılaştırma yapmak amacıyla bir araya getirilmiştir. Geliştirilen endeks, hangi sürdürülebilirlik bileşeninin bölgesel kalkınmaya ne kadar katkı sağladığı hakkında temel bilgiler sağlamaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, bir bölgedeki yüksek ekonomik büyüme o bölgede her zaman daha yüksek bir sürdürülebilir kalkınma sağlamamaktadır. Benzer şekilde, daha yüksek çevresel kalite endeksine sahip bölgeler her zaman daha yüksek bir bölgesel sürdürülebilir kalkınma endeksi ile ilişkilendirilmez. Ekonomik, sosyal ve çevresel yönlerin ağırlıklı kombinasyonları sürdürülebilirliğe katkıda bulunan dengeli bir bakış açısı sağlamaktadır. Ancak oluşturulan bu endeks, emtia fiyatlarındaki oynaklığın, doğal afetlerin ve siyasi dinamiklerin bölgesel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini yakalamamaktadır. Bu tür sorunları ele almak için endeksin geliştirilmesi gerekmektedir.

Shah ve öte. (2019)'a göre, enerji güvenliği kavramı çalışmalarda önemli bir ilgi görmüş; ancak, çalışmaların çoğunda çevresel boyutlar göz ardı edilmiştir. Bu nedenle, Güney Asya ülkelerinin enerji güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliğini ölçmek için enerji ve çevresel göstergeleri birleştiren yeni bir endeks geliştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında, Bhutan, farklı göstergelere göre Güney Asya'daki diğer ülkelerden daha iyi performans göstermektedir. Aynı şekilde, genel ESESI (Enerji Güvenliği ve Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi) puanı, Bhutan'ın enerji güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından daha güvenli olduğunu ortaya koymaktadır. Hindistan istikrarlı bir skorla bölgede ikinci sırada yer almakta ve onu zaman içinde performansını önemli ölçüde artıran Sri Lanka izlemektedir. ESESI puanında düşüş eğilimi yaşayan Pakistan ise dördüncü sırada yer almaktadır. Pakistan'ın ardından sırasıyla Nepal, Bangladeş ve Afganistan gelmektedir. En düşük ESESI puanını alarak listenin sonunda yer alan ülke ise Maldivler'dir. Çalışmanın bulgularına göre, bölgede uzun vadeli enerji güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik için sınır ötesi enerji ticareti yapılmalı ve söz konusu bölgelerde yenilenebilir enerji yatırımları artırılmalıdır.

Kwatra, Kumar ve Sharma (2020), çalışmalarında farklı ülkeleri sürdürülebilirliğin farklı yönleriyle karşılaştıran endeksleri incelemişlerdir. Ayrıca, çalışmalarında Sürdürülebilir Kalkınma Endekslerini geliştirmek için kullanılan çeşitli yaklaşımlar ve çerçeveler hakkında değerlendirme yapmışlar ve bu yaklaşımların olumlu ve olumsuz yönlerini tartışmışlardır. Bileşik Sürdürülebilir Kalkınma Endekslerinin geliştirilmesi için 30-60 göstergenin kullanıldığı tespit edilmiştir. Söz konusu endekslerin oluşturulması için izlenecek temel adımlar ayrıntılı olarak gözden geçirilmiştir. Ayrıca, çoğu çalışma sürdürülebilir kalkınmanın mevcut durumunun değerlendirilmesine odaklanmış; eğilimleri ve geleceğe yönelik projeksiyonları içeren çalışmalara rastlanmamıştır.

Jin ve öte. (2020), çalışmalarında, İnsani Gelişme Endeksine dayanan yeni bir Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi önermektedirler. Çalışmanın amacı, politika yapıcıların ülkelerinin karşı karşıya olduğu sürdürülebilirlikle ilgili sorunları daha iyi analiz etmelerine yardımcı olmak için daha kapsamlı bir endeks geliştirmektir. Çalışmada, ekonomi, çevresel ve toplumsal boyutlardan 12 gösterge içeren yeni bir Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu endeks, dünyadaki 163 ülkenin Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Endeksleri ve İnsani Gelişme Endeksleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi, mevcut endekslerin eksikliklerini telafi eden, sürdürülebilir kalkınma değerlendirmesi için güvenilir ve göreceli olarak tam bir endeks olmuştur.

Lemke ve Bastini (2020)'ye göre, literatürde önerilen endeksler sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını nadiren içermekte, boyutların birden fazla düzeyde karşılaştırılmasına olanak sağlamamakta ve metodolojik eksiklikler sergilemektedir. Bu eksikliklerin üstesinden gelmek için kapsamlı ve karşılaştırılabilir Çok Düzeyli Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi geliştirilmiştir. Ayrıca, önceki endeksler, veri temizleme, ağırlıklandırma, toplama ve duyarlılık analizinden yoksundur. Bu nedenle, karar verme konusunda yanıltıcı olabilmektedir. Çalışmada geliştirilen endeksin bu boşlukları dolduracağı savunulmaktadır.

Tanıtilan metodoloji, 2008'den 2016'ya kadar olan kesitsel sağlık ekonomisi de dâhil olmak üzere, Alman ekonomisindeki 62 endüstriden oluşan bir örneklemin yanı sıra birkaç toplu şubeye uygulanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkıda bulunan endüstri bilişim endüstrisidir. Diğer taraftan, kimya endüstrisinin çevresel performansında ve tarım endüstrisinin tüm alanlarında iyileştirmeler gerekmektedir.

Sun ve öte. (2020)'ye göre, araştırmacılar sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken enerji, ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin etkilerini genellikle görmezden gelmişlerdir. Bu boşluğu doldurmak için, Güney Asya'nın çevresel sürdürülebilirlik performansı Veri Zarflama Analizi benzeri bir matematiksel model kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında; Bhutan'ın 0,72 genel endeks puanı ile Güney Asya'daki diğer ülkelerden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Nepal istikrarlı bir skorla bölgede ikinci sırada yer alırken Maldivler üçüncü sırada, Afganistan ve Bangladeş ise sırasıyla dördüncü ve beşinci sırada yer almaktadır. İlk beş sırada yer alan ülkelerin puanları, güçlü sürdürülebilirlik performanslarının olduğunu göstermektedir. Bangladeş'in ardından sırasıyla Hindistan, Sri Lanka ve Pakistan gelmektedir. Çalışmanın sonunda ise uzun vadeli çevresel sürdürülebilirlik için sınır ötesi yenilenebilir enerji ticaretini artırmaya yönelik politika önerilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların değerlendirilmesi aşağıda yer almaktadır.

Batı (2014), çalışmasında, Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımının sürdürülebilir kalkınmaya etkisini araştırmıştır. Bu amaç için literatüre bakılarak bir anket hazırlanmış ve Türkiye'nin farklı kesimlerinden 240 katılımcıya ulaşılmıştır. Ankete katılanların çok büyük bir kısmı sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının gerekli olduğunu vurgulamıştır. Kaynak bolluğu ve tükenmezliği yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilme sebepleri arasında gösterilmiştir. Diğer taraftan, devletin yenilenebilir enerjiye yatırım yapması gerektiği ve yenilenebilir

enerji kaynaklarının enerji güvenliğini sağlanabilmesi için önemli olduğu ifade edilmiştir.

Fotis ve Polemis (2018), çalışmalarında, sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. 2005-2013 dönemini kapsayan ve 34 Avrupa Birliği (AB) ülkesine yer verilen çalışmada yöntem olarak panel veri analizi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre; kalkınma ve kirlilik arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Diğer taraftan, enerji tasarrufu çevresel bozulmayı olumlu etkilerken; enerji yoğunluğu hava kirliliğini artırmaktadır. Bu nedenle, AB çevresinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için yeni teknoloji kullanımının yaygınlaşması ve yenilenebilir enerji kapasitesini artırılması gerektiği savunulmaktadır.

Güney (2019), çalışmasında, yenilenebilir ve fosil enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Bu amaçla 40 gelişmiş ve 73 gelişmekte olan ülkenin verilerine yer verilmiştir. Çalışmada elde edilen tahmin sonuçlarına göre; yenilenebilir enerji kaynakları hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisi fosil enerji kaynaklarının etkisinden daha fazladır. Bu açıdan, yenilenebilir enerji miktarı arttıkça sürdürülebilir kalkınma düzeyi de yükselmektedir. Çalışmaya göre, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını fosil enerji kaynaklarına göre daha fazla kullanması kalkınmanın sürdürülebilirliği ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda ilerleme kaydedilmesi açısından son derece önemlidir.

Dinçer ve Karakuş (2020), çalışmalarında, yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir ekonomik kalkınma üzerindeki etkisini BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti) ve MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye) ülkeleri için karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. 1990-2015 dönemi yıllık verileri kullanılan çalışmada, Engle Granger eşbütünleşme analizi ve Toda Yamamoto nedensellik analizi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; Rusya, Çin, Güney Afrika ve

Endonezya’da yenilenebilir enerji kullanımı ile ekonomik kalkınma arasında uzun vadeli bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca, Brezilya ve Çin’de yenilenebilir enerji kullanımının sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın en önemli nedenlerinden biri olduğu tespit edilmiştir. BRICS ülkelerinde sürdürülebilir ekonomik kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının daha önemli olduğu vurgulanmaktadır. Çalışmaya göre BRICS ülkelerinin yenilenebilir enerji yatırımlarına daha fazla önem vermesi gerekmektedir.

Öymen (2020), çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu amaç için, enerji sektöründe çalışan 16 uzman ile derinlemesine mülakat gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya göre, enerji-ekonomi-çevre üçlüsünün işleyişine en iyi cevap veren kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ayrıca, yerli kaynak olması, istihdam yaratması ve ülke ekonomisini canlandırması gibi faktörler yenilenebilir enerji kaynaklarının değerini artırmaktadır. Ancak hem arz hem de talep yönünden yenilenebilir enerjinin gelişebilmesi için devlet tarafından daha çok teşvik verilmesi gerekmektedir.

Tiba ve Belaid (2021), çalışmalarında, BM Sürdürülebilir Kalkınma 2030 hedeflerinden hareket ederek yenilenebilir enerji ile sürdürülebilir kalkınmanın boyutları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 1990-2014 dönemini ve 25 Afrika ülkesini kapsayan çalışmada yöntem olarak panel veri analizi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınma için önemli olduğunu ve daha yüksek seviyelerde yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirliği artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, elde edilen bulgularla yenilenebilir enerjinin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlar üzerindeki olumlu etkisi de doğrulanmaktadır. Çalışmaya göre, yenilenebilir enerji yatırımları, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında, iklim değişikliği ve hava kirliliğinin azaltılmasında, enerji arz güvenliğinin ve enerjiye erişimin artırılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

2. 2. Metodoloji

Sürdürülebilirlik ve düşük karbonlu ekonomi stratejileri geçmişte geniş çapta çalışılmıştır. Ancak, araştırmacılar sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken, enerji, ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin

etkilerini genellikle göz ardı etmişlerdir. Bu boşluğu doldurmak için çalışmanın bu bölümünde OECD ülkeleri için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan sürdürülebilir kalkınma endeksi hesaplanmıştır. Söz konusu endekslerin hesaplanmasında kullanılacak göstergeler literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. 5 ülkenin (Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Hollanda ve Slovakya) verisine ulaşamadığı için bu ülkeler analiz dışında tutulmuş ve çalışmaya 33 OECD ülkesi ile devam edilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma endeksinin oluşturulmasında Temel Bileşenler Analizi kullanılırken; yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini araştırmak için Panel Veri Analizi kullanılmıştır. Çalışmanın devamında bu konu hakkındaki bilgiler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

Çok değişkenli istatistiksel analiz, n sayıdaki nesneye ait p sayıdaki değişkeni açıklamayı amaçlamaktadır. Ancak değişkenler arasındaki ilişkilerin yanı sıra değişken sayısının fazla olması, analizin nitelikli ve anlaşılır olmasını güçleştirmektedir. Böyle durumlarda kullanılan Temel Bileşenler Analizi, çok sayıdaki değişkenin daha az sayıda ve bağımsız değişkenlerle açıklanmasını sağlamaktadır.

Temel Bileşenler Analizi, çok değişkenli istatistiksel analizlerin en köklü ve en çok bilinen tekniğidir (Jolliffe, 2002). İlk kez 1901 yılında Karl Pearson tarafından ortaya atılan bu teknik, 1933 yılında Hotelling tarafından geliştirilmiş ve zamanla birçok disiplin tarafından yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Tatlídil, 2002).

Temel Bileşenler Analizinde temel amaç, çok sayıda ve birbiriyle ilişkili orijinal birimlerdeki değişkenlerin doğrusal kombinasyonlar vasıtasıyla varyans-kovaryans yapısını açıklamaktır. Böylece, çok sayıda ve birbiriyle ilişkili orijinal birimlerdeki değişkenler az sayıya indirgenerek yorum yapabilme imkânı artırılmaktadır. Buna ek olarak, varyans-kovaryans matrisindeki doğrusal ilişki ortadan kaldırılarak rank sorunun önüne geçilmektedir (Johnson ve Wichern, 2002).

Temel Bileşenler Analizi kullanılarak birbiri ile etkiletişim içerisinde olan çok sayıdaki değişkenden, değişkenlerin bileşkesi olarak nitelendirilebilen daha az sayıdaki değişken elde edilmektedir. Böylece, hem istatistiki olarak hiçbir veri kaybı yaşanmamakta hem de subjektif ağırlıklandırma işleminden kaçınılmaktadır. Bu sayede, n ölçüm sayısının olduğu p adet değişken doğrusal ve birbirinden bağımsız k adet ($k \leq p$) yeni değişkene dönüştürülmüş olmaktadır (Dinçer vd., 2003: 31; Joliffe, 2002:167). Söz konusu k adet yeni değişken, p adet değişkeni temsil eden ve bazı kısıtlamalara bağlı olarak oluşturulmuş değişkenlerdir.

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ vektörlerinin normalize edilmiş hali $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_p$ olmak üzere, vektörlerin p adet doğrusal bileşimi Denklem 1'de gösterilmektedir (Johnson ve Wichern, 1992; Tatlıdil, 2002; Ersungur, Kızıltan ve Polat, 2007).

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= (a_1)^t Z = a_{11}Z_1 + a_{21}Z_2 + \dots + a_{p1}Z_p \\
 Y_2 &= (a_2)^t Z = a_{12}Z_1 + a_{22}Z_2 + \dots + a_{p2}Z_p \\
 &\dots \qquad \dots \qquad \dots \qquad \dots \\
 Y_p &= (a_p)^t Z = a_{1p}Z_1 + a_{2p}Z_2 + \dots + a_{pp}Z_p
 \end{aligned} \tag{1}$$

Denklem 1'deki $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ ifadesi temel bileşenleri, $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ ifadesi normalize edilmiş matrisin satırını ve a_{ij} ifadesi ise temel bileşen yüklerini göstermektedir. Burada ifade edilen temel bileşen yükleri, temel bileşenlerin hangi değişkeni ne kadar etkilediğini gösteren sabit sayılardır (Johnson ve Wichern, 1992; Tatlıdil, 2002; Ersungur, Kızıltan ve Polat, 2007).

Denklem 1'de $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ şeklinde gösterilen temel bileşenler birbirinden bağımsız olmakla birlikte, temel bileşenlerin varyansları korelasyon matrislerinin öz değerine (λ_i) eşittir. Buradan hareketle sistemin toplam varyansı, temel bileşenlerin toplam varyansına eşittir ve bu eşitlik

Denklem 2’de gösterilmektedir (Johnson ve Wichern, 1992; Tatlıdil, 2002; Ersungur, Kızıltan ve Polat, 2007).

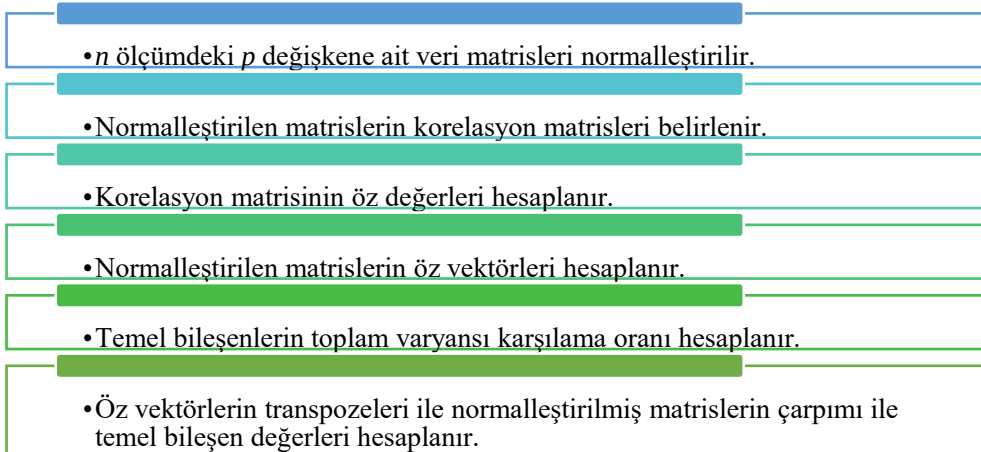
$$s_1 + s_2 + \dots + s_p = \sum_{i=1}^p Var(Z_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p Var(Y_i) \quad (2)$$

k’ıncı terimin temel bileşen açıklığının değişkenlik oranı Denklem 3’te gösterilirken; değişkenler ve temel bileşenler arasındaki korelasyon katsayılar ise Denklem 4’te gösterilmektedir (Johnson ve Wichern, 1992; Tatlıdil, 2002; Ersungur, Kızıltan ve Polat, 2007).

$$x = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad (3)$$

$$r_{Z_i, Z_k} = \frac{e_{ki} \sqrt{\lambda_i}}{\sqrt{S_k}} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, p \\ k = 1, 2, \dots, p \end{matrix} \quad (4)$$

Uygulama sonucunda, temel bileşenler orijinal değişkenlerin %80’ini açıklamakta başarılı ise oluşturulan değişkenler orijinal değişkenlerin yerine kullanılabilir (Tatlıdil, 2002). Temel Bileşenler Analizinde buraya kadar anlatılanlar Şekil 13’te sadeleştirilerek ve görselleştirilerek sunulmaktadır.



Şekil 13: Temel Bileşenler Analizinin Uygulama Aşamaları

Kaynak: Ersungur, Kızıltan ve Polat, 2007’den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Temel Bileşenler Analizine başlarken atılması gereken ilk adım, değişkenlere ait verilerin normalleştirilmesidir. Çünkü bazı veri kümelerinde her özellik için farklı değer aralıkları bulunmaktadır. Her bir öznitelik için değer aralığındaki farklılık, diğer özniteliklere göre çok daha küçük bir değere sahip olan özneliğin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, iyi normalize edilmiş veriler üretebilmek için verileri normalleştirme ile dönüştürmek, her bir öznitelik için değer aralığını belirli bir ölçekle eşitlemek gerekmektedir. Normalleştirme ile veri dönüşümü için; Min-Maks, Z-Skor, Ondalık Ölçekleme, Sigmoidal ve Softmax gibi yöntemler kullanılmaktadır (OECD, 2008). Bu çalışmada, verilerin normalleştirilmesi için Min-Maks normalizasyon yöntemi kullanılmıştır.

Min-Maks yöntemi, işlem öncesi ve sonrası veriler arasında bir değer karşılaştırması dengesi oluşturmak için orijinal verilerin doğrusal dönüşümlerini gerçekleştiren bir normalleştirme yöntemidir. Min-Maks normalleştirme yöntemi Denklem 5'te gösterilmektedir (OECD, 2008; Henderi, Wahyuningsih ve Rahwanto, 2021).

$$X^* = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (5)$$

X, verinin orijinal halini; maks(X), veri setindeki maksimum x değerini ve min(X) ise veri setindeki minimum X değerini temsil etmek üzere, normalleştirilmiş yeni x değeri X^* ile gösterilmektedir.

2.2.2. Panel Veri Analizi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri araştırılırken *Panel Veri Analizinden* yararlanılmıştır. Panel veri analizi, birden çok birimin ilgili yatay kesit verilerinin zaman boyunca analiz edilmesini sağlamaktadır. Başka bir şekilde ifade edilirse; panel veri analizi hem zaman serisi hem de yatay kesit boyutlarının bir arada analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

Panel veri analizi; özellikle, ekonomi, sosyoloji ve politika bilimi gibi sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Panel veri setleri, aynı anda farklı birimlerin birbirine bağlı birçok gözlemini içermektedir. Panel veri analizi, birbirleri arasındaki etkileşimleri gözlemleyebilmekte ve birimler arasındaki kalıcı farklılıkları dikkate alarak analiz yapabilmektedir.

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}X_{kit} + u_{it} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N$$

$$t = 1, \dots, T$$

Denklemden;

i : birimleri (ülke)

t : zamanı (gün, ay, yıl gibi)

Y : bağımlı değişkeni

X_k : bağımsız değişkenleri

α : sabit parametreyi

β : eğim parametrelerini

u : hata terimini

Y_{it} : bağımlı değişkenin t zamanında i. birim için değerini ifade etmektedir.

Değişkenlerin, parametrelerin ve hata teriminin i ve t'ye sahip olması, panel veri setine sahip oldukları anlamına gelmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2012: 4).

Panel veri analizinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanmaktadır (Hsiao, 2014; Baltagi, 2005):

- ° Panel veri analizi diğer analiz yöntemlerine göre daha fazla veri kullanmakta ve böylece daha yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlamaktadır.
- ° Panel veri analizi; zaman serisi analizleri ve çapraz kesit analizlerinin avantajlarını bir arada sunmaktadır.

- ° Panel veri analizi, kalıcı farklılıkları dikkate alarak daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadır.
- ° Panel veri analizi, ihmal edilmiş değişkenin etkisini kontrol edebilmektedir.

Panel veri analizinin avantajlarının yanında bazı kısıtlamaları da bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar ve dezavantajlar şu şekilde sıralanmaktadır (Baltagi, 2005):

- ° Panel veri analizi, verilerin işlenmesi ve analizi için daha fazla zaman ve kaynak gerektirmektedir.
- ° Panel veri analizi, büyük örneklem boyutları gerektirmekte ve bazı birimlerin verilerinin eksik veya hatalı olması durumunda sorunlar yaşanabilmektedir.
- ° Panel veri analizinde kullanılan zaman boyutunun küçük olması bazı durumlarda sorun yaratabilmektedir.

Sonuç olarak, panel veri analizi, birimler arasındaki farklılıkları ve bu farklılıkların zamanla nasıl değiştiğini anlamak için güçlü bir analiz yöntemidir. Ancak, doğru şekilde kullanılması, model seçimi ve parametre tahmini gibi zorlukları aşmak için özenli bir çalışma gerektirmektedir.

2.2.2.1. Panel Birim Kök Testleri

Ekonomik ve sosyal veri setleri ekonometrik analizlerde kullanılmadan önce serilerin durağan olup olmadıkları kontrol edilmelidir. Serilerin birim köke sahip olmaması durumu, serinin durağan olduğunu ve ortalamaya dönme eğilimi gösterdiğini ifade etmektedir. Durağan serilerde zamanla değişmeyen sabit bir varyans bulunmakta ve olası şok etkilerinin zaman içinde ortadan kalkması beklenmektedir. Ancak, birim kökü olan seriler durağan değildir ve böyle serilerde sahte regresyon problemiyle karşılaşılabilir. Böyle bir durumda regresyon sonuçları güvenilir olmaktan uzaklaşmakta ve değişkenler arasındaki gerçek ilişki kaybolmaktadır. Bu nedenle, bir zaman serisinin istatistiksel analizini yapmadan önce, kullanılacak serilerin durağanlık koşullarının araştırılması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı, birim kök testleri, durağanlığın sınanmasında kullanılan en yaygın yöntemlerdir.

Bu çalışmada serilerin durağanlığı araştırılırken *Levin-Lin-Chu*, *Im-Pesaran-Shin*, *ADF-Fisher* ve *PP-Fisher* birim kök testleri uygulanmıştır. Uygulamaya geçmeden önce çalışmada kullanılan birim kök testlerinin teorik alt yapısı aşağıda anlatılmıştır.

2.2.2.1.1. Levin-Lin-Chu (LLC) Birim Kök Testi

Levin, Lin ve Chu (2002) tarafından yapılan çalışmada, alternatif hipoteze karşı yüksek sapma gösteren serilerde birim kök hipotezlerinin sınırlı bir güce sahip olduğu tartışılmıştır. LLC birim kök testi, serilerdeki durağanlığın belirlenmesinde kullanılmakta ve durağanlığın belirlenmesinde genel birim kök sürecinin var olduğunu varsaymaktadır. Sıfır hipotezi altında birim kök olduğunu ve alternatif hipotez altında ise birim kök olmadığını ifade eden LLC testi, tüm birimlerde birim kök olup olmadığını analiz etmektedir. ADF tipi modeller kullanılarak gerçekleştirilen LLC modeli, Denklem (7) gösterilmektedir.

$$\Delta Y_{i,t} = a_i + \rho Y_{i,t-1} + \sum_{k=1}^n \varphi_k \Delta Y_{i,t-k} + \lambda_i t + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$i = 1, \dots, N$$

$$t = 1, \dots, T$$

Denklem 7'den yararlanılarak oluşturulan H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$H_0: a_i = 0 \quad (\text{Seride birim kök bulunmaktadır.})$$

$$H_1: a_i = a < 0 \quad (\text{Seride birim kök yoktur.})$$

H_0 hipotezi, serilerin durağan olmadığı yani birim kök içerdiği durumu ifade etmektedir. H_1 hipotezi ise serilerin durağan olduğu yani birim kök içermediği durumu temsil etmektedir.

LLC birim kök testinde p değişkeninin homojen olması gerekliliği, testin uygulanabileceği veri setini daraltarak analizin sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, Im, Pesaran ve Shin (1997) tarafından geliştirilen IPS panel birim kök testi LLC birim kök testine bir alternatif olarak sunulmuştur.

IPS panel birim kök testi, her bir yatay kesit için farklı katsayılar hesaplayarak ve birim kök istatistiklerinin ortalamasını alarak dengesiz panel verilerinin de analize dâhil edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede panel veri analizinde yakınsama kısıtlamaları ortadan kalkmakta ve daha geniş bir veri kümesi analiz edilebilmektedir.

2.2.2.1.2. Im-Pesaran-Shin (IPS) Birim Kök Testi

Im, Pesaran ve Shin (1997, 2003) tarafından geliştirilen IPS birim kök testi LLC testinin genişletilmiş şeklidir. IPS testi, LLC testinde otoregresif katsayısının alternatif hipotezde homojen olması gerektiği varsayımına karşı çıkarak alternatif hipotezde otoregresif katsayısının heterojen olmasına da olanak tanımaktadır. IPS modeli Denklem 8’de gösterilmektedir.

$$\Delta Y_{i,t} = a_i + \rho_i Y_{i,t-1} + \sum_{k=1}^n \varphi_k \Delta Y_{i,t-k} + \lambda_i t + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$i = 1, \dots, N$$

$$t = 1, \dots, T$$

Denklem 8’den yararlanılarak oluşturulan H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$H_0: a_i = 0$$

$$H_1: \begin{cases} a_i = 0 & i = 1, 2, \dots, N_1 \\ a_i < 0 & i = N + 1, N + 2, \dots, N \end{cases}$$

IPS testi ile LLC testi arasındaki farklılıklardan biri, IPS testinin sıfır hipotezinde tüm serilerin durağan olmayabileceği ve alternatif hipotezinde ise paneldeki serilerin birinci dereceden farklarının durağan olduğu varsayımıdır. Diğer bir farklılık ise LLC testinde yatay kesitler için hesaplanan standart α_i katsayısının normal dağılımı için t istatistiği kullanılırken, IPS testinde yatay kesitler için hesaplanan t istatistiklerinin aritmetik ortalaması kullanılmasıdır (Ağayev, 2010, s.169-170).

2.2.2.1.3. Panel Fisher Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testleri

Maddala ve Wu (1999) ile Choi (2001), Fisher (1932) yöntemini kullanarak Fisher-ADF ve Fisher-PP testlerini geliştirmişlerdir. Bu testler, ADF birim kök istatistiklerinin ρ olasılık değerlerinden yararlanarak her bir kesit birimi için hesaplanmaktadır. Fisher-ADF ve Fisher-PP testleri diğer testlerden farklı olarak, panel analizler için daha genel varsayımlara sahiptirler. Bu varsayımların başında, panel verilerdeki grup sayısının sonlu veya sonsuz olabileceği, her grubun farklı stokastik ve deterministik bileşenlere sahip olabileceği ve gruplardaki zaman serisi uzunluklarının tamamen farklı olabileceği gibi durumlar gelmektedir. Bu nedenle, bu testler diğer testlere göre daha esnektir. Bu testler için oluşturulan model Denklem 9’da gösterilmektedir. Denklem 9 için oluşturulan eşitlikler ise Denklem 10 ve Denklem 11’de yer almaktadır (Choi, 2001, s.249–272).

$$Y_{it} = d_{it} + X_{it} \quad (9)$$

$$d_{it} = \beta_{i_0} + \beta_{i_1}t + \dots + \beta_{i_{m_t}}t^{m_i} \quad (10)$$

$$X_{it} = a_i X_{it-1} + u_{it} \quad (11)$$

ADF ve PP panel birim kök testleri için H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \gamma = 0 \quad (\text{Seride birim kök bulunmaktadır.})$$

$$H_1: |\gamma| < 0 \quad (\text{Seride birim kök yoktur.})$$

H_0 hipotezi, serilerin durağan olmadığı yani birim kök içerdiği durumu ifade etmektedir. H_1 hipotezi ise, serilerin durağan olduğu yani birim kök içermediği durumu temsil etmektedir.

2.2.2.2. Panel ARDL Yöntemi

Panel veri analizinde zaman serilerinin artan önemi, eşbütünleşme ve durağanlık kavramlarının daha fazla dikkat çekmesine neden olmuştur. Bu durum, panel veri analizinde yeni araştırma konularının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Son zamanlarda dinamik panel veri modelleri ve durağan olmayan panel veri modelleri gibi güncel konular da bu nedenle geliştirilmiştir. Panel veri analizinde uzun dönemli bir eşbütünleşmenin varlığı, seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi yansıtan geçici sapmaların hata düzeltme süreciyle en aza indirildiğini göstermektedir.

Seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmek için kullanılan testler, genellikle tüm serilerin aynı düzeyde durağan olması gerektiği varsayımına dayanmaktadır. Ancak, farklı durağanlık derecelerine sahip serilerin kullanılması bu testlerin güvenilirliğini azaltabilmektedir (Özşahin, 2012). Bu nedenle, Pesaran ve Shin (1999) ile Pesaran, Shin ve Smith (2001), farklı bütünleşme derecelerine sahip serilere eşbütünleşme testi yapabilen bir yaklaşım olan ARDL (Autoregressive Distributed Lag) yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemin amacı, $I(1)$ veya $I(0) \sim I(1)$ değişkenleri arasındaki uzun vadeli ilişkiyi araştırmaktır. Eşbütünleşmenin bulunması durumunda, Panel ARDL yöntemi kullanılarak uzun ve kısa vadeli katsayılar tahmin edilmektedir. Uzun vadeli ARDL tahmini Denklem 12, 13 ve 14'te gösterilmektedir (Poul, 2014: 2).

$$y_1 = a_1 + \beta_1 x_1 + \beta_2 m_1 + \varepsilon_{1t} \quad (12)$$

$$x_1 = a_2 + \beta_3 y_t + \beta_4 m_1 + \varepsilon_{2t} \quad (13)$$

$$m_t = a_3 + \beta_5 y_t + \beta_6 x_t + \varepsilon_{3t} \quad (14)$$

Denklem 12, 13 ve 14'teki y , bağımlı değişkeni; x , bağımsız değişkeni; m , içe aktarımı; a_i , kesişme terimlerini ve β_i ise söz konusu değişkenlere ait katsayıları ifade etmektedir.

Son olarak eşbütünleşmenin varlığı ise Denklem 15 ve Denklem 16 ile doğrulanmaktadır.

$$\Delta LY_t = a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^p a_{2i} \Delta LY_{t-i} + \sum_{i=0}^p a_{3i} \Delta LY_{t-i} + a_4 LY_{t-1} + a_5 LX_{t-1} + \mu_{1t} \quad (15)$$

$$\Delta LX_t = \beta_0 + \beta_1 t + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} \Delta LX_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{3i} \Delta LY_{t-i} + \beta_4 LY_{t-1} + \beta_5 LX_{t-1} + \mu_{2t} \quad (16)$$

Denklem 15 ve Denklem 16'dan yararlanılarak oluşturulan H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir (Menegaki, 2019: 3-4):

$$H_0: a_1 = a_2 = a_n = 0 \quad (\text{Red: Eşbütünleşme vardır.})$$

$$H_1: a_1 = a_2 = a_n = 0 \quad (\text{Red: Eşbütünleşme yoktur.})$$

H_0 hipotezi seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı durumu ifade ederken; H_1 hipotezi ise seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu durumu ifade etmektedir.

2.2.2.3. Eşbütünleşme Testleri

Panel eşbütünleşme testi (Panel Cointegration Test), birbirleriyle ilişkili olan zaman serilerinin eşbütünleşme durumunu test etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu testler, birbirleriyle bağlantılı birden fazla değişkenin uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığını tespit etmektedir. Başka bir şekilde ifade edilirse; eşbütünleşme testi, birbirleriyle ilişkili olan iki veya daha fazla zaman serisinin birlikte hareket etme eğilimi gösterip göstermediğini tespit etmektedir. Bu ilişkinin varlığı, iki veya daha fazla değişkenin ortak bir uzun dönemli eğilim gösterdiği ve birbirlerinin hareketlerini etkilediği anlamına gelmektedir.

Zaman serileri arasında eşbütünleşme durumu varsa değişkenlerin hareketleri birbirleriyle bağlantılıdır ve tek tek ele alınmaları yerine bir arada analiz edilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, panel eşbütünleşme testi verilerin doğru şekilde analiz edilmesine ve sonuçların doğru bir şekilde yorumlanmasına yardımcı olmaktadır.

Pedroni, Kao, Westerlund, Levin-Lin-Chu ve Johansen-Fisher gibi testler başlıca eşbütünleşme testleri arasında yer almaktadır. Bu testler farklı varsayımlara dayanmakta ve farklı sonuçlar üretebilmektedir. Ancak, genel olarak tüm testler, zaman serilerinin eşbütünleşme durumunu test etmek için aynı prensipleri takip etmektedir. Bu çalışmada ise Pedroni Eşbütünleşme Testi, Kao Eşbütünleşme Testi ve Johansen-Fisher Eşbütünleşme Testi kullanılmış ve bunların ayrıntılarına aşağıda yer verilmiştir.

2.2.2.3.1. Pedroni Eşbütünleşme Testi

Pedroni eşbütünleşme testi, zaman serileri arasındaki uzun vadeli ilişkinin varlığını araştıran ve en yaygın kullanılan testlerden biridir. Bu test, özellikle eşbütünleşme vektöründeki heterojenliği dikkate almaktadır. Diğer taraftan, dinamik ve sabit etkilerin panelin yatay kesitleri arasında farklı olmasına da imkân tanımaktadır. Ayrıca, alternatif hipotez altında eşbütünleşik vektörün kesitler arasında farklılaşmasını sağlamaktadır (Pedroni, 1999). Pedroni Eşbütünleşme testi için uygulanan model Denklem 17’de yer almaktadır.

$$y_{it} = \alpha_{it} + \delta_{it} + \beta_{1i}X_{1it} + \beta_{2i}X_{2it} + \dots + \beta_{Mi}X_{Mit} + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

Denklemden;

y_{it} : (N*T) x 1 boyutundaki değişkenleri

X_{it} : (N*T) boyutundaki değişkenleri

δ_{it} : trend değişkeni katsayısını

α_{it} : yatay kesitlere ait yönelim etkisini

δ_i : yatay kesitlere ait yönelim etkisini ifade etmektedir.

Denklem (17)’deki ε_{it} kalıntısının durağanlığını gözlemleyerek y ve x değerlerinin uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi test edilmektedir.

Pedroni (1999, 2004), panel veri ile oluşturulan modellerde H_0 hipotezini test etmek için yatay kesit bağımlılığı olmadığı varsayımına dayanarak 7 test istatistiği önermektedir. Bu test istatistiklerinden Panel v-istatistiği, Panel ρ -

istatistiği, Panel t -istatistiği (non-parametrik) ve Panel t -istatistiği (parametrik) kesit içi yaklaşımı üzerine temellendirilirken; Grup ρ -istatistiği, Grup t -istatistiği (non-parametrik) ve Grup t -istatistiği (parametrik) ise kesitler arası yaklaşımı üzerine temellendirilmiştir. Önerilen bu 7 test istatistiği Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7: Pedroni Eşbütünleşme Testleri

1. Panel v -istatistik	$T^2 N^{\frac{3}{2}} Z_{\hat{v}N,T} \equiv T^2 N^{\frac{3}{2}} \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1}$
2. Panel ρ - istatistik	$T\sqrt{N} Z_{\hat{\rho}N,T^{-1}} \equiv T\sqrt{N} \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i)$
3. Panel t -istatistik (non-parametrik)	$Z_{tN,T} \equiv \left(\sigma_{N,T}^2 \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i)$
4. Panel t -istatistik (parametrik)	$Z_{tN,T}^* \equiv \left(\hat{s}_{N,T}^{*2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^{*2} \right)^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{L}_{11i}^{-2} \hat{e}_{i,t-1}^* \Delta \hat{e}_{i,t}^*$
5. Grup ρ - istatistik	$TN^{-\frac{1}{2}} Z_{\hat{\rho}N,T^{-1}} \equiv TN^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \sum_{t=1}^T (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i)$
6. Grup t -istatistik (non-parametrik)	$N^{-\frac{1}{2}} Z_{tN,T} \equiv N^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^N \left(\hat{\rho}_i^2 \sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \sum_{t=1}^T (\hat{e}_{i,t-1} \Delta \hat{e}_{i,t} - \hat{\lambda}_i)$
7. Grup t -istatistik (parametrik)	$N^{-\frac{1}{2}} Z_{tN,t}^* \equiv N^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T \hat{s}_i^{*2} \hat{e}_{i,t-1}^{*2} \right)^{-\frac{1}{2}} \sum_{t=1}^T \hat{e}_{i,t-1}^* \Delta \hat{e}_{i,t}^*$

Kaynak: Pedroni, 1999

Yukarıdaki Pedroni (1999) eşbütünleşme testinde yararlanılarak oluşturulan H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$H_0: \beta_i = 1$ bütün yatay kesitler için eşbütünleşme yoktur.

$H_1: \beta_i < 1$ bütün yatay kesitler için eşbütünleşme vardır.

Buradan hareketle, H_0 hipotezine göre bütün yatay kesitler için eşbütünleşme bulunmamaktadır. H_1 hipotezine göre ise bütün yatay kesitler için eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

2.2.2.3.2. Kao Eşbütünleşme Testi

Kao (1999) eşbütünleşme testi, eşbütünleşme vektöründeki heterojenliği dikkate alan Pedroni (1999) testinin aksine homojen katsayıları dikkate alan

bir testtir. Kao (1999) eşbütünleşme testi, veriler arasında eşbütünleşmenin olmadığı yönünde kurulan H_0 hipotezinin geçerli olduğu bir durumda Dickey-Fuller (DF) yaklaşımına dayalı ve Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) yaklaşımına dayalı olmak üzere iki test önermektedir (Kao, 1999). Temel manada Kao (1999) testinin modeli Denklem 18’de gösterilmektedir.

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_{it}\gamma + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

Denklem 18’de y_{it} ve x'_{it} ’nin birinci seviyede durağan olduğu ve aralarında eşbütünleşmenin olmadığı varsayılmaktadır. Diğer taraftan β , ilgili değişkene ait katsayıyı ifade ederken “ ’ ” ifadesi ise bulunduğu değişkenin matris formatını ifade etmektedir. Buradan hareketle Kao (1999), DF ve ADF birim kök testlerini kullanarak ε_{it} serisi için eşbütünleşme ilişkisini araştırmaktadır (Kao, 1999).

Dickey-Fuller (DF) yaklaşımına dayalı regresyon modeli Denklem 19’da gösterilmektedir.

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \rho \hat{\varepsilon}_{it-1} + v_{it} \quad (19)$$

Denklem 19’daki regresyon modelinde seriler arasında eşbütünleşme yoktur yönünde kurulan H_0 hipotezine ($H_0: \rho=1$) karşılık, seriler arasında eşbütünleşme vardır yönünde kurulan H_1 hipotezi ($H_1: \rho<1$) sınanmaktadır.

Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) yaklaşımına dayalı regresyon modeli Denklem 20’de gösterilmektedir.

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \rho \hat{\varepsilon}_{it-1} + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta \hat{\varepsilon}_{it-1} + v_{itp} \quad (20)$$

Denklem 20’de ρ ve φ , değişkenlere ait katsayıları, Δ ise fark operatörünü ifade etmektedir. Benzer şekilde, Denklem 20’deki regresyon modelinde de seriler arasında eşbütünleşme yoktur yönünde kurulan H_0

hipotezine ($H_0: \rho=1$) karşılık, seriler arasında eşbütünleşme vardır yönünde kurulan H_1 hipotezi ($H_1: \rho<1$) sınanmaktadır.

2.2.2.3.3. Johansen-Fisher Eşbütünleşme Testi

Johansen-Fisher panel eşbütünleşme testi, zaman serileri için geliştirilen Johansen Juselius eşbütünleşme testinin panel verilere uyarlanmasına dayanmaktadır. Pedroni ve Kao eşbütünleşme testlerinde olduğu gibi Johansen-Fisher eşbütünleşme testinde de panel üyeleri arasında eşbütünleşmenin olmadığı varsayımı geçerlidir.

Fisher (1932) testi, bireysel bağımsız test istatistiklerini ele almakta ve değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini analiz etmek için iz ve maksimum özdeğer istatistiklerini tablo değerleriyle karşılaştırmaktadır. Johansen (1988) testinde ise düzey verileri kullanılmakta ve tüm serilerin birbiriyle ilişkisi dikkate alınarak eşbütünleşik vektör bulunmaktadır. Johansen testinin avantajı, uzun dönem analizinde serilerin düzey değerlerinin kullanılmasıdır. Bu sayede serilerin olabildiğince fazla bilgi içermesine olanak sağlanmaktadır. Ancak, Johansen testinin zorluklarından biri, analize dâhil edilecek serilerin aynı derecede durağan olması gerekliliğidir. Maddala ve Wu (1999) ise panel verilerde her bir üye için birim kök testlerinden elde edilen p-değerlerini birleştiren bir Fisher tipi test önermiştir.

π_i , Johansen (1988) eşbütünleşme testinin olasılık değerini ifade etmek üzere, Johansen-Fisher panel eşbütünleşme testi Denklem 21’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$-2 \sum_{i=1}^N \log(\pi_i) \rightarrow \chi^2_{2N} \quad (21)$$

Denklem 21’deki χ^2 , Johansen eşbütünleşme testinde iz testi için ve maksimum özdeğer testi için p-değerlerini ifade etmektedir. Johansen’in maksimum olabilirlik prosedürü hakkında daha ayrıntılı bilgi için Denklem 22 gösterilmiştir (Chaiboonsri ve öte., 2010: 89).

$$\Delta Y_{it} = \pi_i y_{it-1} + \sum_{k=1}^N T_k \Delta Y_{it-k} + u_{it} \quad (22)$$

Johansen-Fisher panel eşbütünleşme testi sonucunda uzun dönemli ilişkinin ortaya konulması için en az bir tane eşbütünleşik vektörün bulunması gerekmektedir. Bu testte, eşbütünleşik vektör sayısının belirlenmesi için iki test istatistiği kullanılmaktadır: iz istatistiği ve maksimum öz değer istatistiği. Bu istatistiklerin hipotezleri Denklem 23 ve 24'te gösterilmektedir.

$$\text{İz İstatistiği} \quad : H_0 : r \leq 0, \quad H_1 : r \leq 1 \quad (23)$$

$$\text{Maksimum Öz Değer İstatistiği} \quad : H_0 : r = 0, \quad H_1 : r = 1 \quad (24)$$

Denklem 23 ve 24'te gösterilen iki test için de temel hipotez, eşbütünleşik vektörün bulunmadığı yönündedir. Alternatif hipotez ise eşbütünleşik vektörün varlığını ifade etmektedir (Yılğör ve öte., 2017: 422-423).

2.2.2.4. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Panel veriler; zaman serileri ve çapraz kesit verilerinin birleşimidir. Bu çerçevede, hem zamana hem de farklı birimlere göre değişebilen değişkenleri içermektedir. Panel nedensellik analizi ise panel veri setleri üzerinde nedensellik ilişkilerinin belirlenmesini amaçlayan bir yöntemdir.

Panel nedensellik analizi, panel verilerindeki değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini tespit etmek için kullanılmaktadır. Panel nedensellik analizi için Granger nedensellik testi, Dolado-Lütkepohl Granger nedensellik testi, Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi gibi testler uygulanmaktadır. Bu çalışmada ise Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi kullanılmış ve ayrıntılarına aşağıda yer verilmiştir.

Nedensellik testi ilk defa Granger (1969) tarafından geliştirilmiştir. Dumitrescu ve Hurlin (2012) ise Granger nedensellik testini panel veriler için uyarlayarak heterojen panel veri setlerinde nedensellik ilişkisini test eden yeni bir yöntem önermektedir.

Dumitrescu ve Hurlin (2012), panel verilerdeki nedensellik ilişkisinin varlığını test etmek için birkaç farklı yöntemi karşılaştırmaktadır. Bu yöntemler arasında, eşit katsayılı panel veri modelleri, yarı parametrik yöntemler ve dinamik panel veri modelleri yer almaktadır. Bu yöntemlerin performansını karşılaştırmak için Monte Carlo simülasyonlarına dayalı bir dizi deney gerçekleştirmiştir.

$$y_{i,t} = a_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (25)$$

Denklem 25'teki $y_{i,t}$ ve $x_{i,t}$ değerleri, test edilen değişkenleri ifade etmektedir. Diğer taraftan a_i , i kesitleri arasındaki etkileri; $\gamma_i^{(k)}$, gecikmeli parametreleri; K , yatay kesitler için gecikme uzunluğunu ve $\beta_i^{(k)}$ ise regresyon eğim katsayısını ifade etmektedir (Dumitrescu ve Hurlin, 2012).

Denklem 25'ten yararlanılarak oluşturulan H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{array}{lll} H_0 = B_i = 0 & \forall_i = 1, \dots, N & 0 < \frac{N_1}{N} < 1 \\ H_1 = B_i = 0 & \forall_i = 1, \dots, N & \\ \beta_i \neq 0 & \forall_i = N_1 + 1, \dots, N & \end{array}$$

H_0 hipotezi; tüm birimler için y 'den x 'e doğru nedensellik ilişkisinin olmadığı durumu ifade ederken; H_1 hipotezi ise bir kısım birimin y 'den x 'e doğru nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ifade etmektedir.

3.2. Uygulama ve Sonuçlar

Çalışmanın bu bölümünde Temel Bileşenler ve Panel Veri Analizlerinin uygulamalarına ve sonuçlarına yer verilmiştir. Söz konusu uygulamaların sonuçları aşağıda sırasıyla yer almaktadır.

3.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA) Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde OECD ülkeleri için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan sürdürülebilir kalkınma endeksi hesaplanmıştır. İlk aşamada, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik endeksleri oluşturulmuş; sonraki aşamada ise bu üç endeksin birleştirilmesiyle sürdürülebilir kalkınma endeksi elde edilmiştir. Söz konusu endekslerin hesaplanmasında kullanılan değişkenler literatürden derlenmiş ve Tablo 8’de gösterilmiştir. Ayrıca kriterlerin çalışmalarda hangi sıklıkla kullanıldığını gösteren Tablo 8’in genişletilmiş versiyonu [EK 1](#)’de sunulmuştur.

Tablo 8: Endeks Oluşturulmasında Kullanılan Kriterler

SK Boyutları	Göstergeler	Açıklama	Kaynak
Ekonomik Boyut	Ar-Ge	Ar-Ge Harcamaları/GSYİH	WB
	Kişi Başına GSYİH	GSYİH/Nüfus	WB
	Kamu Borcu	Kamu Borcu/GSYİH	WB
	İstihdam	İstihdamın Nüfusa Oranı	WB
	Yabancı Yatırımlar	Yabancı Yatırım/GSYİH	WB
	Sabit Sermaye Oluşumu	GSYİH İçerisindeki Yüzdesi	WB
Sosyal Boyut	Nüfus Yoğunluğu	Ülkenin Toplam Nüfusu/Toplam Alanı	WB
	Sağlık Harcaması	Sağlık Harcamaları/GSYİH	WB
	Gıda Harcaması	Gıda Harcamaları/Toplam Harcamalar	OECD
	Beşeri Sermaye	Beşeri Sermaye Endeksi	PWT
	Gelir Dağılımında Adalet	Gini Katsayısı	SWIID
	Beklenen Yaşam Süresi	Toplam (Yıl)	WB
Çevresel Boyut	Co2 Emisyonu	Kişi Başına Metrik Ton	WB
	Metan Emisyonu	Kişi Başına Metrik Ton	WB
	Enerji Yoğunluğu	Mj/\$2017 SAGP GSYİH	WB
	Orman Alanı Oranı	Arazi Alanının Yüzdesi	WB
	Katı Atık	Kişi Başına Üretilen Atığı (Kg)	OECD

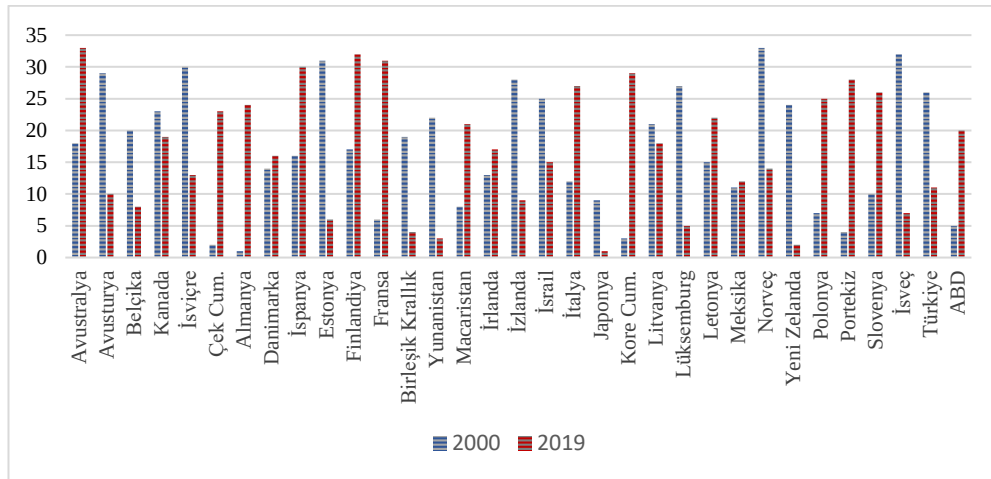
Çalışmada ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç sürdürülebilirlik boyutu altında 17 değişken kullanılmıştır. Yapılan temel bileşenler analizi sonucunda, ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma endeksi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu değişkenlere ait betimsel istatistikler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Betimsel İstatistikler

Değişkenler	Notasyon	Ortalama	Std. S.	Min.	Maks.
Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksi	ECOSI	1.5E-10	0.975	-2.211	3.902
Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksi	SOCSI	8.8E-09	0.975	-2.957	2.316
Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi	ENVI	-0.001	0.967	-2.674	2.637
Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi	SDI	-5.6E-09	0.975	-2.211	3.047

Şekil 14, 16, 18 ve 20’de ülkelerin sürdürülebilirlik endeksine göre sıralaması 2000 ve 2019 yılları için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Dikkate alınması gereken nokta ise sıralamada daha düşük değere sahip olan ülkelerin, sürdürülebilirlik açısından daha iyi bir performans göstermesidir. Yani, sürdürülebilirlik endeksine göre ülkelerin sıralaması 1’e yaklaştıkça ülkelerin sürdürülebilirlik performansı artmaktadır.

Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi; Ar-Ge harcamaları, kişi başına GSYİH, kamu borcu, istihdam, yabancı yatırımlar ve gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkenlerinden oluşturulmuştur. Şekil 14’te Ekonomik sürdürülebilirlik endeksine göre ülkelerin sıralaması 2000 ve 2019 yılları için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



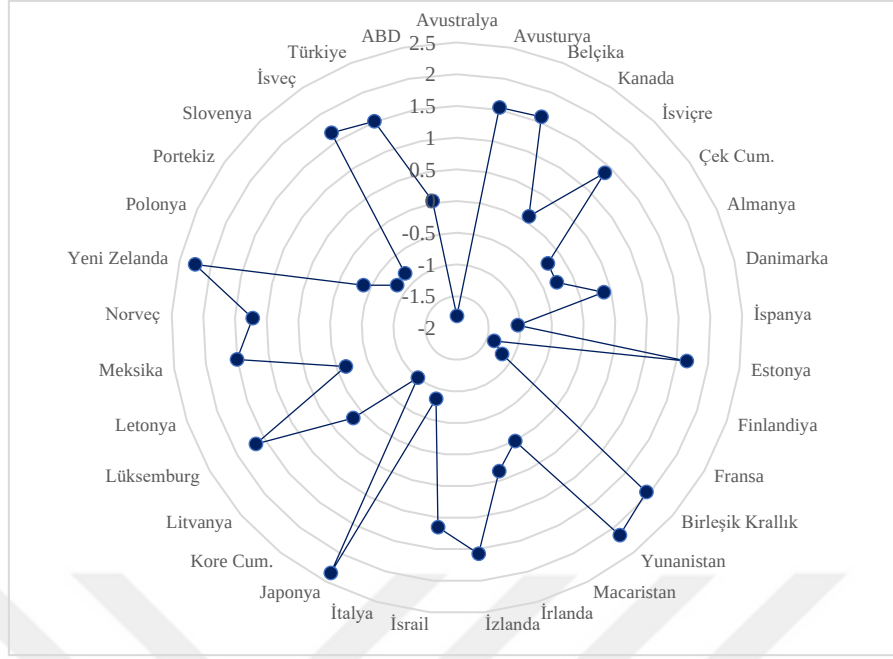
Şekil 14: Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması

Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi, bir ülkenin ekonomik faaliyetlerinin uzun vadede sürdürülebilirliğini değerlendiren bir ölçüttür. Bu endeks; Ar-Ge

harcamaları, kişi başına GSYİH, kamu borcu, istihdam, yabancı yatırımlar ve gayri safi sabit sermaye oluşumu değişkenlerinden oluşturulmuştur.

Şekil 14'e bakıldığında; Avusturya, Belçika, Kanada, İsviçre, Estonya, Birleşik Krallık, Yunanistan, İzlanda, İsrail, Japonya, Litvanya, Lüksemburg, Norveç, Yeni Zelanda, İsveç ve Türkiye'de 2000-2019 döneminde olumlu gelişmelerin yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu ülkelerin ekonomik sürdürülebilirlik endekslerinde artış yaşanmış ve ülke sıralamasında üst sıralara yükselmişlerdir. Ancak, diğer ülkelerin ekonomik sürdürülebilirlik endekslerinde düşüşler gözlemlenmektedir. 2000-2019 döneminde ülke sıralamasında pozitif gelişme sağlayan ülkelerin başında İsveç, İsviçre, Lüksemburg ve Estonya gelirken, negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında ise Avusturya, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti gelmektedir.

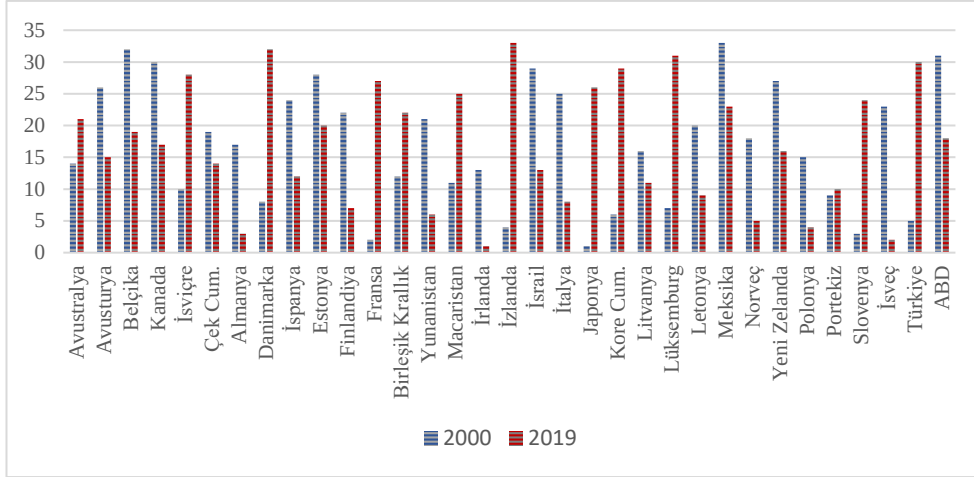
Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi, bir ülkenin ekonomik kalkınmasının sadece kısa vadede değil, uzun vadede de sürdürülebilir olup olmadığını göstermektedir. Bu endeks, bir ülkenin ekonomik politikalarının, yatırım kararlarının ve kaynak dağılımının gelecek nesillerin yaşam kalitesini etkileyebileceği gerçeğini yansıtmaktadır. Bu yüzden, ekonomik sürdürülebilirlik endeksinde düşüş yaşayan ülkelerin ekonomik sürdürülebilirliğe yönelik tedbirler almaları ve bu endeksi yükseltmeye odaklanmaları gerekmektedir.



Şekil 15: Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu

Şekil 15, 2019 yılında dünya genelindeki ülkelerin ekonomik sürdürülebilirlik endekslerini göstermektedir. Japonya'nın en yüksek endeks değeriyle birinci sırada yer alması, ülkenin ekonomik olarak sürdürülebilir bir kalkınma yolunda ilerlediğini göstermektedir.

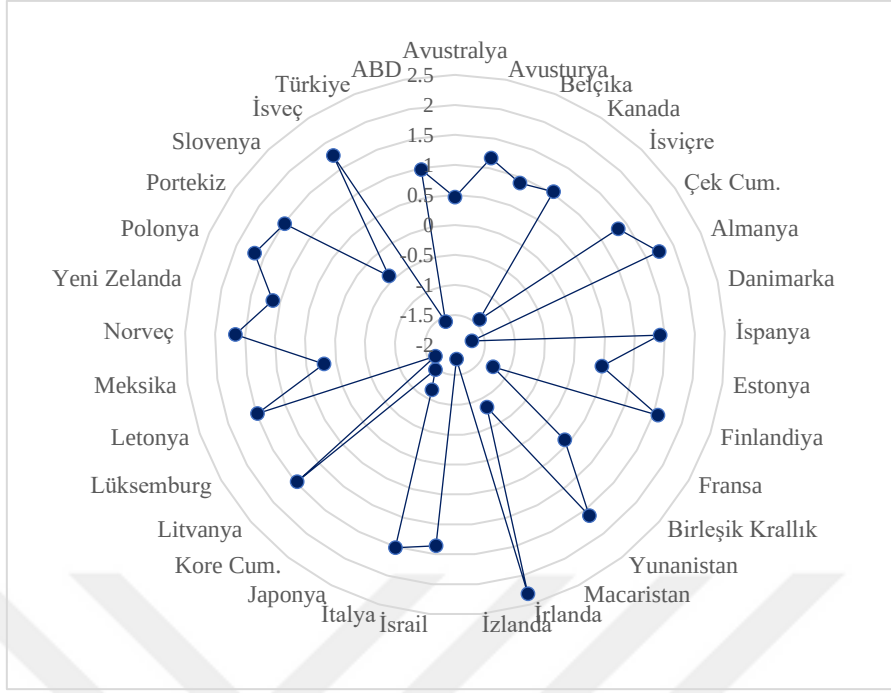
Ayrıca, İsveç, Estonya, Lüksemburg, Birleşik Krallık ve Yeni Zelanda gibi ülkeler de yüksek ekonomik sürdürülebilirlik endeksleri ile iyi performans gösteren ülkeler arasında yer almaktadır. Bu ülkeler; Ar-Ge harcamaları, kişi başına GSYİH, kamu borcu, istihdam, yabancı yatırımlar ve gayri safi sabit sermaye oluşumu gibi değişkenleri başarılı bir şekilde yöneterek, sürdürülebilir ekonomik kalkınmalarına katkı sağlamışlardır. Öte yandan, Avustralya, Finlandiya, Fransa, İspanya, Kore Cum., Portekiz, İtalya, Slovenya, Polonya, Almanya, Çek Cum. ve Letonya gibi ülkeler 2019 yılı ekonomik sürdürülebilirlik endeksi ortalamasının altında kalan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu ülkelerin, ekonomik sürdürülebilirlik endeksleri düşük olduğu için, ekonomik kalkınmalarının sürdürülebilir olmasını yanında, gelecekte ekonomik sorunlar yaşamaları muhtemeldir.



Şekil 16: Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksinde Göre Ülkelerin Sıralaması

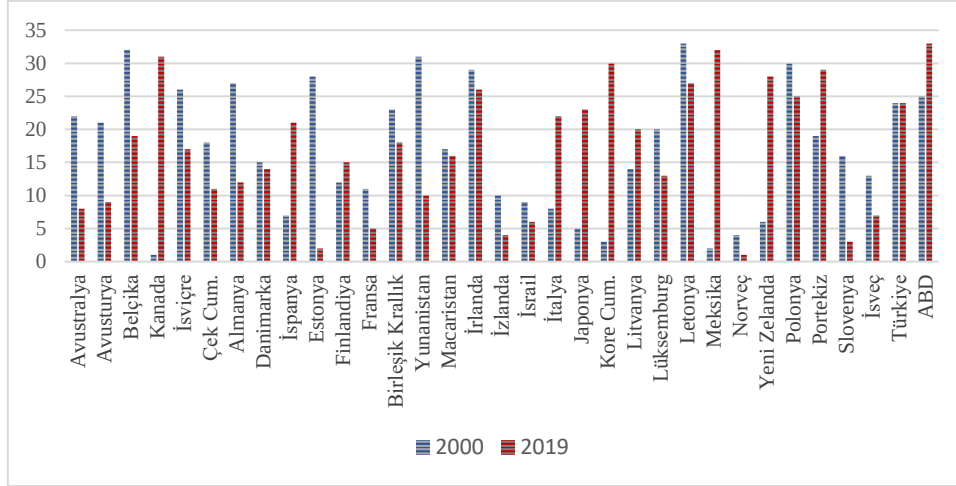
Sosyal sürdürülebilirlik, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlikle birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır. Sosyal sürdürülebilirlik endeksinde insanların yaşam kalitesi ile ilgili farklı faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik endeksi; nüfus yoğunluğu, sağlık harcamaları, gıda harcamaları, beşeri sermaye, gelir dağılımında adalet ve doğumda beklenen yaşam süresi değişkenlerinden oluşturulmuştur.

Şekil 16'da, sosyal sürdürülebilirlik endeksi 2000 ve 2019 yılları için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Avusturya, Belçika, Kanada, Çek Cum., Almanya, İspanya, Estonya, Finlandiya, Yunanistan, İrlanda, İsrail, İtalya, Litvanya, Letonya, Meksika, Norveç, Yeni Zelanda, Polonya, İsveç ve ABD'de 2000-2019 döneminde olumlu gelişmeler görülmüştür. Ancak, sayılan ülkelerin dışında kalan ülkeler sosyal sürdürülebilirlik sıralamasında negatif gelişmeler göstermiştir. Bu durum, bu ülkelerde sosyal sürdürülebilirlik konusunda gelişmelerin yavaş olduğunu veya gerileme yaşandığını göstermektedir. İsveç, Almanya ve Norveç sosyal sürdürülebilirlik sıralamasında pozitif gelişme sağlayan ülkelerin başında gelirken; Danimarka, Lüksemburg ve Türkiye ise sosyal sürdürülebilirlik sıralamasında negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında gelmektedir. Bu ülkelerde yaşam kalitesi, sosyal haklar ve fırsatlar konusunda ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bu ülkelerdeki hükümetlerin sosyal sürdürülebilirlik konusunda daha fazla çalışma yapmaları gerekmektedir.



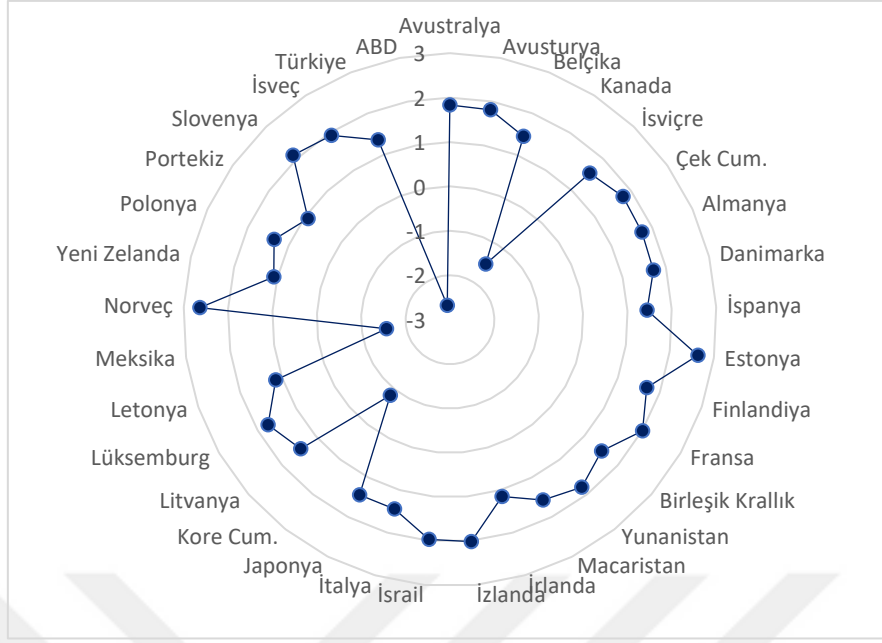
Şekil 17: Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu

Şekil 17’de, 2019 yılı için sosyal sürdürülebilirlik endeksine göre ülkelerin durumu gösterilmektedir. Şekil 17’ye bakıldığında; 2019 yılında en yüksek sosyal sürdürülebilirlik endeksine sahip ülkenin İrlanda olduğu görülmektedir. Ayrıca, İsveç, Almanya, Polonya ve Norveç gibi ülkeler de 2019 yılında ekonomik sürdürülebilirlik açısından iyi performans gösteren ülkeler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan Avustralya, İsviçre, Danimarka, Fransa, Macaristan, İzlanda, Japonya, Kore Cum., Lüksemburg, Slovenya ve Türkiye ise 2019 yılı ortalamasının altında kalan ülkelerdir. Özellikle sosyal sürdürülebilirlik endeksinde ortalamaların altında kalan ülkelerin sağlık harcamaları, gıda harcamaları, beşeri sermaye yatırımları, gelir dağılımında adalet ve doğumda beklenen yaşam süresi gibi kritik konulara daha fazla önem vermesi ve gerekli önlemleri alması gerekmektedir.



Şekil 18: Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması

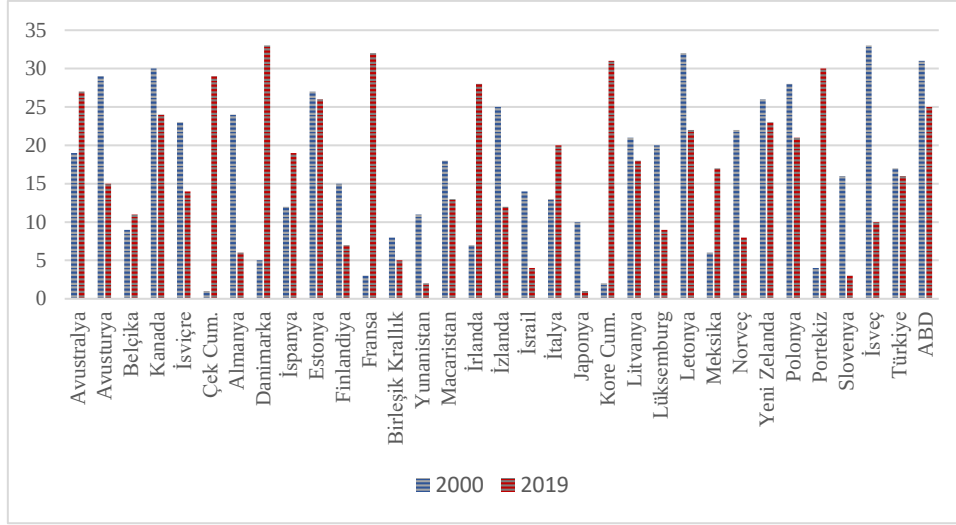
Çevresel sürdürülebilirlik endeksi; kişi başına Co2 emisyonu, kişi başına metan emisyonu, enerji yoğunluğu, ormanlık alanlar ve katı atık değişkenlerinden oluşturulmuştur. Şekil 18’de çevresel sürdürülebilirlik endeksine göre ülkelerin sıralaması 2000 ve 2019 yılları için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Çevresel sürdürülebilirlik endeksine bakıldığında; Kanada, İspanya, Finlandiya, İtalya, Japonya, Kore Cum., Litvanya, Meksika, Yeni Zelanda, Portekiz, Türkiye ve ABD’de 2000-2019 döneminde olumsuz gelişmeler görülmüştür. Diğer taraftan, sayılan ülkelerin dışında kalan ülkelere olumlu gelişmeler görülmüş ve bu ülkeler sosyal sürdürülebilirlik sıralamasında üst sıralara yükselmişlerdir. 2000-2019 döneminde çevresel sürdürülebilirlik sıralamasında en başarılı ülkelerin başında Estonya, Avustralya, Avusturya, Almanya ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Meksika, Kore Cum. ve Yeni Zelanda gelmektedir.



Şekil 19: Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksine Göre Ülkelerin Durumu

Şekil 19’da, 2019 yılı için Çevresel sürdürülebilirlik endeksine göre ülkelerin durumu gösterilmektedir. Şekle bakıldığında; 2019 yılında en yüksek çevresel sürdürülebilirlik endeksine sahip ülkenin Norveç olduğu görülmektedir. Ayrıca, Estonya, Slovenya, İzlanda, Fransa, İsrail ve İsveç gibi ülkeler de 2019 yılında ekonomik sürdürülebilirlik açısından iyi performans gösteren ülkeler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, İrlanda, Letonya, Yeni Zelanda, Portekiz, Kore Cum., Kanada, Meksika ve ABD ise 2019 yılı ortalamasının altında kalan ülkelerdir.

Artan sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve doğal kaynakların kötü yönetimi gibi faktörler çevresel sürdürülebilirlik endeksini düşürürken; yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre koruma yasalarının sıkı bir şekilde uygulanması gibi faktörler ise çevresel sürdürülebilirlik endeksini artırmaktadır. Buradan hareketle, çevresel sürdürülebilirlik endeksinde ortalamasının altında kalan ülkelerin, çevresel performanslarını iyileştirmek için daha fazla yatırım yapmaları ve sıkı çevre koruma politikaları uygulamaları gerekmektedir.



Şekil 20: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksine Göre Ülkelerin Sıralaması

Sürdürülebilir kalkınma endeksi; ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik endekslerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Şekil 20’de, sürdürülebilir kalkınma endeksine göre ülkelerin sıralaması 2000 ve 2019 yılları için karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma endeksine bakıldığında; Avustralya, Belçika, Çek Cum., Danimarka, İspanya, Fransa, İrlanda, İtalya, Kore Cum., Meksika ve Portekiz’de 2000-2019 döneminde olumsuz gelişmeler görülmüştür. Diğer taraftan, sayılan ülkelerin dışında kalan ülkelere olumlu gelişmeler görülmüştür. Söz konusu bu ülkeler sosyal sürdürülebilirlik sıralamasında üst sıralara yükselmişlerdir. 2000-2019 döneminde sürdürülebilir kalkınma sıralamasında en başarılı ülkelerin başında Almanya, Norveç, İsveç, İsviçre ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Çek Cum., Danimarka, Fransa ve Portekiz gelmektedir.

zamanda çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurması gerekmektedir.

3.2.2. Ampirik Analiz ve Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri 2000-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak 33 OECD ülkesi için test edilmektedir. Veri dönemi ve çalışmada incelenen ülkeler veri erişilebilirliğine göre seçilmiş ve verisine ulaşamayan 5 OECD ülkesi (Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Hollanda ve Slovakya) analiz dışında tutulmuştur. Çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımı, gösterimi ve kaynağı Tablo 10'da gösterilirken tanımlayıcı istatistikleri ise Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 10: Panel Veri Analizinde Kullanılan Göstergeler

Göstergeler	Notasyon	Açıklama	Kaynak
Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksi	ECOSI	PCA ile Hesaplanmıştır.	
Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksi	SOCSI	PCA ile Hesaplanmıştır.	
Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi	ENVSI	PCA ile Hesaplanmıştır.	
Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi	SDI	PCA ile Hesaplanmıştır.	
Dışa Açıklık Oranı	OPEN	GSYİH İçerisindeki Yüzdesi	WB
Sanayi Üretim Endeksi	INDRY	2010=100	IMF
Enflasyon	INF	Tüketici Fiyatları - Yıllık %	WB
Kentsel Nüfus Artışı	URBAN	Yıllık %	WB
Yenilenebilir Elektrik Net Üretimi	TOTAL	Toplam Elektrik Net Üretiminin Yüzdesi	EIA
Hidroelektrik Net Üretimi	HYDRO	Toplam Elektrik Net Üretiminin Yüzdesi	EIA
Jeotermal Elektrik Net Üretimi	GEOT	Toplam Elektrik Net Üretiminin Yüzdesi	EIA
Güneş Enerjisi Net Üretimi	SOLAR	Toplam Elektrik Net Üretiminin Yüzdesi	EIA
Rüzgâr Enerjisi Net Üretimi	WIND	Toplam Elektrik Net Üretiminin Yüzdesi	EIA
Biyokütle Elektrik Net Üretimi	BIOMASS	Toplam Net Elektrik Üretiminin Yüzdesi	EIA

Literatürde sürdürülebilir kalkınmanın belirleyicilerine ilişkin kapsamlı bir ampirik çalışma bulunmadığı için kontrol değişkenler de analize dâhil edilmiştir. Buna göre, Sanayi Üretim Endeksi, Enflasyon ve Kentsel Nüfus Artışı kontrol değişkeni olarak analize eklenmiştir. Ayrıca, ekonomik entegrasyonu temsil etmesi açısından Dışa Açıklık Oranı da kontrol değişkeni olarak analize eklenmiştir.

Tablo 11: Betimleyici İstatistikler

Değişkenler	Notasyon	Ortalama	Ortanca	Std. S.	Min.	Maks.
Ekonomik Sürdürülebilirlik Endeksi	ECOSI	1.52E-10	-0.023	0.975	-2.211	3.902
Sosyal Sürdürülebilirlik Endeksi	SOCSI	8.79E-09	-0.028	0.975	-2.957	2.316
Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi	ENVSI	-0.00086	-0.051	0.967	-2.674	2.637
Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi	SDI	-5.60E-09	-0.027	0.975	-2.212	3.047
Dışa Açıklık Oranı	OPEN	92.346	77.411	54.483	19.560	380.104
Enflasyon	INF	2.648	2.079	4.087	-4.478	54.915
Kentsel Nüfus Artışı	URBAN	0.815	0.800	0.895	-2.282	3.223
Sanayi Üretim Endeksi	INDRY	101.299	101.401	20.133	36.610	166.671
Yenilenebilir Elektrik Net Üretimi	TOTAL	32.047	20.519	30.357	0.0475	170.005
Hidroelektrik Net Üretimi	HYDRO	20.978	8.305	26.420	0.000	99.709
Jeotermal Elektrik Net Üretimi	GEOT	1.222	0.000	4.798	0.000	30.238
Güneş Enerjisi Net Üretimi	SOLAR	0.923	0.039	2.444	0.000	32.676
Rüzgâr Enerjisi Net Üretimi	WIND	4.736	1.150	8.391	0.000	54.044
Biyokütle Elektrik Net Üretimi	BIOMASS	4.133	1.783	6.309	0.000	68.097

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında doğabilecek çoklu bağlantı problemlerini önlemek için yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır. Bu sayede, farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirlik türleri üzerindeki etkileri gözlemlenebilmektedir. Bu amaçla, çalışmamızda aşağıdaki modeller tahmin edilecektir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının *ekonomik sürdürülebilirlik* üzerindeki etkilerini test etmek için aşağıdaki modeller kurulmuştur. Denklem 27, 28, 29, 30 ve 31, sırasıyla, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ölçmek için oluşturulurken; Denklem 26 ise yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam etkisini ölçmek için oluşturulmuştur.

Model 1:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 TOTAL_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (26)$$

Model 2:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (27)$$

Model 3:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 GEOT_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (28)$$

Model 4:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (29)$$

Model 5:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (30)$$

Model 6:

$$ECOSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 BIOMASS_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (31)$$

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini test etmek için aşağıdaki modeller kurulmuştur. Denklem 33, 34, 35, 36 ve 37, sırasıyla, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarının sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ölçmek için oluşturulurken; Denklem 32 ise yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam etkisini ölçmek için oluşturulmuştur.

Model 1:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 TOTAL_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (32)$$

Model 2:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (33)$$

Model 3:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 GEOT_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (34)$$

Model 4:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (35)$$

Model 5:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (36)$$

Model 6:

$$SOCSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 BIOMASS_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (37)$$

Yenilenebilir enerji kaynaklarının *çevresel sürdürülebilirlik* üzerindeki etkilerini test etmek için aşağıdaki modeller kurulmuştur. Denklem 39, 40, 41, 42 ve 43, sırasıyla, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ölçmek için oluşturulurken; Denklem 38 ise yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam etkisini ölçmek için oluşturulmuştur.

Model 1:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 TOTAL_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (38)$$

Model 2:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (39)$$

Model 3:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 GEOT_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (40)$$

Model 4:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (41)$$

Model 5:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (42)$$

Model 6:

$$ENVSI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 BIOMASS_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (43)$$

Yenilenebilir enerji kaynaklarının *sürdürülebilir kalkınma* üzerindeki etkilerini test etmek için aşağıdaki modeller kurulmuştur. Denklem 45, 46, 47, 48 ve 49, sırasıyla, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini ölçmek için oluşturulurken; Denklem 44 ise yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam etkisini ölçmek için oluşturulmuştur.

Model 1:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 TOTAL_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (44)$$

Model 2:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (45)$$

Model 3:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 GEOT_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (46)$$

Model 4:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (47)$$

Model 5:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (48)$$

Model 6:

$$SDI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEN_{i,t} + \beta_2 INF_{i,t} + \beta_3 URBAN_{i,t} + \beta_4 INDRY_{i,t} + \beta_5 BIOMASS_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (49)$$

İlk olarak, çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki ikili korelasyonlar hesaplanmış ve korelasyon matrisi [EK 2](#)'de sunulmuştur. İkili korelasyonların bulgularına bakıldığında şu sonuçlara ulaşılmaktadır:

- Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi ile sürdürülebilir kalkınma endeksi, kentsel nüfus artışı, sanayi üretim endeksi ve güneş enerjisi arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.
- Sosyal sürdürülebilirlik endeksi ile çevresel sürdürülebilirlik endeksi, sürdürülebilir kalkınma endeksi, sanayi üretim endeksi, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.
- Çevresel sürdürülebilirlik endeksi ile sürdürülebilir kalkınma endeksi, dışa açıklık oranı, sanayi üretim endeksi, toplam yenilenebilir enerji üretimi, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında pozitif; enflasyon arasında ise negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.
- Sürdürülebilir kalkınma endeksi ile dışa açıklık oranı, kentsel nüfus artışı, sanayi üretim endeksi, toplam yenilenebilir enerji üretimi, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında pozitif; enflasyon arasında ise negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

3.2.2.1. Birim Kök Test Sonuçları

Analize geçmeden önce, çalışmada kullanılan değişkenlerin durağanlıkları kontrol edilmelidir. Regresyon modellerinin durağan olmayan değişkenleri içermesi durumunda sonuçlar güvenilir olmaktan uzaklaşmakta ve değişkenler arasındaki gerçek ilişki kaybolmaktadır. Bu nedenle, serilerin durağanlığı *Levin-Lin-Chu*, *Im-Pesaran-Shin*, *ADF-Fisher* ve *PP-Fisher* birim kök testleri ile araştırılmış ve sonuçları Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12: Birim Kök Test Sonuçları

	Null: unit root			
	LLC	IPS	ADF-Fisher	PP-Fisher
ECOSI	-1.206	-1.789*	91.404*	65.181
ΔECOSI	-11.530***	-9.647***	208.781***	247.982***
SOCSI	6.766	1.136	58.243	43.801
ΔSOCSI	-7.888***	-8.536***	195.306***	213.166***
ENVSI	-1.099	1.154	56.304	52.802
ΔENVSI	-14.213***	-12.491***	258.168***	301.824***
SDI	-0.272	1.050	60.852	42.733
ΔSDI	-8.756***	-8.909***	193.322***	227.154***
OPEN	-5.039***	-2.832***	99.642***	87.052**
ΔOPEN	-17.586***	-12.943***	262.685***	389.093***
INF	-11.202***	-8.322***	179.209***	206.422***
ΔINF	-20.388***	-17.114***	346.664***	650.434***
URBAN	-6.673***	-6.517***	173.209***	115.457***
ΔURBAN	-11.253***	-12.030***	253.548***	244.590***
INDRY	-1.914**	-0.618	71.543	56.078
ΔINDRY	-16.830***	-11.018***	224.357***	298.216***
TOTAL	-1.522*	0.372	95.215**	144.034***
ΔTOTAL	-15.750***	-16.874***	341.059***	434.115***
HYDRO	-13.723***	-9.936***	207.695***	255.325***
ΔHYDRO	-15.810***	-18.620***	380.464***	590.488***
GEOT	-1.281	0.008	23.582	24.624
ΔGEOT	-6.004***	-5.990***	71.287***	96.867***
SOLAR	20.203	18.409	59.487	9.367
ΔSOLAR	-2.142**	-1.769**	172.496***	229.209***
WIND	-0.071	5.019	49.793	23.228
ΔWIND	-5.066***	-10.952***	251.310***	308.509***
BIOMASS	-0.057	1.560	69.233	57.215
ΔBIOMASS	-10.965***	-11.633***	244.237***	317.050***
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.				

Tablo 12’de, dört farklı panel birim kök test sonuçları gösterilmektedir. Değişkenlerin çoğu, seviye düzeyinde yapılan birim kök testleri sonucuna göre birim kök içermektedir. Bu nedenle, seriler seviye düzeyinde durağan değildir. Ancak, serilerin birinci dereceden farkı alındığında tüm değişkenlerin dört birim kök testine göre de %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, bütün değişkenlerin seviye düzeyinde durağan olmadığı, ancak birinci derece farkları alındığında durağan hale geldiği tespit edilmiştir.

Bu değişkenlerin seviye düzeyinde durağan olmaması, uzun dönemde birbirleriyle hareket edebilecekleri ve durağan bir kombinasyon oluşturabilecekleri anlamına gelmektedir. Bu durum, seriler arasındaki uzun dönem ilişkileri analiz etmek için eşbütünleşme testlerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, seriler arasındaki uzun dönem ilişkilerin tespiti için eşbütünleşme testleri gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki başlıkta bu testlerin sonuçlarına yer verilmiştir.

3.2.2.2. Eşbütünleşme Test Sonuçları

Eşbütünleşme testleri, birbirleriyle bağlantılı birden fazla değişkenin uzun dönemde birlikte hareket etme eğilimi gösterip göstermediğini tespit etmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini araştırmak için Pedroni, Kao ve Johansen-Fisher Eşbütünleşme Testleri uygulanmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Tablo 13: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Within dimension		Between dimension	
	Test	İstatistik	Test	İstatistik
Model 1	Panel v-Statistic	-1.941	Group rho-Statistic	8.687
	Panel rho-Statistic	5.501	Group PP-Statistic	-2.893***
	Panel PP-Statistic	-1.922**	Group ADF-Statistic	-4.097***
	Panel ADF-Statistic	-4.394***		
Model 2	Panel v-Statistic	-2.542	Group rho-Statistic	9.371
	Panel rho-Statistic	6.791	Group PP-Statistic	-2.076**
	Panel PP-Statistic	-1.606*	Group ADF-Statistic	-3.147***
	Panel ADF-Statistic	-3.750***		
Model 3	Panel v-Statistic	-1.212	Group rho-Statistic	5.416
	Panel rho-Statistic	3.543	Group PP-Statistic	-2.956***
	Panel PP-Statistic	-2.844***	Group ADF-Statistic	-3.574***
	Panel ADF-Statistic	-5.727***		
Model 4	Panel v-Statistic	-1.817	Group rho-Statistic	6.970
	Panel rho-Statistic	4.019	Group PP-Statistic	0.734
	Panel PP-Statistic	-1.693**	Group ADF-Statistic	-3.017***
	Panel ADF-Statistic	-4.086***		
Model 5	Panel v-Statistic	-2.828	Group rho-Statistic	9.360
	Panel rho-Statistic	6.650	Group PP-Statistic	-17.001***
	Panel PP-Statistic	-1.713**	Group ADF-Statistic	-2.629***
	Panel ADF-Statistic	-2.980***		
Model 6	Panel v-Statistic	-2.004	Group rho-Statistic	8.481
	Panel rho-Statistic	5.157	Group PP-Statistic	-5.660***
	Panel PP-Statistic	-1.499*	Group ADF-Statistic	-2.647***
	Panel ADF-Statistic	-2.164**		

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 14: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları

	İstatistik	P değeri
Model 1 - ADF	-2.978***	0.0014
Model 2 - ADF	-2.445***	0.0072
Model 3 - ADF	-2.676***	0.0037
Model 4 - ADF	-3.936***	0.0000
Model 5 - ADF	-3.058***	0.0011
Model 6 - ADF	-3.000***	0.0013

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 15: Ekonomik Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Hipotezler	Trace	Max. eigenvalue
Model 1	None	231.7***	250.2***
	At most 1	1289.***	843.3***
	At most 2	809.6***	521.5***
	At most 3	415.4***	281.0***
	At most 4	218.6***	181.3***
	At most 5	134.5***	134.5***
Model 2	None	284.2***	284.2***
	At most 1	1310.***	886.1***
	At most 2	807.7***	519.2***
	At most 3	422.5***	312.6***
	At most 4	194.6***	163.8***
	At most 5	119.0***	119.0***
Model 3	None	134.5***	134.5***
	At most 1	361.6***	260.1***
	At most 2	236.3***	162.9***
	At most 3	150.7***	100.0***
	At most 4	78.20***	68.80***
	At most 5	40.74***	40.74***
Model 4	None	264.4***	264.4***
	At most 1	1272.***	869.2***
	At most 2	820.4***	512.9***
	At most 3	453.6***	329.9***
	At most 4	207.7***	150.4***
	At most 5	162.0***	162.0***
Model 5	None	318.3***	318.3***
	At most 1	1243.***	855.6***
	At most 2	744.0***	475.6***
	At most 3	408.2***	289.3***
	At most 4	197.6***	180.2***
	At most 5	105.3***	105.3***
Model 6	None	233.1***	233.1***
	At most 1	1296.***	894.1***
	At most 2	792.7***	547.1***
	At most 3	426.0***	293.1***
	At most 4	215.0***	176.4***
	At most 5	131.8***	131.8***

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 13'te, ekonomik sürdürülebilirlik için Pedroni eş bütünleşme test sonuçları; Tablo 14'te, Kao eş bütünleşme test sonuçları ve Tablo 15'te ise Fisher eşbütünleşme test sonuçları yer almaktadır. Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında; Model 1, Model 2, Model 3, Model 5 ve Model 6'da, yedi istatistiğin dördünün en az %10 seviyesinde; Model 4'te ise yedi istatistiğin üçünün en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, Kao ve Fisher eşbütünleşme testlerinde ise modellerin tamamı %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel

olarak değerlendirildiğinde; Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testlerinde H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Dolayısıyla, alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Buradan hareketle, uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, uzun dönemde, OECD ülkelerinde, yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler birlikte hareket etme eğilimi göstermektedir ve yapılan analizler söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Tablo 16: Sosyal Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Within dimension		Between dimension	
	Test	İstatistik	Test	İstatistik
Model 1	Panel v-Statistic	-1.073	Group rho-Statistic	8.450
	Panel rho-Statistic	6.679	Group PP-Statistic	-4.466***
	Panel PP-Statistic	1.838	Group ADF-Statistic	-3.993***
	Panel ADF-Statistic	-2.369***		
Model 2	Panel v-Statistic	2.795***	Group rho-Statistic	8.004
	Panel rho-Statistic	6.824	Group PP-Statistic	2.978
	Panel PP-Statistic	4.588	Group ADF-Statistic	1.698
	Panel ADF-Statistic	2.111		
Model 3	Panel v-Statistic	0.424	Group rho-Statistic	5.251
	Panel rho-Statistic	4.239	Group PP-Statistic	-4.302***
	Panel PP-Statistic	0.102	Group ADF-Statistic	-2.501***
	Panel ADF-Statistic	-2.388***		
Model 4	Panel v-Statistic	-1.373	Group rho-Statistic	8.736
	Panel rho-Statistic	6.677	Group PP-Statistic	-2.203**
	Panel PP-Statistic	3.590	Group ADF-Statistic	-2.469***
	Panel ADF-Statistic	-0.160		
Model 5	Panel v-Statistic	2.643***	Group rho-Statistic	8.970
	Panel rho-Statistic	8.501	Group PP-Statistic	-14.348***
	Panel PP-Statistic	2.521	Group ADF-Statistic	-3.366***
	Panel ADF-Statistic	-2.752***		
Model 6	Panel v-Statistic	4.001***	Group rho-Statistic	8.905
	Panel rho-Statistic	8.319	Group PP-Statistic	-6.962***
	Panel PP-Statistic	4.729	Group ADF-Statistic	-3.316***
	Panel ADF-Statistic	-0.419		
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.				

Tablo 17: Sosyal Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları

	İstatistik	P değeri
Model 1 - ADF	-1.444*	0.0743
Model 2 - ADF	-1.539*	0.0619
Model 3 - ADF	-1.473*	0.0704
Model 4 - ADF	-1.450*	0.0735
Model 5 - ADF	-1.775**	0.0386
Model 6 - ADF	-1.422*	0.0775
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.		

Tablo 18: Sosyal Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Hipotezler	Trace	Max. eigenvalue
Model 1	None	284.2***	284.2***
	At most 1	1362.***	869.3***
	At most 2	867.2***	497.8***
	At most 3	524.7***	347.7***
	At most 4	273.6***	216.1***
	At most 5	168.8***	168.8***
Model 2	None	233.1***	233.1***
	At most 1	1349.***	908.0***
	At most 2	831.3***	528.8***
	At most 3	483.3***	341.7***
	At most 4	228.6***	171.3***
	At most 5	170.7***	170.7***
Model 3	None	66.35***	66.35***
	At most 1	325.2***	231.9***
	At most 2	276.2***	187.8***
	At most 3	201.9***	145.7***
	At most 4	90.13***	59.08***
	At most 5	76.06***	76.06***
Model 4	None	315.5***	315.5***
	At most 1	1253.***	883.3***
	At most 2	801.2***	507.1***
	At most 3	413.1***	273.1***
	At most 4	212.2***	172.5***
	At most 5	144.2***	144.2***
Model 5	None	318.3***	318.3***
	At most 1	1392.***	973.2***
	At most 2	856.8***	569.5***
	At most 3	448.7***	311.6***
	At most 4	217.2***	190.8***
	At most 5	122.7***	122.7***
Model 6	None	351.0***	369.4***
	At most 1	1323.***	959.3***
	At most 2	897.6***	660.3***
	At most 3	450.3***	318.2***
	At most 4	218.3***	202.6***
	At most 5	104.8***	104.8***
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.			

Tablo 16’da, sosyal sürdürülebilirlik için Pedroni eş bütünleşme test sonuçları, Tablo 17’de Kao eş bütünleşme test sonuçları ve Tablo 18’de ise Fisher eşbütünleşme test sonuçları yer almaktadır. Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında, Model 5’te, yedi istatistiğin dördü en az %10 seviyesinde; Model 1, Model 3 ve Model 6’da, yedi istatistiğin üçü en az %10 seviyesinde; Model 4’te, yedi istatistiğin ikisi en az %10 seviyesinde ve Model 2’de, yedi istatistiğin biri en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer taraftan, Kao eşbütünleşme testinde modellerin tamamı en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı iken; Fisher eşbütünleşme testinde ise modellerin tamamı %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde; Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testlerinde H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Dolayısıyla, alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Buradan hareketle, uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynakları ile sosyal sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, uzun dönemde, OECD ülkelerinde, yenilenebilir enerji kaynakları ile sosyal sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler birlikte hareket etme eğilimi göstermektedir ve yapılan analizler söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Tablo 19: Çevresel Sürdürülebilirlik-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Within dimension		Between dimension	
	Test	İstatistik	Test	İstatistik
Model 1	Panel v-Statistic	2.037**	Group rho-Statistic	8.499
	Panel rho-Statistic	6.578	Group PP-Statistic	-3.638***
	Panel PP-Statistic	0.150	Group ADF-Statistic	-2.064**
	Panel ADF-Statistic	-1.588*		
Model 2	Panel v-Statistic	1.442*	Group rho-Statistic	8.140
	Panel rho-Statistic	6.731	Group PP-Statistic	-6.845***
	Panel PP-Statistic	0.742	Group ADF-Statistic	-2.094**
	Panel ADF-Statistic	-0.562		
Model 3	Panel v-Statistic	-0.990	Group rho-Statistic	5.880
	Panel rho-Statistic	4.977	Group PP-Statistic	-21.451***
	Panel PP-Statistic	-0.655	Group ADF-Statistic	-2.165**
	Panel ADF-Statistic	-1.310*		
Model 4	Panel v-Statistic	-0.723***	Group rho-Statistic	6.922
	Panel rho-Statistic	4.914	Group PP-Statistic	-7.934***
	Panel PP-Statistic	-3.032	Group ADF-Statistic	-4.727***
	Panel ADF-Statistic	-3.918***		
Model 5	Panel v-Statistic	-0.288	Group rho-Statistic	7.560
	Panel rho-Statistic	6.156	Group PP-Statistic	-9.963***
	Panel PP-Statistic	-2.065**	Group ADF-Statistic	-3.712***
	Panel ADF-Statistic	-3.648***		
Model 6	Panel v-Statistic	0.457	Group rho-Statistic	6.208
	Panel rho-Statistic	4.319	Group PP-Statistic	-1.773**
	Panel PP-Statistic	-0.872	Group ADF-Statistic	-3.197***
	Panel ADF-Statistic	-1.643**		
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.				

Tablo 20: Çevresel Sürdürülebilirlik-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları

	İstatistik	P değeri
Model 1 - ADF	1.346*	0.0891
Model 2 - ADF	1.456*	0.0727
Model 3 - ADF	1.346*	0.0892
Model 4 - ADF	1.731**	0.0417
Model 5 - ADF	2.199**	0.0139
Model 6 - ADF	2.747***	0.0030
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.		

Tablo 21: Çevresel Sürdürülebilirlik-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Hipotezler	Trace	Max. eigenvalue
Model 1	None	352.4***	352.4***
	At most 1	1319.***	843.7***
	At most 2	897.2***	566.1***
	At most 3	472.7***	303.5***
	At most 4	257.6***	199.5***
	At most 5	175.1***	175.1***
Model 2	None	250.2***	250.2***
	At most 1	1281.***	856.8***
	At most 2	791.8***	522.5***
	At most 3	412.6***	273.4***
	At most 4	215.8***	179.1***
	At most 5	133.3***	133.3***
Model 3	None	49.32***	49.32***
	At most 1	347.0***	210.0***
	At most 2	245.1***	156.9***
	At most 3	167.0***	101.6***
	At most 4	92.92***	74.26***
	At most 5	56.74***	56.74***
Model 4	None	349.6***	349.6***
	At most 1	1290.***	882.7***
	At most 2	880.0***	585.9***
	At most 3	458.8***	301.2***
	At most 4	237.9***	201.0***
	At most 5	139.7***	139.7***
Model 5	None	265.8***	284.2***
	At most 1	1310.***	881.9***
	At most 2	849.0***	539.7***
	At most 3	485.7***	295.3***
	At most 4	284.8***	215.6***
	At most 5	185.2***	185.2***
Model 6	None	301.3***	301.3***
	At most 1	1324.***	904.3***
	At most 2	814.1***	526.4***
	At most 3	435.4***	322.9***
	At most 4	203.0***	173.7***
	At most 5	130.6***	130.6***

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 19’da çevresel sürdürülebilirlik için Pedroni eş bütünleşme test sonuçları; Tablo 20’de Kao eş bütünleşme test sonuçları ve Tablo 21’de ise Fisher eşbütünleşme test sonuçları yer almaktadır. Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında; Model 1, Model 4 ve Model 5’te, yedi istatistiğin dördü en az %10 seviyesinde; Model 2, Model 3 ve Model 6’da ise yedi istatistiğin üçü en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer taraftan, Kao eşbütünleşme testinde, modellerin tamamı en az %10

seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı iken; Fisher eşbütünleşme testinde ise modellerin tamamı %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde; Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testlerinde H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Dolayısıyla, alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Buradan hareketle, uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynakları ile çevresel sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, uzun dönemde, OECD ülkelerinde, yenilenebilir enerji kaynakları ile çevresel sürdürülebilirlik ve diğer açıklayıcı değişkenler birlikte hareket etme eğilimi göstermektedir ve yapılan analizler söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Tablo 22: Sürdürülebilir Kalkınma-Pedroni Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Within dimension		Between dimension	
	Test	İstatistik	Test	İstatistik
Model 1	Panel v-Statistic	-1.669	Group rho-Statistic	7.535
	Panel rho-Statistic	5.869	Group PP-Statistic	-3.952***
	Panel PP-Statistic	0.421	Group ADF-Statistic	-2.433***
	Panel ADF-Statistic	-1.621*		
Model 2	Panel v-Statistic	-1.771	Group rho-Statistic	8.547
	Panel rho-Statistic	7.777	Group PP-Statistic	-3.471***
	Panel PP-Statistic	2.587	Group ADF-Statistic	-2.397***
	Panel ADF-Statistic	-0.272		
Model 3	Panel v-Statistic	-2.025	Group rho-Statistic	6.129
	Panel rho-Statistic	5.939	Group PP-Statistic	-10.676***
	Panel PP-Statistic	5.401	Group ADF-Statistic	-1.549**
	Panel ADF-Statistic	-0.503		
Model 4	Panel v-Statistic	-1.557	Group rho-Statistic	9.304
	Panel rho-Statistic	7.375	Group PP-Statistic	-14.787***
	Panel PP-Statistic	1.023	Group ADF-Statistic	-5.673***
	Panel ADF-Statistic	-3.024***		
Model 5	Panel v-Statistic	-2.131	Group rho-Statistic	7.547
	Panel rho-Statistic	6.100	Group PP-Statistic	-7.248***
	Panel PP-Statistic	1.338	Group ADF-Statistic	-2.588***
	Panel ADF-Statistic	-0.781		
Model 6	Panel v-Statistic	-2.166	Group rho-Statistic	8.535
	Panel rho-Statistic	7.488	Group PP-Statistic	-19.364***
	Panel PP-Statistic	-0.569	Group ADF-Statistic	-4.867***
	Panel ADF-Statistic	-1.546*		

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 23: Sürdürülebilir Kalkınma-Kao Eşbütünleşme Test Sonuçları

	İstatistik	P değeri
Model 1 - ADF	-1.541*	0.0616
Model 2 - ADF	-1.672**	0.0472
Model 3 - ADF	-1.593*	0.0556
Model 4 - ADF	-2.601***	0.0046
Model 5 - ADF	-1.536*	0.0623
Model 6 - ADF	-1.680**	0.0465
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.		

Tablo 24: Sürdürülebilir Kalkınma-Fisher Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Hipotezler	Trace	Max. eigenvalue
Model 1	None	301.3***	301.3***
	At most 1	1330.***	877.0***
	At most 2	911.2***	574.6***
	At most 3	497.5***	337.7***
	At most 4	256.7***	216.4***
	At most 5	139.0***	139.0***
Model 2	None	301.3***	301.3***
	At most 1	1326.***	931.7***
	At most 2	841.3***	534.3***
	At most 3	462.1***	338.2***
	At most 4	212.0***	173.0***
	At most 5	138.0***	138.0***
Model 3	None	100.4***	100.4***
	At most 1	309.3***	179.5***
	At most 2	257.6***	180.4***
	At most 3	164.5***	100.2***
	At most 4	95.21***	70.52***
	At most 5	63.08***	63.08***
Model 4	None	230.4***	230.4***
	At most 1	1301.***	923.0***
	At most 2	821.0***	516.1***
	At most 3	436.8***	291.2***
	At most 4	224.4***	172.5***
	At most 5	162.5***	162.5***
Model 5	None	250.2***	250.2***
	At most 1	1311.***	864.9***
	At most 2	831.4***	540.5***
	At most 3	470.0***	314.0***
	At most 4	245.0***	201.8***
	At most 5	142.1***	142.1***
Model 6	None	267.2***	267.2***
	At most 1	1318.***	880.5***
	At most 2	836.6***	575.9***
	At most 3	432.1***	321.1***
	At most 4	196.9***	161.8***
	At most 5	130.3***	130.3***
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.			

Tablo 22’de sürdürülebilir kalkınma için Pedroni eş bütünleşme test sonuçları; Tablo 23’te Kao eş bütünleşme test sonuçları ve Tablo 24’te ise Fisher eşbütünleşme test sonuçları yer almaktadır. Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında; Model 1, Model 4 ve Model 6’da yedi istatistiğin üçü en az %10 seviyesinde; Model 2, Model 3 ve Model 5’te ise yedi istatistiğin ikisi en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer taraftan, Kao eşbütünleşme testinde modellerin tamamı en az %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı iken; Fisher eşbütünleşme testinde ise modellerin tamamı %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde; Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testlerinde H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Dolayısıyla, alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Buradan hareketle, uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynakları ile sürdürülebilir kalkınma ve diğer açıklayıcı değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, uzun dönemde, OECD ülkelerinde, yenilenebilir enerji kaynakları ile sürdürülebilir kalkınma ve diğer açıklayıcı değişkenler birlikte hareket etme eğilimi göstermektedir ve yapılan analizler söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi tespit edildikten sonra; bu ilişkinin düzeyini ortaya koymak için katsayıların tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın devamında Panel ARDL yöntemi uygulanmıştır.

3.2.2.3. Panel ARDL Tahmin Sonuçları

Değişkenler arasındaki ilişkinin düzeyini ortaya koymak için Pesaran ve Shin (1999) ile Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ve farklı bütünleşme derecelerine sahip serilere eşbütünleşme testi yapabilen Panel ARDL kullanılmıştır. Panel ARDL yöntemi kullanılarak elde edilen uzun ve kısa vadeli katsayı tahminleri Tablo 25’te gösterilmiştir.

Tablo 25: Ekonomik Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Uzun Dönem Katsayılar						
OPEN	-0.021***	-0.020***	0.004	-0.003	-0.022***	0.036***
INF	0.038**	0.004	0.001	-0.491***	0.047**	0.067
URBAN	-1.056***	-0.891***	0.011	0.616***	-1.429***	-0.234
INDRY	0.052***	0.057***	0.029***	0.027***	0.053***	0.025***
TOTAL	0.031**					
HYDRO		-0.107**				
GEOT			0.090**			
SOLAR				-0.122**		
WIND					0.138***	
BIOMASS						-0.182***
Kısa Dönem Katsayılar						
ECT(-1)	-0.153***	-0.137***	-0.184***	-0.100***	-0.133***	-0.162***
OPEN	0.001	-0.003	-0.009	-0.003	0.001	-0.015
INF	-0.001	0.001	0.006	-0.009	-0.020	0.008
URBAN	1.378	1.345	1.156	1.052	1.354	1.190
INDRY	0.021**	0.023***	0.032***	0.028***	0.024***	0.027***
TOTAL	0.317					
HYDRO		-0.181				
GEOT			-26.752			
SOLAR				0.685		
WIND					0.520	
BIOMASS						0.194
(C)	-0.580***	-0.300**	-0.603***	-0.177***	-0.487***	-0.850***

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 25'teki tahmin sonuçlarına göre, tüm modellerin hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını, bir dengesizliğin yaşanması durumunda ise bu dengenin yeniden sağlanacağını göstermektedir. Tablodaki hata düzeltme katsayıları, kısa ve uzun dönem arasında meydana gelen sapmaların Model 1'de yaklaşık %15'inin, Model 2'de yaklaşık %14'ünün, Model 3'te yaklaşık %18'inin, Model 4'te yaklaşık %10'unun, Model 5'te yaklaşık %13'ünün ve Model 6'da ise yaklaşık %16'sının bir sonraki dönemde giderileceğine işaret etmektedir. Kısa dönem sonuçları, değişkenlerin ilk gecikmesinin etkilerinin genel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Uzun dönem katsayılarının ise genel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Model 1, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ölçmek için kurulmuştur. Model 1'in sonuçlarına göre,

uzun dönemde dışa açıklık oranındaki, sanayi üretim endeksindeki ve enflasyondaki %1'lik bir artış ekonomik sürdürülebilirliği sırasıyla %0,03, %0,05 ve %0,04 oranında artırmaktadır. Yani, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ekonomik sürdürülebilirliği pozitif yönde etkilemektedir. Ayrıca, sanayi üretim endeksindeki artışın da ekonomik sürdürülebilirliği artırdığı ve sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, dışa açıklık oranındaki ve kentsel nüfus oranındaki %1'lik bir artış ise ekonomik sürdürülebilirliği sırasıyla %0,02 ve %1 oranında azaltmaktadır. Bu sonuç, dışa açıklık ve kentsel nüfus artışının ekonomik sürdürülebilirliği olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Tahmin sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yenilenebilir enerji toplamı, jeotermal ve rüzgâr enerjisi, uzun dönemde ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki ederken; hidroelektrik, güneş ve biyokütle enerjisi negatif etki etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri daha ayrıntılı olarak ele alınacak olursa, yenilenebilir enerji santrallerinin yaygınlaşması, daha fazla Ar-Ge yatırımlarının yapılmasına, santrallerde kullanılan teknolojinin ülke içinde üretilmesine, teknolojinin gelişmesine ve ekonomik büyümeye katkı sağlayacaktır. Bu sonuçlar, Yu ve Choi (1985), Glassure ve Lee (1998), Apergis ve öte. (2010), Apergis ve Payne (2010) ve Koyuncu ve Karabulut'un (2021) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmanın ve literatürdeki çalışmaların sonuçları karşılaştırıldığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirliği pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Diğer taraftan, jeotermal enerji kaynakları, fosil yakıtların kullanımına kıyasla daha temizdir ve çevresel etkileri daha az bulunmaktadır. Ayrıca, jeotermal enerji kaynaklarından günün her saatinde yararlanılabilmesi, enerji temini açısından süreklilik sağlamaktadır. Bu durum ise enerji arz güvenliğine katkı sağlamakta ve düşük maliyetli enerji üretilmesine olanak sağlayarak ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Rüzgâr enerjisi ise diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi çevre dostudur ve karbon salınımını azaltmaktadır. Aynı zamanda, rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu ve işletimi istihdamı artırarak yerel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Bu da ekonomik sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilemektedir.

Hidroelektrik enerji, su kaynaklarının kullanılmasıyla elektrik üretimi sağlamaktadır. Bununla birlikte, büyük ölçekli hidroelektrik santralleri doğal yaşam alanlarını etkileyebilmekte, su taşkınları nedeniyle yöre halkının yaşamını tehdit edebilmekte ve tarım arazilerinin su altında kalmasına neden olarak zaiyata sebep olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, hidroelektrik santralleri dolaylı yollardan ekonomik sürdürülebilirliği olumsuz etkileyebilmektedir. Benzer şekilde güneş enerji santrallerinin tarım arazilerine kurulması yöre halkının doğrudan, ekonomik sürdürülebilirliğin ise dolaylı yollardan etkilenmesine neden olabilmektedir. Ayrıca güneş enerji santrallerinde kullanılan teknolojinin ithal edilmesi de ekonomik sürdürülebilirliği negatif etkileyebilmektedir.

Biyokütle enerjisi, organik atıkların veya bitkisel malzemelerin yakılmasıyla elde edilmektedir. Ancak, biyokütle enerjisi bazen ormanların tahrip edilmesine, tarım arazilerinin farklı amaçlarla kullanılmasına ve gıda kaynaklarının kullanımında rekabete neden olabilmektedir. Bu da ekonomik sürdürülebilirlik açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Bunlara ek olarak, bütün modellerde sanayi üretim endeksinin ekonomik sürdürülebilirliğe pozitif katkı yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Sanayi üretimi, istihdam yaratma potansiyeli, gelir artışı ve teknolojik ilerleme gibi faktörlerle ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bu da sanayi üretim endeksinin ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki etmesini sağlamaktadır.

Kentsel nüfus oranındaki artış Model 3 ve Model 6 da istatistiksel olarak anlamsız çıkarken, diğer modellerde anlamlı çıkmıştır. Buna ek olarak, kentsel nüfus oranındaki artışın ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde genel olarak negatif etki yaptığı tespit edilmiştir. Kentsel nüfusun hızlı bir şekilde artması, kaynakların daha hızlı tükenmesine, altyapı ve çevresel sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca, artan kentsel nüfus, sosyal eşitsizlikleri ve ekonomik dengesizlikleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, kentsel büyüme süreçlerinin dikkatli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi, ekonomik sürdürülebilirlik açısından önemlidir.

Enflasyon, altı modelin üçünde anlamlı çıkarken; dışa açıklık oranı, altı modelin dördünde anlamlı çıkmıştır. Ayrıca, enflasyondaki artışın genel olarak ekonomik sürdürülebilirliğe pozitif katkı yaptığı, dışa açıklık

oranındaki artışın ise negatif etki yaptığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ekonomik sürdürülebilirliğin enflasyonla birlikte arttığını göstermektedir. Çünkü, enflasyon oranının bir miktar artması, tüketimin canlanmasına ve ekonomik büyümeye katkı sağlayabilmektedir. Ancak, aşırı yüksek enflasyon oranları da ekonomik istikrarsızlığa neden olmaktadır. Dolayısıyla, dengeyi koruyan ve kontrol altında tutulan bir enflasyon seviyesinin ekonomik sürdürülebilirliğe olumlu etki edeceği düşünülmektedir. Diğer taraftan, dışa açıklığın artması ekonomik sürdürülebilirliği azaltmaktadır. Çünkü, yüksek dışa açıklık oranı, yerli üretimin azalmasına ve üretimde dışa bağımlılığın artmasına neden olabilmektedir. Bu durum, ekonomik dengesizliklere, işsizlik sorunlarına ve dış ticaret açığına yol açabilmektedir. Dolayısıyla, dışa açıklık oranının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve yerli üretimi destekleyen politikaların uygulanması önemlidir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak ve sanayi üretimini artırmak, ekonomik sürdürülebilirlik için iyi bir seçenek olarak görülmektedir. Ayrıca, dışa açıklık ve kentsel nüfus artışı kontrol edilerek, ekonomik sürdürülebilirliğin korunması sağlanabilir. Bu modelin sonuçları, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini anlamamızı sağlamaktadır. Bu sonuçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ekonomik sürdürülebilirliği artırabileceğini ve bu kaynakların farklı türlerinin farklı sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Tablo 26: Sosyal Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Uzun Dönem Katsayılar						
OPEN	0.023***	0.063***	0.035***	0.054***	-0.040***	0.026***
INF	0.262***	-0.048***	0.053**	-0.030	0.0288***	-0.017***
URBAN	-1.699***	0.870***	-1.269***	-0.958**	19.123***	-7.888***
INDRY	-0.023***	-0.046***	-0.025***	-0.022*	-0.022***	-0.033***
TOTAL	0.032***					
HYDRO		0.029***				
GEOT			-0.085***			
SOLAR				-0.168		
WIND					-0.076***	
BIOMASS						0.299***
Kısa Dönem Katsayılar						
ECT(-1)	-0.038***	-0.055***	-0.049***	-0.071***	-0.003	-0.019*
OPEN	-0.004	-0.005	-0.004	-0.003	-0.006	-0.007
INF	-0.014	-0.009	-0.008	-0.012	-0.015	-0.005
URBAN	0.190	-0.058	0.099	-0.030	-0.024	0.224
INDRY	0.001	0.002	0.001	0.003	0.005	0.004
TOTAL	-0.025					
HYDRO		-0.181*				
GEOT			12.762			
SOLAR				-0.010		
WIND					0.055	
BIOMASS						0.021
(C)	0.060	-0.001	0.104**	-0.072	-0.041	0.254
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.						

Tablo 26'daki tahmin sonuçlarına göre, Model 5 haricindeki tüm modellerin hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablodaki hata düzeltme katsayıları, kısa ve uzun dönem arasında meydana gelen sapmaların, Model 1'de yaklaşık %4'ünün, Model 2'de yaklaşık %6'sının, Model 3'te yaklaşık %5'inin, Model 4'te yaklaşık %7'sinin ve Model 6'da ise yaklaşık %2'sinin bir sonraki dönemde giderileceğine işaret etmektedir. Kısa dönem sonuçları, değişkenlerin ilk gecikmesinin etkilerinin genel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Uzun dönem katsayılarının ise genel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ölçmek için kurulan Model 1'in sonuçlarına göre, uzun dönemde yenilenebilir enerji toplamındaki, dışa açıklık oranındaki ve enflasyondaki %1'lik bir artış sosyal sürdürülebilirliği sırasıyla %0,03, %0,02 ve %0,3 oranında artırmaktadır. Diğer taraftan, sanayi üretim endeksindeki ve kentsel

nüfus oranındaki %1’lik bir artış ise sosyal sürdürülebilirliği sırasıyla %0,02 ve %1,7 oranında azaltmaktadır.

Yenilenebilir enerji toplamının, hidroelektrik ve biyokütle enerjisinin uzun dönemde sosyal sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu enerji kaynaklarının kullanımı çevresel etkileri azaltırken, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak enerji güvenliği sağlamaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yerel ekonomilere katkı sağlayarak sosyal kalkınmayı desteklemektedir. Böylece hem toplumun enerji talepleri karşılanmakta hem de gelecek nesillerin enerji kaynakları korunmuş olmaktadır.

Öte yandan, jeotermal enerjinin uzun dönemde sosyal sürdürülebilirlik üzerinde negatif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı, yer altı sularının azalmasına hatta tükenmesine neden olabilir. Bu da tarım faaliyetlerini etkileyerek yerel ekonomiyi olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, jeotermal enerji üretimi bazı durumlarda çevresel etkilere de yol açabilir. Özellikle jeotermal kaynakların kullanımı ile hidrojen sülfür gibi zararlı gazlar çevreye salınabilir, yer altı su kaynaklarının kirlenmesi gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu durumda, jeotermal enerjinin kullanımının sosyal ve çevresel etkilerini dikkate almak ve sürdürülebilirlik ilkelerine riayet etmek önemlidir.

Çeşitli araştırmalara göre (örneğin bkz. Ertay, Kahraman ve Kaya, 2013; Asumadu-Sarkodie ve Owusu, 2017; Tiba ve Belaid, 2021), yenilenebilir enerji kaynakları, enerji güvenliğine, enerji erişimine, sosyal ve ekonomik kalkınmaya, iklim değişikliğinin hafifletilmesine ve çevresel ve sağlık sorunlarının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Buna ek olarak, yenilenebilir enerjinin istihdam yaratma ve ekonomik büyüme gibi olumlu ekonomik etkileri de olmaktadır (Özgün, 2020). Bu sayede, yenilenebilir enerji kaynakları, sosyal sürdürülebilirliğe de olumlu katkılar yapacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, çok sayıda sosyal faydasının yanında sürdürülebilir kalkınma için de önemli kaynaklardır. Bu çalışmada, Ertay, Kahraman ve Kaya (2013), Asumadu-Sarkodie ve Owusu (2017), Özgün (2020) ile Tiba ve Belaid (2021) çalışmalarına benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Ancak jeotermal enerjisinin sosyal sürdürülebilirliğe negatif etki ettiği görülmektedir. Literatürde bu sonucu destekler veya aksini ispat eden bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bunlara ek olarak, bütün modellerde sanayi üretim endeksinin sosyal sürdürülebilirliğe negatif etki ettiği ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Sanayi üretimi, doğal kaynakların tüketimine ve fosil enerji kullanımına bağlı olarak çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Ayrıca, bazı durumlarda sanayi üretimi ile birlikte iş gücü sömürsü, düşük ücret politikası ve kötü çalışma koşulları gibi sosyal sorunlar da ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir sanayi üretimi için çevresel ve sosyal etkilerin dikkate alınması gerekmektedir.

Kentsel nüfus oranındaki artışın tüm modellerde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve sosyal sürdürülebilirliği genellikle olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Kentsel nüfusun hızlı artışı, altyapı eksikliklerine, konut sorunlarına, trafik sıkışıklığına ve kaynakların aşırı kullanımına neden olabilir. Bu durum da yaşam kalitesini düşürebilir, sosyal hizmetlere erişimi zorlaştırabilir ve sosyal eşitsizlikleri artırabilir. Kentsel alanlarda sosyal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için dengeli bir kentleşme politikası ve altyapı geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Diğer taraftan, enflasyondaki artışın genellikle sosyal sürdürülebilirliği olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Yüksek enflasyon oranları, satın alma gücünün azalmasına, tüketim harcamalarının azalmasına ve temel ihtiyaçların karşılanmasında zorluklara yol açmaktadır. Özellikle dar gelirli kesim enflasyondan daha fazla etkilenmekte ve yoksulluk riskiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Aynı zamanda enflasyon, toplumdaki gelir eşitsizliğini artırarak ve sosyal huzursuzluğa neden olabilmektedir.

Son olarak, dışa açıklık oranındaki artışın sosyal sürdürülebilirliğe pozitif katkı yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Dışa açıklık, bir ekonominin uluslararası ticarete ne kadar aktif olduğunu göstermektedir. Dışa açık bir ekonomi, ihracata dayalı büyüme ve yeni istihdam fırsatları yaratarak yerel ekonomiyi canlandırabilmektedir. Ayrıca, dış yatırımlar ve teknoloji transferi sayesinde yerel sanayi ve altyapı gelişebilir. Bu durum, ekonomik büyümeyi teşvik

ederek sosyal refahı artırabilir ve iş imkanlarının çeşitlendirilmesine katkıda bulunabilir. Ancak, dışa açıklığın sosyal sürdürülebilirliğe etkisi, bu sürecin yönetimi ve gelir dağılımının adil bir şekilde sağlanmasıyla ilişkilidir.

Tablo 27: Çevresel Sürdürülebilirlik Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Uzun Dönem Katsayılar						
OPEN	-0.0121	-0.032**	-0.042**	-0.137***	-0.049***	-0.014
INF	0.190***	0.233***	0.211***	0.214***	0.151***	0.187***
URBAN	0.178	-0.031	-0.183	0.193	-0.048	0.080
INDRY	0.008	0.008	0.014*	0.043***	-0.017***	0.008
TOTAL	-0.053***					
HYDRO		-0.034**				
GEOT			0.222***			
SOLAR				0.676***		
WIND					0.074***	
BIOMASS						-0.005
Kısa Dönem Katsayılar						
ECT(-1)	-0.026	-0.020	-0.544	-0.029*	-0.035	-0.032
OPEN	-0.003	0.007	0.002	0.003	-0.004	-0.002
INF	-0.010	-0.016**	0.002	-0.007	-0.002	0.001
URBAN	0.216**	0.199**	0.183*	0.200**	0.122*	0.241**
INDRY	-0.006	-0.008	0.005	-0.009	-0.001	-0.007
TOTAL	0.142					
HYDRO		-0.098				
GEOT			5.007			
SOLAR				0.442		
WIND					-0.376	
BIOMASS						-0.146
(C)	0.097***	0.123***	0.061	0.161**	0.261**	0.115***
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.						

Tablo 27'deki tahmin sonuçlarına göre, Model 4'ün hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun dışındaki modellerde istatistiksel olarak anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır. Model 4'ün hata düzeltme katsayısı, kısa ve uzun dönem arasında meydana gelen sapmaların yaklaşık %3'ünün bir sonraki dönemde giderileceğine işaret etmektedir. Ayrıca Model 4'ün kısa dönem sonuçları, değişkenlerin ilk gecikmesinin etkilerinin genel olarak anlamsız olduğunu, uzun dönem katsayılarının ise genel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Model 4'ün sonuçlarına göre, uzun dönemde güneş enerjisi üretiminde meydana gelen %1'lik artış çevresel sürdürülebilirliği yaklaşık %7 oranında artırmaktadır.

Dolayısıyla, güneş enerjisinden yararlanma oranının artması, çevresel sürdürülebilirliği daha fazla artıracak ve doğal kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olacaktır. Bu sonuçlar, Destek ve Aslan (2020), Elghamry ve öte. (2020), Gao ve öte. (2021), Kuşkaya (2022), Yu ve öte. (2022), Zhao ve öte (2022), Zhao, Liu ve Huang (2022) ve Zhu ve öte. (2023) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir.

Diğer taraftan, uzun dönemde enflasyon oranındaki ve sanayi üretim endeksindeki %1'lik artışın çevresel sürdürülebilirliği sırasıyla %0,2 ve %0,04 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Enflasyonun çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi, fiyat artışlarının kaynak kullanımına etkisiyle ilişkilendirilebilir. Örneğin, enflasyonun yüksek olduğu durumlarda, tüketicilerin satın alma gücü ve buna bağlı olarak toplam talep miktarı düşmektedir. Bu da üretim ve kaynak kullanımında azalmaya neden olarak çevresel sürdürülebilirliğe pozitif katkı sağlayabilmektedir. Sanayi sektörü ise genellikle kaynak tüketiminin yoğun olduğu bir sektördür. Ancak, bu sonuçlar sanayi üretiminin çevreye olan etkilerinin azaltılması ve daha sürdürülebilir üretim yöntemlerinin benimsenmesiyle ilişkilendirilebilir. Sanayi sektöründeki teknolojik ilerlemeler ve yenilikler, enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlayabilir, atık ve emisyonları azaltabilir. Bu da çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumlu bir etki yaratabilir.

Bununla birlikte, dışa açıklık oranındaki %1'lik bir artışın çevresel sürdürülebilirliği %0,14 oranında azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, dışa açıklığın çevre üzerindeki olumsuz etkilerine işaret etmektedir ve ticari faaliyetlerin çevre dostu uygulamaları benimsemesi gerektiğini vurgulamaktadır. İthalat sürecinde, ürünlerin üretim aşamasından başlayarak nakliye ve dağıtım süreçlerine kadar çeşitli çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, dış ticaretin artması, kaynakların daha fazla kullanılmasına ve enerji tüketiminin artmasına da neden olmaktadır. Bu durum da çevresel sürdürülebilirlik olumsuz etkilenmektedir. Ancak, bu sonuçların yalnızca bir perspektifi yansıttığını ve diğer faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin, dış ticaretin etkileri ülkeden ülkeye farklılık göstermekte ve ticaretin yapıldığı ürünlerin doğası da etkili

olmaktadır. Ayrıca, çevresel politikalar, sürdürülebilir üretim ve ticaretin teşvik edilmesi ile dış ticaretin çevresel etkilerini azaltılabilecektir. Buradan hareketle, doğal kaynakların verimli kullanımı ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelim, çevresel sürdürülebilirliği artırmak için atılacak adımların başında gelmektedir. Ayrıca, dışa açıklık ve sanayi gibi diğer faktörlerin de çevre üzerindeki etkileri göz ardı edilmemelidir.

Tablo 28: Sürdürülebilir Kalkınma Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Uzun Dönem Katsayılar						
OPEN	0.017***	-0.005	0.002	-0.009	0.003	0.025***
INF	0.115***	0.197***	0.196***	0.126***	0.142***	0.153***
URBAN	1.139***	0.258	0.555***	0.914***	0.992***	0.890***
INDRY	-0.016***	-0.007	-0.013**	0.010**	-0.012**	-0.025***
TOTAL	0.028***					
HYDRO		-0.030**				
GEOT			-5.569***			
SOLAR				0.110***		
WIND					0.057***	
BIOMASS						0.112***
Kısa Dönem Katsayılar						
ECT(-1)	-0.072***	-0.063***	-0.086***	-0.098***	-0.094***	-0.064***
OPEN	-0.003	-0.002	-0.006	-0.004	-0.004	-0.001
INF	0.003	0.004	0.024	0.016	0.010	0.007
URBAN	0.239	0.230	1.219	0.520	0.539	0.340
INDRY	0.002	0.002	-0.001	0.005	0.004	0.001
TOTAL	0.299					
HYDRO		-0.023				
GEOT			9.164			
SOLAR				1.446		
WIND					0.375	
BIOMASS						0.168
(C)	-0.088*	0.138***	0.348*	-0.082	-0.021	-0.004

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 28'deki tahmin sonuçlarına göre, tüm modellerin hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablodaki hata düzeltme katsayıları, kısa ve uzun dönem arasında meydana gelen sapmaların, Model 1'de yaklaşık %7'sinin, Model 2'de yaklaşık %6'sının, Model 3'te yaklaşık %9'unun, Model 4'te yaklaşık %10'unun, Model 5'te yaklaşık %9'unun ve Model 6'da ise yaklaşık %6'sının bir sonraki dönemde

giderileceğine işaret etmektedir. Kısa dönem sonuçları, değişkenlerin ilk gecikmesinin etkilerinin genel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Uzun dönem katsayılarının ise genel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini ölçmek için kurulan Model 1'deki değişkenlerin uzun dönem katsayılarının tamamı %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, uzun dönemde yenilenebilir enerji toplamındaki, dışa açıklık oranındaki, enflasyondaki ve kentsel nüfus oranındaki %1'lik bir artış, sürdürülebilir kalkınmayı, sırasıyla, %0,028, %0,017, %0,115 ve %1,139 oranında artırmaktadır. Diğer taraftan, sanayi üretim endeksindeki %1'lik bir artış ise sürdürülebilir kalkınmayı %0,016 oranında azaltmaktadır.

Tahmin sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yenilenebilir enerji toplamının, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisinin uzun dönemde sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif etki ettiği; hidroelektrik ve jeotermal enerjisinin ise negatif etki ettiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, uzun dönemde sürdürülebilir kalkınmayı olumlu yönde etkileyen bir etkiye sahiptir. Güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi, sürdürülebilir enerji üretimine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynaklarının negatif çevresel etkileri yok denilecek kadar azdır. Bu enerji kaynakları, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine bağımlılığı azaltırken, sera gazı emisyonlarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede katkıda bulunmaktadır. Ancak, hidroelektrik ve jeotermal enerji kaynaklarının uzun dönemde sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Hidroelektrik enerji, su kaynaklarının kullanımını gerektirmekte ve büyük ölçekte baraj inşasıyla beraber doğal ekosistemlerde değişikliklere neden olmaktadır. Baraj inşası, su akışını etkileyerek ekosistemlere zarar verebilmekte ve su yatağını değiştirerek ekosistemlerin işleyişini bozabilmektedir. Ayrıca, büyük barajlar, yerel toplumların yaşam alanlarının yok olmasına neden olabilmektedir. Diğer taraftan, jeotermal enerji de bazı olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. Jeotermal enerji kaynakları, yer altı sularının kullanmakta ve bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilirliğini

tehlikeye atabilmektedir. Ayrıca, jeotermal enerji çıkarımı sırasında gaz ve kimyasal sızıntılarına bağlı olarak çevresel kirlilik oluşabilmektedir. Bu sonuçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel olarak sürdürülebilir kalkınma için olumlu; ancak hidroelektrik ve jeotermal enerji gibi bazı kaynakların ise olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Bunlara ek olarak, bütün modellerde enflasyon ve kentsel nüfus oranındaki artışın sürdürülebilir kalkınmaya pozitif katkı yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir. Kentsel nüfus oranındaki artışın sürdürülebilir kalkınmaya pozitif katkı yapması, kentsel bölgelerin ekonomik büyümeye, iş imkanlarına ve altyapı gelişimine katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Bu durum, kırsal kesimden şehirlere göçün artması ve şehirleşme sürecinin hızlanmasıyla ilişkilendirilebilir. Ancak, kentsel nüfus artışının doğal kaynakların aşırı tüketimine, çevresel sorunlara ve sosyal eşitsizliklere yol açma potansiyeli de dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir kalkınma açısından, kentsel büyümeyle birlikte çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği sağlayacak politikaların uygulanması önemlidir. Dışa açıklık, Model 1 ve Model 6'da istatistiksel olarak anlamlı çıkarken, diğer modellerde anlamsız çıkmıştır. Dışa açıklık oranındaki artışın sürdürülebilir kalkınma üzerinde genel olarak pozitif etki yaptığı tespit edilmiştir. Ekonomide dışa açıklığın artması, yeni pazarlara erişimi, ticaret hacminin artmasını ve ekonomik çeşitliliği sağlayarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunabilmektedir. Bu sonuç, ekonomik büyümeyi desteklemek ve uluslararası ticaretin artmasını sağlamak amacıyla dışa açık ekonomi politikalarının benimsenmesinin önemini vurgulamaktadır. Enflasyon, altı modelin üçünde istatistiksel olarak anlamlı çıkarken; dışa açıklık, altı modelin dördünde anlamlı çıkmıştır. Sanayi üretim endeksi ise Model 2 haricindeki modellerde istatistiksel olarak anlamlı çıkmış ve sürdürülebilir kalkınmaya negatif etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, sanayinin çevresel etkileri, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve çevresel kirlilik gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Sanayi üretimi genellikle enerji yoğun ve kaynak tüketimi yüksek bir faaliyettir. Sanayi üretiminde fosil kaynakların kullanımı ise sera gazı emisyonlarının artmasına ve iklim değişikliği sorununa neden olmaktadır. Ayrıca, sanayi faaliyetleri çevresel

kirlilik, su ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma açısından, sanayi sektöründe çevre dostu teknolojilerin ve süreçlerin benimsenmesi önemlidir. Bu, enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmak ve atık yönetimi gibi çevresel önlemleri içermelidir. Ayrıca, sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerini teşvik eden politikalar ve düzenlemeler de gerekmektedir.

Bu çalışmada da, genel olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuç Spaiser ve öte. (2019), Güney (2019), Güney ve Kantar (2020), Güney (2020) ve Güney (2021) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Diğer taraftan, bu etkinin kaynaklara göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, jeotermal ve rüzgâr enerjisi ekonomik sürdürülebilirliği pozitif yönde etkilerken; hidroelektrik, güneş ve biyokütle enerjisi negatif yönde etkilemektedir. Sosyal sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde; yenilenebilir enerji toplamının uzun dönemde pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir. Hidroelektrik ve biyokütle enerjisi sosyal sürdürülebilirliği pozitif yönde etkilerken; jeotermal ve rüzgâr enerjisi negatif yönde etkilemektedir. Çevresel sürdürülebilirlik açısından ise güneş enerjisinin pozitif bir etkisi olduğu tespit edilirken; diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynakları, sürdürülebilir kalkınmaya pozitif etki etmektedir. Bu kaynaklar, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olduğu için iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, hidroelektrik ve jeotermal enerjisi sürdürülebilir kalkınmaya negatif etki etmektedir. Bu kaynaklar, özellikle hidroelektrik, çevresel etkilere neden olabilmekte ve yerel halkın yaşam alanlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji politikaları oluşturulurken bu kaynakların etkileri dikkate alınmalıdır.

3.2.2.4. Nedensellik Test Sonuçları

Yenilenebilir enerji kaynakları ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkinin araştırıldığı bu çalışmada, değişkenler arasında ilişkinin yönünü belirlemek için heterojenliği analize dâhil eden Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik analizi kullanılmıştır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik analizinin hipotezleri aşağıda gösterilmiştir.

H_0 : İki değişken arasında nedensellik ilişkisi yoktur.

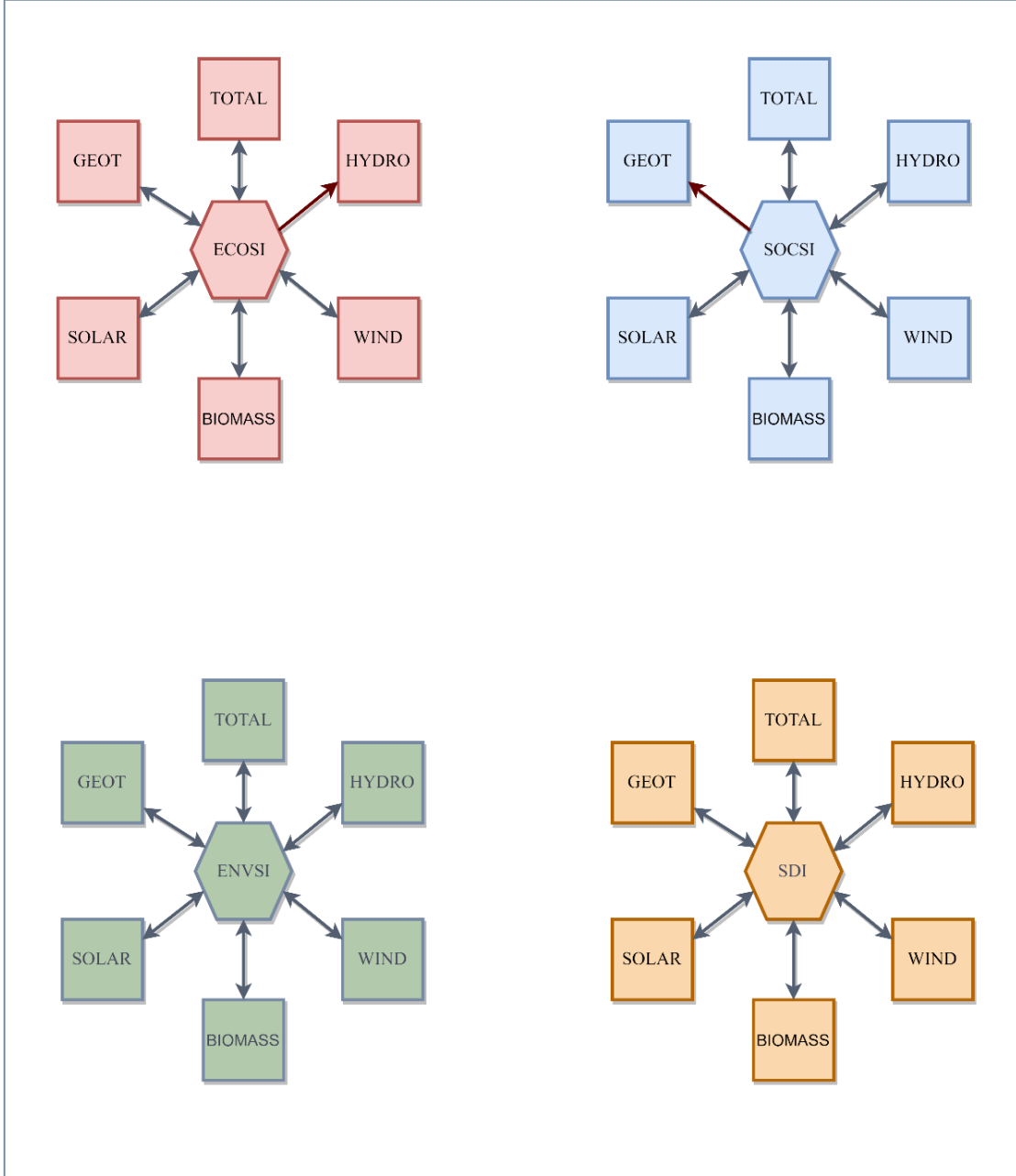
H_1 : İki değişken arasında nedensellik ilişkisi vardır.

Analiz sonucunda elde edilen olasılık değeri, sıfır hipotezinin kabul edilip edilmeyeceği gösterdiği için önem arz etmektedir. Eğer elde edilen olasılık değeri 0,1'den küçük ise sıfır hipotezi reddedilmekte ve alternatif hipotez kabul edilmektedir. Böylece, tek yönlü nedenselliğin olduğu tespit edilmektedir. Ancak, olasılık değeri 0,1'den büyük ise sıfır hipotezi kabul edilmekte ve tek yönlü nedenselliğin olmadığı tespit edilmektedir. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testinin sonuçları Tablo 29'da gösterilmektedir.

Tablo 29: Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi Sonuçları

SIFIR HİPOTEZİ			W-Stat.	Zbar-Stat.	Sonuç
TOTAL	≠	ECOSI	2.832***	5.371	Çift Yönlü
ECOSI	≠	TOTAL	2.670***	4.854	
TOTAL	≠	SOCSI	2.552***	4.481	Çift Yönlü
SOCSI	≠	TOTAL	5.244***	13.037	
TOTAL	≠	ENVSI	2.694***	4.93	Çift Yönlü
ENVSI	≠	TOTAL	6.118***	15.817	
TOTAL	≠	SDI	2.604***	4.644	Çift Yönlü
SDI	≠	TOTAL	4.685***	11.261	
HYDRO	≠	ECOSI	2.431	0.136	Tek Yönlü
ECOSI	≠	HYDRO	3.349**	1.992	
HYDRO	≠	SOCSI	4.235***	3.785	Çift Yönlü
SOCSI	≠	HYDRO	4.918***	5.166	
HYDRO	≠	ENVSI	1.827**	2.175	Çift Yönlü
ENVSI	≠	HYDRO	3.236***	6.655	
HYDRO	≠	SDI	1.876**	2.33	Çift Yönlü
SDI	≠	HYDRO	2.780***	5.206	
GEOT	≠	ECOSI	4.441***	4.200	Çift Yönlü
ECOSI	≠	GEOT	4.494***	4.308	
GEOT	≠	SOCSI	2.929	1.142	Tek Yönlü
SOCSI	≠	GEOT	5.622***	6.590	
GEOT	≠	ENVSI	3.455**	2.207	Çift Yönlü
ENVSI	≠	GEOT	8.366***	12.138	
GEOT	≠	SDI	3.388**	2.073	Çift Yönlü
SDI	≠	GEOT	4.318***	3.951	
SOLAR	≠	ECOSI	2.888***	5.548	Çift Yönlü
ECOSI	≠	SOLAR	3.031***	6.003	
SOLAR	≠	SOCSI	5.658***	6.663	Çift Yönlü
SOCSI	≠	SOLAR	5.005***	5.342	
SOLAR	≠	ENVSI	2.170***	3.264	Çift Yönlü
ENVSI	≠	SOLAR	2.885***	5.537	
SOLAR	≠	SDI	2.053***	2.892	Çift Yönlü
SDI	≠	SOLAR	2.632***	4.733	
WIND	≠	ECOSI	2.612***	4.67	Çift Yönlü
ECOSI	≠	WIND	2.102***	3.048	
WIND	≠	SOCSI	6.336***	16.509	Çift Yönlü
SOCSI	≠	WIND	3.323***	6.93	
WIND	≠	ENVSI	4.374***	10.27	Çift Yönlü
ENVSI	≠	WIND	3.367***	7.071	
WIND	≠	SDI	3.109***	6.249	Çift Yönlü
SDI	≠	WIND	2.065***	2.932	
BIOMASS	≠	ECOSI	2.583***	4.578	Çift Yönlü
ECOSI	≠	BIOMASS	2.788***	5.231	
BIOMASS	≠	SOCSI	13.162***	38.21	Çift Yönlü
SOCSI	≠	BIOMASS	4.476***	10.596	
BIOMASS	≠	ENVSI	2.944***	5.725	Çift Yönlü
ENVSI	≠	BIOMASS	2.634***	4.741	
BIOMASS	≠	SDI	2.622***	4.702	Çift Yönlü
SDI	≠	BIOMASS	4.018***	9.14	

Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi sonuçlarının şekilsel gösterimini aşağıda sunulmuştur.



Şekil 22: Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi Sonuçları

Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi sonuçlarına göre, ekonomik sürdürülebilirlik ile yenilenebilir enerji toplamı, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında çift taraflı bir nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, her iki değişken arasında karşılıklı bir etkileşim olduğunu ve birbirlerini karşılıklı olarak etkilediklerini göstermektedir. Diğer taraftan, ekonomik sürdürülebilirlikten hidroelektrik enerjisine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu durum, hidroelektrik enerjisinin ekonomik sürdürülebilirlik açısından diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha az etkili olduğunu göstermektedir.

Sosyal sürdürülebilirlik ile yenilenebilir enerji toplamı, hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi tespit edilirken; sosyal sürdürülebilirlikten jeotermal enerjisine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Buradan hareketle, yenilenebilir enerji toplamı, hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisinin sosyal sürdürülebilirlik üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma ile yenilenebilir enerji toplamı, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma açısından önemli olduğunu ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılmasının sürdürülebilir kalkınma için gerekli olduğunu teyit etmektedir. Aynı zamanda, hidroelektrik ve jeotermal enerjisinin negatif etkisinin sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle çatıştığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılacaktır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilecektir.

3. BÖLÜM

EN UYGUN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞININ TESPİTİ

Sürdürülebilir kalkınmanın ortaya çıkış noktası ekonomik büyümenin sorunları çözmede tek başına yetersiz kalmasıdır. Çünkü yapılan bir eylemin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olmaktadır ve bu etkiler birbirleriyle etkileşim içerisinde. Bu yüzden, bir eylemi yaparken bu etkilerden sadece birini önemsemenin sürdürülemez sonuçları ortaya çıkmaktadır.

Ekonomi ve çevrenin yakın ilişkide olması nedeniyle çevreyi ekonomiden ayrı düşünmek imkânızdır. Buradan hareketle, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma için doğal kaynakların ve çevrenin etkin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Çünkü sürdürülemez bir hale gelen çevre kirliliği ve doğal kaynakların tahribatıyla ekonomi arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Ekonomik faaliyetlerin artması çevresel problemlere yol açarken, çevresel sorunların artması ise ekonomiye ve altyapı çalışmalarına zarar vermektedir. Bu çerçevede, ekonomik faaliyetler çevre kirliliğine neden olurken; çevre kirliliği ise ekonomik ve sosyal maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.

Yenilenebilir enerji alternatiflerinin Türkiye'nin enerji ve çevreyle ilgili sorunlarına çözümü olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden, çalışmanın bu bölümünde Sürdürülebilir Kalkınma için Türkiye'de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağı tercihinde kamu bakış açısı benimsenmiş olup, yöntem olarak ise *Çok Kriterli Karar Verme* Yöntemlerinden *Bulanık AHP* Yöntemi tercih edilmiştir. Bulanık AHP Yönteminde kullanılacak kriterler literatürden derlenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem ve yöntemin uygulamasına aşağıda başlıklar halinde yer verilmiştir.

3.1. Literatür Taraması

Enerji alanında yapılacak yatırımlar birçok seçim problemini bünyesinde barındırmaktadır. Yapılacak bu seçimler politik, çevresel, ekonomik ve

toplumsal başta olmak üzere, birçok alanda dengelerin gözetilmesini gerektirmektedir. Bu yüzden, enerji alanındaki seçim problemlerinin çözümünde matematiksel yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu başlık altında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri kullanarak enerji alanındaki karar problemlerinin çözümünü konu edinen çalışmalar ele alınmıştır.

Kahraman, Kaya ve Cebi (2009), çalışmalarında, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji alternatifini araştırmışlardır. Bu çalışmada, yöntem olarak, bulanık AHP ve bulanık AD (Axiomatic Design) kullanılmıştır. Çalışmada 4 ana kriter altında 17 alt kriter kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, rüzgâr enerjisi en iyi alternatif olarak önerilmiştir. Diğer taraftan, enerji alternatiflerinin sıralaması her iki yönteme göre de rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik olarak belirlenmiştir.

Kahraman ve Kaya (2010), çalışmalarında, AHP yöntemini kullanarak enerji kaynakları arasında seçim yapmışlardır. 4 ana kriter altında 17 alt kritere yer verilen çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye'de kullanılabilecek en cazip enerji kaynağı rüzgârdır. Rüzgârdan sonra sırasıyla güneş ve biyokütle gelmektedir.

Kahraman, Kaya ve Cebi (2010), çalışmalarında, enerji alternatiflerinden maksimum faydayı sağlamak için alternatif enerji kaynaklarını analiz etmişlerdir. Çalışmada, alternatiflerin sıralamasını belirlemek için Choquet integral yöntemi kullanılmıştır. 4 ana kriter altında 17 alt kriteri analiz eden çalışmanın sonuçlarına göre, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik şeklindedir.

Kaya ve Kahraman (2010), çalışmalarında, entegre bir VIKOR-AHP yöntemi kullanarak İstanbul için en iyi yenilenebilir enerji alternatifini belirlemeyi ve belirlenen alternatif enerji için en uygun yeri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada 4 ana kriter altında 9 alt kriter yer almaktadır. Ayrıca, alternatif enerji kaynağı için Silivri, Çatalca, GOP, Sarıyer, Tuzla ve Şile olmak üzere 6 alternatif bölgeye yer verilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, İstanbul için en iyi alternatif enerji kaynağı rüzgâr iken; rüzgâr için en iyi yer ise Çatalca bölgesidir.

Kaya ve Kahraman'a (2011) göre, yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye'nin enerji sorununu çözmeye önemli bir role sahiptir. Bu görüşten yola çıkarak, çalışmalarında yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Alternatif enerji kaynaklarının analizi için 4 ana kriter altında 17 alt kritere yer verilen çalışmada yöntem olarak, Çok Nitelikli Fayda Teorisi (MAUT) kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Türkiye için enerji alternatiflerinin sıralaması rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik şeklindedir.

Atmaca ve Basar (2012), çalışmalarında, Türkiye'de halen faaliyette olan veya daha sonra kurulması düşünülen altı farklı santral türünün, teknoloji, sürdürülebilirlik, ekonomi, yaşam kalitesi ve sosyoekonomik etkiler gibi ana kriterler açısından değerlendirilmesini yapmışlardır. En iyi alternatif enerji kaynağını araştıran çalışmada, ANP yöntemi ve Superdecisions paket programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Türkiye için en iyi alternatif enerji kaynağının nükleer enerji olduğu sonucuna varılmıştır. Nükleer enerjiden sonra sırasıyla doğalgaz, jeotermal, rüzgâr, hidroelektrik ve kömür/linyit gelmektedir.

Demirtaş (2013), çalışmasında, sürdürülebilir enerji planlaması için en iyi yenilenebilir enerji teknolojisinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaç için çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, 4 ana kriter altında 12 alt kritere yer verilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, Türkiye için en iyi yenilenebilir enerji kaynağı rüzgârdır. Rüzgârdan sonra gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralaması biyokütle, jeotermal, güneş ve hidroelektrik olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, alternatif enerji kaynaklarının seçiminde çevresel etkilerin daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

Erdoğan (2013), çalışmasında, Türkiye'de yatırım yapılması en uygun alternatif enerji kaynaklarını araştırmıştır. Çalışmasında, teknolojik, çevresel, ekonomik, sosyopolitik ve teknik ana kriterlerin altında 31 alt kriteri incelemiştir. Çalışmada güneş, hidroelektrik, rüzgâr, biyodizel, jeotermal, doğal gaz, petrol ve kömür olmak üzere 8 alternatif enerji kaynağına yer verilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık AHP yöntemi,

alternatiflerin sıralanmasında ise Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması rüzgâr, güneş, jeotermal, biyoyakıt, hidroelektrik, doğal gaz, kömür ve petrol şeklindedir.

Ertay, Kahraman ve Kaya (2013), çalışmalarında, Türkiye'nin enerji problemlerine bir çözüm önerisi olarak yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Bu amacı gerçekleştirmek için, MACBETH ve AHP tabanlı çok kriterli yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanmışlardır. Değerlendirmede 4 ana kriter altında 15 alt kriter kullanılmıştır. Teknoloji kriteri göz önüne alındığında, alternatiflerin sıralaması, rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik şeklindedir. Çevre kriteri dikkate alındığında, alternatiflerin sıralaması teknoloji kriteri ile aynıdır. Ancak bu durumda, Rüzgâr diğerlerine göre daha baskındır. Sosyopolitik kriteri dikkate alındığında, alternatiflerin sıralaması rüzgâr, güneş, biyokütle, hidroelektrik ve jeotermal şeklindedir. Son olarak, ekonomi kriteri dikkate alındığında alternatiflerin sıralaması, hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal şeklindedir.

Yakıcı Ayan ve Pabuçcu (2013), çalışmalarında, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırım projelerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada alternatif enerji kaynakları olarak, güneş, biyokütle, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal; yöntem olarak ise Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Çalışmada, 4 ana kriter altında 17 alt kriter kullanılmıştır. Kriterlerin, uzman mühendisler ve akademisyenler tarafından karşılaştırılması sonucunda, ağırlıkları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması, hidroelektrik, rüzgâr, biyoyakıt, jeotermal ve güneş şeklindedir.

Kabak ve Dağdeviren (2014), çalışmalarında, Türkiye'nin enerji durumunu belirlemek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önceliklerini tespit etmek için BOCR (Yararlar, Fırsatlar, Maliyetler ve Riskler) ve ANP'ye (Analitik Ağ Süreci) dayalı bir hibrit yöntem oluşturmuşlardır. BOCR analizi, ülkenin enerji sorunlarına ilişkin stratejik bir analiz ve ayrıntılı bir genel bakış sağlarken; ANP analizi ise somut ve soyut faktörlere dayalı karar verme

imkânı sağlamaktadır. Çalışmada, beş alternatif enerji kaynağını değerlendirmek için, 4 ana kriter altında 19 alt kriter kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, en önemli kriterin ekonomi olduğunu; diğer kriterlerin ise sırasıyla, güvenlik, insan refahı, teknoloji ve küresel etkiler olduğunu göstermektedir. Yine çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektriktir.

Şengül ve öte. (2015), çalışmalarında, Türkiye'deki alternatif enerji kaynaklarını uygunluklarına göre sıralamak için, çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak analiz yapmışlardır. Çalışmada yöntem olarak, bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlar ve kriter olarak 4 ana kriter altında 24 alt kritere yer vermişlerdir. Kriterlerin ağırlık katsayılarını belirlemek için ise Shannon Entropi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarında dikkat edilen kriterlerin ilki üretilen enerji miktarı olurken; bunu sırasıyla, arazi kullanımı, işletme ve bakım maliyeti, kurulu kapasite, verimlilik, geri ödeme süresi, yatırım maliyeti, istihdam yaratma ve CO2 emisyonu takip etmektedir. Yine çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı Hidroelektriktir. Hidroelektrikten sonra sırasıyla, jeotermal ve rüzgâr gelmektedir.

Çelikkilek ve Tüysüz (2016), çalışmalarında, DEMATEL, AHP VE VIKOR yöntemleri olmak üzere üç çok kriterli karar verme yöntemini entegre ederek, yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirmişlerdir. 11 kriterin kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en iyi alternatif enerji kaynağı, sırasıyla, güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermaldir.

Damgacı (2016), yapmış olduğu çalışmada Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmiştir. Çalışmada, verim, ekserji verimi, yatırım maliyeti, işletme bakım maliyeti, arazi kullanımı ve iş imkanı olmak üzere 7 kriter kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Sezgisel Bulanık TOPSIS kullanılmıştır ve kriterlerin önem dereceleri dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. Analizin sonucunda, yatırım yapılacak en uygun yenilenebilir enerji kaynağının biyokütle; en uygun olmayan kaynağın ise rüzgâr olduğu tespit edilmiştir.

Sağır ve Doğanalp (2016), enerji üretimi için yatırım yapılması gereken kaynakları Türkiye özelinde araştırmışlardır. Bu çalışmada yöntem olarak, Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmış ve enerji konusunda uzmanlığa sahip dört akademisyen karar verici olarak yer almıştır. Çalışmaya göre, en uygun enerji kaynağının tespitinde, güvenilirlik, maliyet, risk ve ülke ekonomisine katkı kriterleri ön plana çıkmaktadır. Çalışmanın sonucunda ise yatırım yapılacak kaynakların sıralaması, yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve fosil enerji kaynakları olarak tespit edilmiştir.

Balin ve Baraçlı (2017), çalışmalarında, Türkiye için alternatif enerji kaynaklarını analiz etmişlerdir. 10 kriter kullanılan çalışmada, karar vericilerin görüşleri bulanık AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Enerji kaynaklarının sıralanması ise TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında; enerji yatırımları için en uygun enerji kaynakları sıralamasının, rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik ve hidrojenin şeklinde olduğu görülmektedir.

Büyüközkan ve Güleriyüz (2017), çalışmalarında, Türkiye'de en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesi için bir analiz yapmışlardır. Çalışmalarında yöntem olarak, DEMATEL, ANP, TOPSIS ile dilsel aralık tercihlerini içeren entegre teknikleri uyarlamışlardır. Çalışmada, 5 ana kriter altında 20 alt kriter ele alınmıştır. Bu çalışmada, diğer birçok çalışmanın aksine, Türkiye için en iyi yenilenebilir enerji kaynağının jeotermal ve biyogaz olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, son yıllarda Türkiye'de yaşanan rüzgâr santrallerindeki yasal zorluklarla ve hidroelektrik santralinin düşük çevresel performansı ile ilişkilendirilmiştir.

Çolak ve Kaya (2017), çalışmalarında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji alternatiflerini analiz etmişlerdir. Alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmek için 6 ana kriter altında 29 alt kriter kullanılan çalışmada yöntem olarak, bulanık AHP ve bulanık TOPSİS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en uygun enerji alternatiflerinin sıralaması, rüzgâr, güneş, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal, dalga ve hidrojen şeklindedir.

Damgacı, Boran ve Boran (2017), çalışmalarında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada yöntem olarak, Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kriter olarak, teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal kriterler; alternatif enerji kaynakları olarak ise güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga, biokütle, hidrojen ve hidroelektrik yer almaktadır. Çalışmanın sonucunda, Türkiye için en uygun enerji kaynakları, biokütle, jeotermal, hidrojen, hidroelektrik, dalga, güneş ve rüzgâr olarak sıralanmıştır.

Karaca ve Ulutaş (2017), çalışmalarında, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının ve yenilenebilir enerji yatırımlarının istihdam artırıcı etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, optimum yenilenebilir enerji kaynağının tespit edilmesinde COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca belirlenen yenilenebilir enerji kaynağının istihdam artırıcı etkisi Ulusal Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen İstihdam ve Ekonomik Kalkınma Modeli (JEDI) ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye'deki enerji üretiminin %100'ünün yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilmesi durumunda, üretilen enerjinin %29,7'sinin rüzgâr ile, %13,6'sının güneş ile, %26,7'sinin hidroelektrik ile, %12'sinin biyokütle ile ve %18'inin jeotermal ile üretilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak, Türkiye'de fosil yakıtlarla kurulacak 56.694 MW büyüklüğündeki bir santralin yenilenebilir kaynaklarla kurulması durumunda; ülkede 576.664 kişiye doğrudan, 322.852 kişiye dolaylı ve 233.030 kişiye ise uyarılmış istihdam sağlanacağı belirtilmiştir.

Özcan, Ünlüsoy ve Eren (2017), çalışmalarında, ANP ve TOPSIS yöntemleriyle Türkiye'nin yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerden oluşan 4 ana kriter altında 12 alt kriter ANP yöntemi ile analiz edilmiştir. Kriter analizinin ardından, Türkiye'nin sahip olduğu hidroelektrik, rüzgâr, biokütle, güneş ve jeotermal enerji kaynakları TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, yatırım yapılması gereken enerji kaynaklarının sıralaması, rüzgâr, hidroelektrik, biokütle, jeotermal ve güneş şeklindedir. Güneş enerjisinin son sırada yer almasının nedeni ise kesikli üretime sahip olması ve veriminin düşük olması olarak gösterilmiştir.

Özkale ve öte. (2017), çalışmalarında, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarını analiz etmişlerdir. Çalışmada yöntem olarak PROMETHEE kullanılırken; kriter olarak teknolojik, çevresel, sosyolojik ve ekonomik olmak üzere 4 kriter kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, alternatif enerji kaynakları sadece teknolojik kriterler açısından değerlendirildiğinde; en iyi enerji kaynağı hidroelektriktir. Bunu rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle takip etmektedir. Sadece çevresel kriterler açısından değerlendirildiğinde; en iyi enerji kaynağı jeotermaldir. Bunu sırasıyla rüzgâr, hidroelektrik, güneş ve biyokütle takip etmektedir. Sadece sosyolojik kriterler açısından değerlendirildiğinde; en iyi enerji kaynağı güneştir. Bunu sırasıyla, biyokütle, jeotermal, rüzgâr ve hidroelektrik takip etmektedir. Sadece ekonomik kriterler açısından değerlendirildiğinde; en iyi enerji kaynağı biyokütledir. Bunu sırasıyla, güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik takip etmektedir. Tüm kriterler açısından değerlendirildiğinde; alternatif enerji kaynaklarının sıralaması, hidroelektrik, güneş, rüzgâr, biyokütle ve jeotermal şeklindedir.

Boran (2018), yapmış olduğu çalışmada, Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarını bulanık VIKOR yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada, alternatif enerji kaynakları olarak, rüzgâr, hidroelektrik, güneş, jeotermal ve biyokütle yer alırken; kriterler olarak ise 4 ana kriter altında toplam 12 alt kritere yer verilmiştir. Ayrıca çalışmada, farklı koşullar altında hangi yenilenebilir enerji kaynağının daha iyi bir seçenek olduğunu belirlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, rüzgâr enerjisi, 24 senaryonun 14'ünde birinci, 9'unda ikinci seçenek olarak yer almıştır. Buradan hareketle, düşük seviyeli sera gazı emisyonları vaat etmesi nedeniyle rüzgâr enerjisi ilk yenilenebilir enerji seçeneğidir. Hidroelektrik, 24 senaryodan 8'inde birinci seçenek ve 7'sinde ikinci seçenek olarak yer almıştır. Ancak, insanların ve hayvanların yerinden edilmesiyle sonuçlanan olaylar nedeniyle, kamuoyu olumlu değildir. Güneş enerjisi, üçüncü en iyi sıralamaya sahip enerji kaynağıdır.

Büyüközkan, Karabulut ve Güler (2018), çalışmalarında yükselen bir ekonomi olan Türkiye için en iyi yenilenebilir enerji kaynaklarını seçmenin

hayati önemini ifade etmişler ve buradan hareketle alternatif enerji kaynaklarını analiz etmişlerdir. 10 kriterin ele alındığı bu çalışmada bulanık SAW ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyokütle şeklindedir.

Doğan ve Uludağ (2018), çalışmalarında Türkiye'nin yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişler ve değerlendirme sonucunda ulaştıkları enerji kaynağı için yer analizi yapmışlardır. Alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde, Bulanık Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (FGIA); yer seçiminde ise Gri İlişkisel Analizi (GIA) yöntemi kullanılmıştır. 12 akademisyenin görüş bildirdiği bu çalışmada, en uygun alternatif enerji kaynağının güneş olduğu ve güneş enerjisi santralleri için en uygun şehrin Mardin olduğu sunucuna ulaşılmıştır.

Engin, Sarucan ve Baysal (2018), çalışmalarında, Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarının hangisine yatırım yapılması gerektiğini araştıran çalışmaları incelemişlerdir. Çalışmada alternatif enerji kaynağı olarak, rüzgâr, güneş, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal ve hibrit enerji sistemleri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, enerji alternatiflerinin değerlendirilmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini kullanan 25 bilimsel çalışma tespit edilmiştir. Çalışmaya göre, AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri en çok tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. Ayrıca, Türkiye için önerilen yenilenebilir enerji yatırım seçeneklerinin, sırası ile güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal olduğu tespit edilmiştir.

Karaca ve Ulutaş (2018), yaptıkları çalışmada, Türkiye için uygun yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak, Entropi ve WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, Entropi yöntemi ile yenilenebilir enerji kaynaklarına ait teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal kriterlerin önem derecesi araştırılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise WASPAS yöntemi ile en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Türkiye için en uygun

yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralaması, hidroelektrik, jeotermal, rüzgâr, biyokütle ve güneş şeklindedir.

Toklu ve Taşkın (2018), çalışmalarında, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını araştırmışlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi için Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS'i içeren hibrit bir yaklaşım kullanmışlardır. Önerilen yaklaşım, ampirik kanıtlar için bir vaka çalışması ile sunulmuştur. Vaka çalışmasında, alternatif enerji kaynakları 4 ana kriter altında 27 alt kriter ile değerlendirilmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerini içeren 2 aşamalı değerlendirme yöntemi sonucunda, rüzgâr enerjisi en uygun alternatif olarak belirlenmiştir.

Darende (2019), çalışmasında, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel yatırımlarını Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi ile incelemiştir. Bu çalışmada, güneş, rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik ve jeotermal olmak üzere 5 alternatif enerji kaynağına yer verilmiştir. Bunun yanında, çalışmada, sosyal, ekonomik, çevresel ve teknik olmak üzere 4 ana kriter altında 15 alt kriter kullanılmıştır. Bu çalışmada farklı olarak, yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye'nin yedi bölgesinde farklı kriterler kullanarak değerlendirilmiştir. Her bir bölge için o bölgeye ait kriterler kullanılmış ve söz konusu bölge için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye'nin batısı için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı rüzgâr iken; Türkiye'nin doğusu için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Karadeniz bölgesinde ise en uygun yenilenebilir enerji kaynağının hidroelektrik olduğu tespit edilmiştir.

Karakaş ve Yıldırım (2019), çalışmalarında, Modifiye Bulanık AHP yöntemini kullanarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada ele alınan yenilenebilir enerji alternatifleri, hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermaldir. Beş yenilenebilir enerji alternatifini değerlendirmek için 4 ana kriter ve 8 alt kriter kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Türkiye için en iyi alternatif güneş, ikinci en iyi alternatif ise rüzgârdır.

Derse ve Yontar (2020), çalışmalarında, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını araştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak, Çok

Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden SWARA ve entegre TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, alternatif enerji kaynakları olarak, rüzgâr, güneş, biyokütle, hidrojen, dalga, hidroelektrik ve jeotermal ele alınmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralaması, biyokütle, jeotermal, hidrojen, güneş, rüzgâr ve dalga enerjisi şeklindedir.

Karaarslan ve Aydın (2020), çalışmalarında, enerjide dışa bağımlılık ve çevresel sorulardan yola çıkarak, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarını Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile araştırmışlardır. Çalışmada, ekonomik, çevresel, teknik ve sosyal olmak üzere 4 ana kriter altında 17 alt kriter kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHS yöntemi, alternatiflerin sıralanmasında ise COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması, her iki yöntem ile de hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle şeklinde bulunmuştur.

Karadağ Albayrak (2020), çalışmasında, 2017-2020 yılları arasında yapılan akademik çalışmaları incelemiş ve alternatif enerjilerin seçiminde kullanılan kriterleri değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, alternatif enerji kaynakları değerlendirilirken en fazla kullanılan kriterler, sırasıyla, ekonomik kriterler, çevresel kriterler, sosyal kriterler ve politik kriterlerdir. İncelenen çalışmalarda bulunan 35 kriter ise çalışmaların içinde sadece bir kez kullanılmıştır.

Kayahan Karakul (2020), çalışmasında, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralamasını araştırmıştır. Çalışmada, teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal ana kriterler altında 12 alt kriter kullanılmıştır. Çalışmada, alternatif enerji kaynakları olarak, biyokütle, güneş, hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr; yöntem olarak ise Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, alternatif enerji kaynaklarının sıralaması, güneş, hidroelektrik, rüzgâr, biokütle ve jeotermal olarak belirlenmiştir.

Morsünbül Parmaksız (2020), çalışmasında, Türkiye için alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmiştir. Çalışmada, alternatif enerji kaynakları olarak,

güneş, biyokütle, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal; yöntem olarak ise Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en iyi alternatif enerji kaynağı güneştir. Güneşten sonra diğer enerji kaynakları, sırasıyla, biyokütle, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermaldir.

Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu (2020), çalışmalarında, Türkiye için doğal gaz, kömür, barajlı HES, barajsız HES, kara rüzgârı, jeotermal ve güneş olmak üzere yedi ana elektrik üretim teknolojisini performans puanlarına göre sıralamayı amaçlamışlardır. Bu enerji kaynaklarının sürdürülebilirlik puanları 4 ana kriter altında 12 alt kriter ile hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, barajlı hidroelektrik santralleri diğer enerji kaynakları arasındaki en iyi seçenektir.

Solangi ve öte. (2020), yapmış oldukları çalışmada, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını tespit etmek için, Delphi, bulanık AHP ve bulanık WASPAS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada, 5 ana kriter altında 17 alt kritere ve 5 alternatif enerji kaynağına yer verilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, enerji kaynağı seçiminde en etkili kriterler, sırasıyla, siyasi, ekonomik ve teknik kriterleridir. Yine çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye için en uygun alternatif enerji kaynağı rüzgârdır.

Deveci ve öte. (2021), çalışmalarında, Türkiye’de yatırım yapılması planlanan yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak, bulanık CODAS yöntemi kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için 5 ana kriter altında 17 alt kriter belirlenmiş ve bu kriterlere yönelik hazırlanan anketler uzman kişilerce cevaplanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, yenilenebilir enerji alternatiflerinin sıralaması, rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik şeklindedir. Bu alternatifler arasında rüzgâr ve güneş, diğer kaynaklara göre daha yüksek değerlendirme puanlarıyla öne çıkmaktadır.

Karatop ve öte. (2021), çalışmalarında, Türkiye için yenilenebilir enerjide optimum yatırım kararlarının nasıl olması gerektiğini araştırmışlardır. Çalışmada, rüzgâr, hidroelektrik, güneş, jeotermal ve biyokütle olmak üzere 5 alternatif enerji kaynağı ele alınmıştır. Yöntem

olarak Bulanık AHP, EDAS ve Bulanık FMEA yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Türkiye’de yatırım yapılması gereken öncelikli enerji kaynakları hidroelektrik ve rüzgârdır.

Türkiye'nin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun enerji kaynağı seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmaların çoğunluğu, yenilenebilir enerji kaynakları arasından seçim yaparken; bazıları fosil enerji kaynaklarını da dâhil etmiştir. Bu farklılık, araştırmacıların önceliklerine ve enerji sektöründeki mevcut duruma bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yine çalışmaların çoğunda, ekonomik, teknik, sosyal ve çevresel faktörler olmak üzere 4 ana kriterlerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Alt kriterin sayıları ise 8 ila 35 arasında değişiklik göstermektedir. Alt kriterlerin sayıları çalışmanın kapsamına ve amaçlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çalışmalarda, VIKOR, AHP, Bulanık AHP, TOPSIS ve MACBETH yöntemleri en çok kullanılan yöntemlerdir. Çalışmaların genelinde öne çıkan enerji kaynakları rüzgâr, güneş ve hidroelektriktir. Ayrıca, rüzgâr ve güneşin genellikle ilk sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, yenilenebilir enerji kaynağı seçimini konu edinen uluslararası çalışmalar Tablo 30’da gösterilmektedir.

Tablo 30: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Seçimini Konu Edinen Uluslararası Çalışmalar

Yazar	Yıl	Yöntem	Ülke	Alternatif Enerji Kaynakları	Kriter Sayısı	Sonuç
Kabir ve Shiha	2003	AHP	Bangladeş	Güneş, Rüzgâr, Biyogaz	12	Güneş
Nigim ve öte.	2004	SIMUS AHS	Kanada	Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Hidroelektrik, Güneş	6	Güneş
San Cristobal	2011	VIKOR	İspanya	Hidroelektrik Güneş, Biyokütle, Rüzgâr	7	Biyokütle
Yi, Sin ve Heo	2011	AHP	Kuzey Kore	Rüzgâr, Jeotermal, Hidroelektrik, Güneş, Atık, Biyogaz	10	Rüzgâr
Sadeghi ve öte.	2012	AHS Bulanık TOPSIS	İran	Güneş, Rüzgâr, Hidroelektrik, Jeotermal	13	Güneş
Mourmouris ve Patolias	2013	REGIME	Yunanistan	Güneş, Rüzgâr, Hidroelektrik, Jeotermal	16	Rüzgâr
Yazdani-Chamzini ve öte	2013	TOPSIS, MOORA, ARAS, AHP-COPRAS	-	Biyokütle, Biyoyakıt, Rüzgâr, Hidroelektrik, Güneş	7	Biyokütle
Stojanović	2013	AHP	-	Güneş, Biyokütle, Jeotermal, Hidroelektrik, Rüzgâr	12	Rüzgâr
Ahmad ve Tahar	2014	AHP	Malezya	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Biyokütle	12	Güneş
Troldborg ve öte.	2014	PROMETHEE	İskoçya	Güneş, Rüzgâr, Hidroelektrik, Jeotermal	9	Güneş
Tasri ve Susilawati	2014	Bulanık AHP	Endonezya	Biyokütle, Rüzgâr, Jeotermal, Hidroelektrik, Güneş	16	Hidroelektrik

Al Garni ve öte.	2016	AHS	Suudi Arabistan	Güneş, Rüzgâr, Biyokütle, Jeotermal	14	Güneş
Afsordegan ve öte.	2016	Bulanık AHP, TOPSIS	-	Nükleer, Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Biyokütle	9	Rüzgâr
Robles Algarin, Polo Llanos ve Ospino	2017	AHP	Kolombiya	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Biyokütle	20	Güneş
Büyüközkan, Karabulut ve Mukul	2018	Bulanık AHP, COPRAS	Birleşmiş Milletler	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Biyokütle	20	Hidroelektrik
Ishfaq, Ali ve Ali	2018	VIKOR, TOPSIS, AHP	Pakistan	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Biyokütle	6	Hidroelektrik
Yuan ve öte.	2018	HFLTS	Çin	Güneş, Biyokütle, Hidroelektrik, Rüzgâr	10	Biyokütle
Rani ve öte.	2019	VIKOR	Hindistan	Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Biyokütle	13	Rüzgâr
Solangi ve öte.	2019	Delphi, AHP, Bulanık TOPSIS	Pakistan	Rüzgâr, Jeotermal, Hidroelektrik, Güneş, Biyokütle	20	Rüzgâr
Rani ve öte.	2020	Bulanık TOPSIS	Hindistan	Nükleer, Hidroelektrik, Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Biyokütle	9	Rüzgâr
Niu ve öte	2020	Bulanık ELECTRE II	Çin	Güneş, Biyokütle, Jeotermal, Hidroelektrik, Rüzgâr	13	Hidroelektrik
Li ve öte.	2020	Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS, Bulanık DEMATEL	-	Güneş, Biyokütle, Jeotermal, Hidroelektrik, Rüzgâr	8	Rüzgâr
Chen ve öte.	2020	PROMETHEE II	Çin	Güneş, Biyokütle, Hidroelektrik, Rüzgâr	12	Güneş
Wang, Xu ve Solangi	2020	Bulanık AHP	Pakistan	Güneş, Rüzgâr, Biyokütle	17	Rüzgâr

Tablo 30’da, yenilenebilir enerji kaynağı seçimini konu edinen uluslararası çalışmalar yer almaktadır. Uluslararası çalışmaların sonuçları da Türkiye’de yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Çalışmaların genelinde öne çıkan enerji kaynakları, rüzgâr, güneş ve hidroelektriktir. Rüzgâr ve güneşin genellikle ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir

3.2. Metodoloji

İnsanlar yaşamları boyunca sayısızca kez karar vermektedir. Karar vermeden söz edildiğinde bir seçim; seçimden söz edildiğinde ise alternatifler gereklidir. Alternatifler yoksa seçimden, seçim yoksa da karardan söz edilemez.

Alternatifler arasından en iyisini seçmek için akılcı bir sürecin işlemesi gerekmektedir. Ancak günümüzde yaşanan hızlı değişimler ve alternatiflerin seçiminde dikkat edilecek kriterlerin çoğalması, bu akılcı sürecin işlemesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, bugün geline nokta da seçim problemlerinde matematiksel teknikler kullanılmaktadır. Seçim problemlerinde kullanılan bu matematiksel tekniklerin başında *Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri* gelmektedir.

ÇKKV Yöntemleri aynı anda ve birden fazla kriter içerisinden, en optimal olanının seçilmesine imkan sağlamaktadır. Literatürde 40’tan fazla ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler başlıca, seçim, sınıflandırma ve sıralama problemleri şeklinde gruplandırılmaktadır. Bu gruplandırma şekli Tablo 31’de gösterilmektedir.

Tablo 31: ÇKKV Yöntemlerinin Gruplandırılması

Seçim	Sınıflandırma	Sıralama
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	UTADIS
MAUT/UTA	MAUT/UTA	FlowSort
MACBETH	MACBETH	ELECTRE-Tri
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE I	ELECTRE III	
TOPSIS	TOPSIS	
Veri Zarflama Analizi		
Gri İlişkisel Analiz		
VIKOR		
MOORA		
STEM		
PAPRIKA		
COPRAS		
ARAS		
SWARA		
Ağırlıklı Çarpım		
Basit Toplamlı Ağırlıklandırma		
Üstünlük Tabanlı Kaba Küme Analizi		
Kaynak: Yıldırım ve Önder, 2014		

ÇKKV yöntemlerinden en çok kullanılanları AHP, ANP, ELECTRE, TOPSIS, PROMETHEE, Veri Zarflama Analizi, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR, MOORA, MACBETH, COPRAS, ARAS, SWARA yöntemleridir. Çalışmanın bu bölümünde Bulanık AHP Yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda ilk olarak AHP yöntemi özetlenmiş, daha sonra bulanık mantık açıklanarak çalışmada kullanılan Bulanık AHP yöntemi anlatılmıştır.

3.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

AHP Yöntemi, 1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemidir. Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında çok popüler olan AHP yöntemi, kriterlerin ikili karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu kriterlerin karşılaştırılması ise uzman görüşüyle sağlanmaktadır (Saaty, 1990; Saaty, 2008; Dhami ve öte., 2016; Qubaisi ve öte., 2016).

Karar verme aşamasında hem nitel hem de nicel verilerle kullanılabilen AHP yöntemi, aynı zamanda diğer ÇKKV yöntemleri ile de uygulanabilmektedir. AHP yöntemi, karmaşık kararların analizinde hem matematiksel hem de psikolojik temellere dayanan oldukça faydalı bir yöntemdir (Petrini ve öte., 2016).

AHP yöntemi, bir veya daha fazla karar vericinin, çok fazla ana kriterin ve alt kriterin ve çok sayıda alternatifin olduğu seçim problemlerinde kullanılmaktadır. Böyle bir seçim probleminde alternatiflerin belirli bir kritere göre ikili sınıflandırılarak karşılaştırılması, AHP'nin genel mantığını oluşturmaktadır (Duke ve Hyde, 2002).

AHP aksiyomları: AHP yönteminin temelini oluşturan dört aksiyom bulunmaktadır (Ünal, 2012):

Ters Karşılaştırma: Çift taraflılık olarak da adlandırılan bu aksiyom, tersi olma veya iki taraflı olma şeklinde ifade edilmektedir. Ters Karşılaştırma aksiyomuna göre, X kriteri Y kriterinden n kat önemli ise bu durumda Y kriteri de X kriterinden $1/n$ kat önemli olmalıdır.

Homojenlik: Karşılaştırılacak kriterlerin özellik olarak birbirine yakın olmasını ifade etmektedir. Karşılaştırılacak kriterlerin birbirinden çok farklı olduğu durumlarda yöntemin tutarlılık oranı düşmektedir. Ayrıca, tutarlılık oranının yüksek çıkması için, karşılaştırılacak kriter sayısının 1 ila 9 arasında olması gerekmektedir.

Beklentiler: En uygun alternatif seçiminde beklentilerin karşılanması için, kullanılacak tüm alternatiflerin ve kriterlerin karşılaştırmada yer alması gerekmektedir. Başka bir açıdan düşünülecek olursa; karşılaştırmada yer alan tüm alternatifler ve kriterler amaca uygun olmalıdır.

Bağımsızlık: Bağımsızlık aksiyomuna göre, hiyerarşide bulunan kriterler birbirinden bağımsız olmalıdır. Buradan hareketle, yeni bir kriter eklendiğinde veya çıkarıldığında üst seviyedeki kriterlerin öncelikleri değişmemelidir.

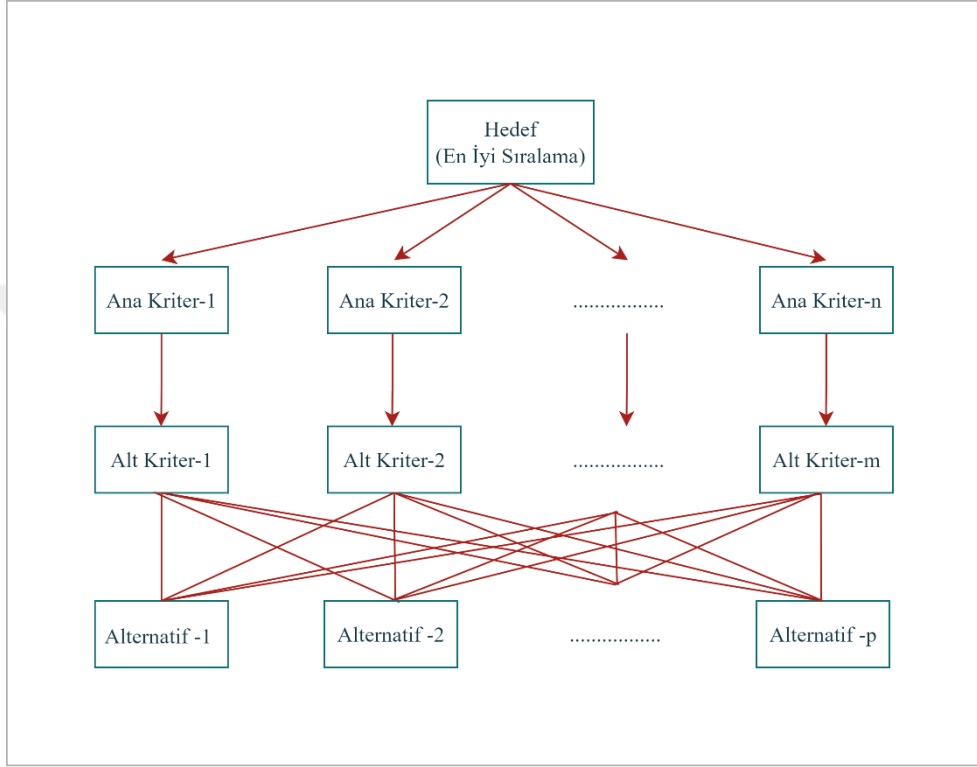
2.2.1.1. AHP'yi Uygulama Aşamaları ve Hiyerarşik Yapı

AHP yönteminin ana adımları şu şekilde özetlenebilmektedir (Bircan, 2003; Saaty, 2005; Apak, Göğüş ve Karakadılar, 2012):

1. Problemin tanımlanması ve hiyerarşik yapının kurulması
2. Kriterler arasındaki karşılaştırma matrislerinin oluşturulması
3. Kriterlerin önem dağılımlarının saptanması
4. Tutarlılık oranının (RI) hesaplanması
5. Sonucun hesaplanması

Adım 1: Problemin tanımlanması ve hiyerarşik yapının kurulması

AHP yönteminde hiyerarşi oluşturulurken, en tepede hedef, altında karşılaştırmalarda kullanılacak ana kriterler, ana kriterlerin her birinin altında alt kriterler ve hiyerarşinin en alt kısmında ise alternatifler yer almaktadır. AHP yönteminin hiyerarşik yapısı Şekil 23'te gösterilmektedir.



Şekil 23: AHP Yönteminin Hiyerarşik Yapısı

Kaynak: Razmi ve öte., 2002: 199-211

Hiyerarşinin oluşturulmasından sonraki aşama ise kriterlerin ikili karşılaştırılmasıdır. Karar verici, her düzeydeki kriterlerin görece üstünlüklerini belirlemek için, kriterleri ikili karşılaştırarak üstünlüklerini derecelendirmektedir. Burada doğru sonuçlara ulaşabilmek için, karar vericinin konu hakkında bilgi sahibi olması, hatta konunun uzmanı olması gerekmektedir.

Adım 2: Kriterler arasındaki karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisleri, oluşturulan hiyerarşik yapının en başından başlayarak kare matrisler şeklinde oluşturulmaktadır. Oluşturulacak bu

matrisler Denklem 50’de gösterilmektedir. Bunun için karar vericilerin kriterleri ikili karşılaştırması gerekmektedir

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (50)$$

Her bir kriter özelinde alternatiflerin değerlendirilmesi ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır (Keçek ve Yıldırım, 2010). Kriterlerin karşılaştırılmasında ve önem derecelerinin belirlenmesinde Saaty (1980) tarafından öne sürülen önem skalası kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalarda kullanılacak önem skalası Tablo 32’de gösterilmektedir.

Tablo 32: İkili Karşılaştırmalarda Kullanılacak Önem Skalası

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit Düzeyde Önemli	İki kriterin eşit düzeyde önemli olduğunu ifade etmektedir.
3	Orta Düzeyde Önemli	Kriterlerin birinin diğerine göre biraz önemli olduğunu ifade etmektedir.
5	Ortadan Fazla Düzeyde Önemli	Kriterlerin birinin diğerine göre oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir.
7	Kuvvetli Düzeyde Önemli	Bir kriterin diğerine göre üstün olduğunu ifade etmektedir.
9	Çok Kuvvetli Düzeyde Önemli	Bir kriterin diğerine göre çok üstün olduğunu ifade etmektedir.
2,4,6,8	Ara Değerler	Önem dereceleri arasında uzlaşma gerektiğinde kullanılacak ara değerleri ifade etmektedir.

Kaynak: Saaty, 1980

Bu aşamada karar verici, ikili karşılaştırmalarda fikrini temsil edecek ifadeyi tablodan seçerek karşılaştırmasını yapmaktadır. Sayısal hesaplamalarda, tablodan seçerek yazdığı sayısal değerler kullanılmaktadır. Karar vericinin tablodaki ana değerlerde kararsız kalması durumlarında ara değerler de kullanılabilir.

Yukarıda da ifade edildiği üzere; karşılaştırma matrisleri kare matrislerden oluşmaktadır. Bu durumda, kriterlerin kendileriyle karşılaştırılmasını ifade eden köşegenler 1 değerini almaktadır. Matrislerde köşegenin altında kalan değerler ise Denklem 51 yardımıyla bulunmaktadır.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (51)$$

Adım 3: Kriterlerin Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin ağırlıklarını hesaplayan ve alternatiflerin sıralamasını yapan Super Decision, Expert Choice vb. paket programlar bulunmaktadır. Ancak programlar, sadece klasik AHP yöntemini hesaplamakta, bulanık AHP yöntemini hesaplayamamaktadır. Böyle bir durumda aşağıdaki işlemler uygulanmaktadır.

Her bir sütunun, ilgili sütundaki değerlerin toplamına bölünmesiyle normalleştirilmiş matris elde edilmektedir. Normalleştirilmiş matrisin elde edilmesi Denklem 52’de gösterilmektedir. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için karşılaştırma matrislerinden N matrisi oluşturulmaktadır. N matrisinin oluşturulması ise Denklem 53’te gösterilmektedir.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (52)$$

$$N = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (53)$$

Sonraki aşamada Denklem 53 ile oluşturulmuş N matrisindeki satır değerlerinin aritmetik ortalamasının alınmasıyla W matrisi oluşturulmaktadır.

W matrisinin elde edilişı Denklem 54 ile gösterilmiş, W matrisinin kendisi ise Denklem 55’te gösterilmiştir.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}}{n} \quad (54)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (55)$$

Adım 4: Tutarlılık Oranının (CR) Hesaplaması

Tutarlılık, ikili karşılaştırmaların birbiriyle mantıksal ve matematiksel olarak uyumlu olmasını ifade etmektedir. AHP yönteminde kullanılan tüm ikili karşılaştırmalarının veya karşılaştırma matrislerinin yüzde yüz tutarlı olması zor bir durumdur. Netice itibariyle, bu önem yargıları insan ifadelerine dayanmaktadır ve tolere edilebilir bir miktar tutarsızlığını bünyesinde barındırabilmektedir. Tutarsızlığın bulunması durumunda, bunun açıklanabilir ve makul bir düzeyde olduğunu belirlemek için bir ölçü geliştirilmesi gerekmektedir (Kuru ve Akın, 2012). Bunun için *Tutarlılık Oranı (CR)* geliştirilmiştir. Denklem 56’da tutarlılık oranının formülü verilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (56)$$

Tutarlılık oranının hesaplanmasında ilk adım olarak $N_{\max}$ matrisinin elde edilmesi gerekmektedir. $N_{\max}$ matrisi, A matrisi ile W matrisinin çarpımı ile bulunmaktadır ve Denklem 57’deki gibi formüle edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = N_{\max} \text{ matrisi} \quad (57)$$

Denklem 57 yardımıyla bulunan $N_{\max}$ matrisinin elemanlarının toplanmasıyla $N_{\max}$ değeri elde edilmektedir. $N_{\max}$ değerinin Denklem 58'deki gibi işleme sokulmasıyla *Tutarlılık Göstergesi (CI)* elde edilmektedir.

$$CI = \frac{N_{\max} - N}{n - 1} \quad (58)$$

Tutarlılık oranının hesaplanması için ihtiyaç duyulan son değer *Tesadüfîlik Göstergesi (RI)*'dir. Saaty tarafından kriteri 15'e kadar olan ikili karşılaştırmaların RI göstergeleri hazırlanmıştır. Bu oranlar Tablo 33'te gösterilmektedir.

Tablo 33: RI çizelgesi

Matris Boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI Göstergesi	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	2,56	1,58	1,59

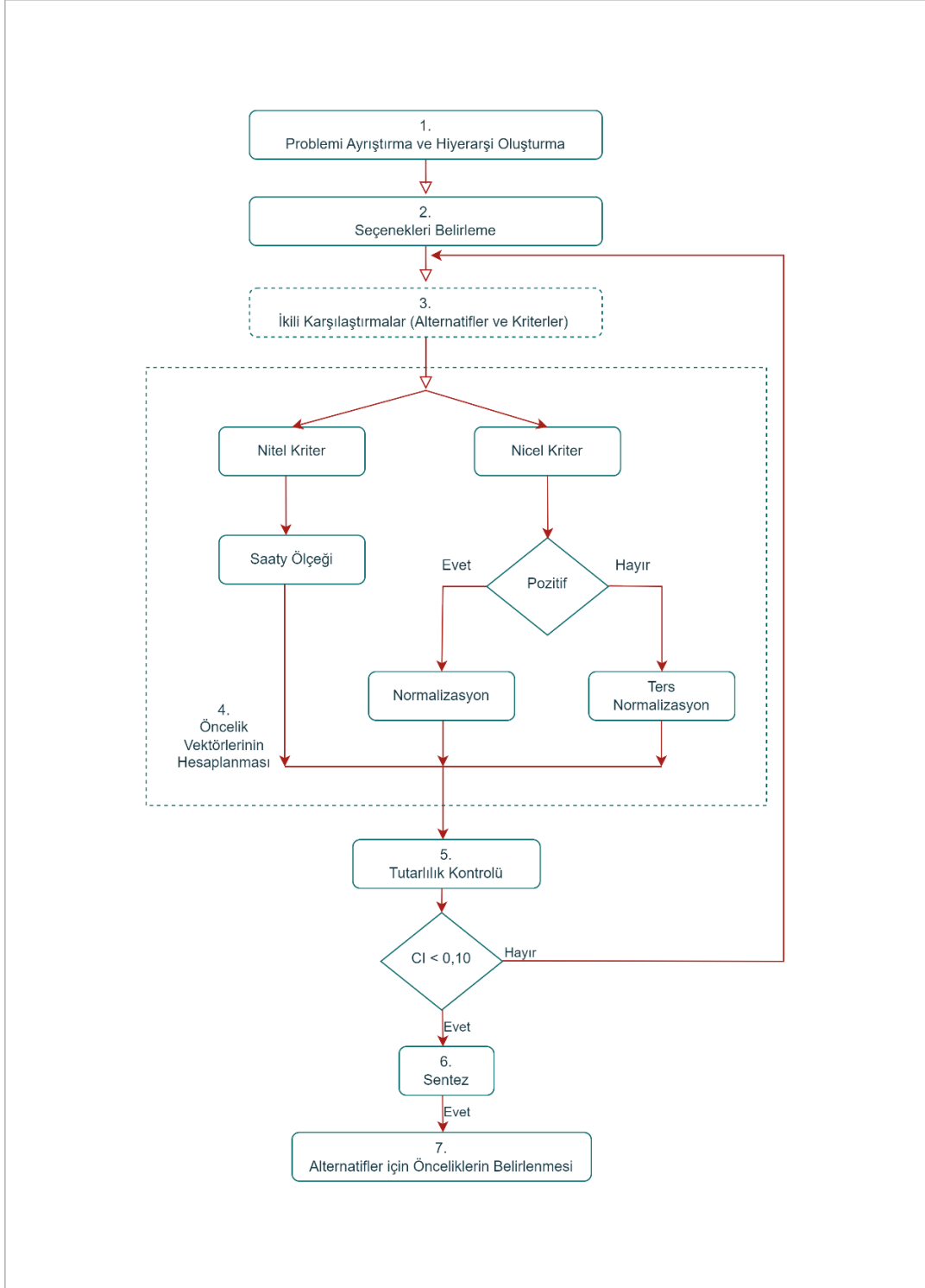
Kaynak: Saaty ve Tran, 2007: 966

Elde edilen CI ve RI değerlerinin Denklem 56'da işleme sokulmasıyla CR değeri elde edilmektedir. $CR < 1$ olduğu durumlarda tutarsızlık değeri kabul edilebilir düzeydedir. Ancak, $CR > 1$ olduğu durumlarda tutarsızlık değeri kabul edilebilir seviyenin üzerindedir ve karar vericilerin karar matrislerini tekrar gözden geçirip tutarsızlığı gidermesi gerekmektedir.

Adım 5: Sonucun hesaplanması

Yukarıda anlatılan AHP yönteminin uygulanış aşamaları, her bir ana ve alt kriterler için uygulanmalıdır. Tutarlılık oranı kabul edilebilir seviyede olan matrislerin ağırlıkları Denklem 55'teki gibi bulunmaktadır. Karar aşamasındaki sonuç dağılımı ise karar hiyerarşisindeki alternatifleri karara götüren yoldaki ağırlıkların toplanması ile bulunmaktadır.

Yukarıda ana hatlarıyla özetlenen AHP yönteminin ayrıntılı akış diyagramı Şekil 24'te gösterilmektedir (Wang, 2001).



Şekil 24: AHP Akış Diyagramı

Kaynak: Wang, 2001

2.2.1.2. AHP'nin Avantajları ve Dezavantajları

Birçok alandaki karar verme problemlerinde kullanılan AHP yönteminin karar vericilere sağladığı yararlar şu şekilde sıralanabilmektedir (Narasimhan, 1983):

- ° Karar verme problemlerinde karar sürecini matematiksel ve sistematik bir hale getirerek, doğru kararlara ulaşılmasını sağlamaktadır.
- ° Karmaşık durumları kolaylaştıran bir yöntemdir.
- ° Sonuçlara ilişkin duyarlılık analizinin yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- ° Hem nitel hem de nicel verilerin yanında hem objektif hem de subjektif düşünceler sürece dâhil edilebilmektedir.
- ° Grup kararları için de kullanılabilir.
- ° Super Decision, Expert Choice vb. paket programlar sayesinde doğru sonuca hızlıca ulaştırmaktadır.

Kullanılan hiçbir yöntemin kusursuz değildir. AHP yöntemi de bazı dezavantajlara sahip olup eleştirilere maruz kalmıştır. AHP yönteminin dezavantajları şu şekilde sıralanabilmektedir.

- ° Karar sürecinde kriterlere ve alternatiflere ait belirsizlikleri dikkate almamaktadır (Chen, 1996).
- ° Karar vericiler, karar üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden, karar vericilerin yanlış karar vermesi veya subjektif davranması sonuçları bozucu etki doğurabilmektedir (Chen, 1996).
- ° AHP yöntemiyle sonuca ulaşıldıktan sonra mevcut seçeneklerden daha kötü bir seçenek eklenmesi halinde sonuçlar değişebilmektedir.
- ° Karar sürecinde dikkat edilecek kriterlerin ve alternatiflerin sayısının artması karar verme sürecini karmaşık hale getirerek çözümü zorlaştırabilmektedir.

AHP yöntemi, bulanık mantıkla birlikte kullanılarak yukarıda bahsedilen dezavantajlara çözüm aranmış ve yeni yöntemler ortaya koyulmuştur. İzleyen bölümde bulanık mantık ve bulanık AHP yöntemi incelenmiştir.

3.2.2. Bulanık Mantık

Mantık bilimi, düzgün düşünebilmeyi ve akıl yürütmeyi inceleyen bilim dalıdır. Mantık biliminde en az iki düşünce arasındaki ilişki incelenmekte ve bu iki düşünce arasından bir yargıya ulaşılmaktadır. Burada yargıya önerme, akıl yürütme işlemine ise çıkarım denilmektedir. Mantık bilimindeki çalışmalar önermenin doğruluğu ile ilgilenmektedir. Ayrıca, klasik mantıkta doğruluk, yanlış ve doğru olmak üzere iki değerden birini almaktadır (Öztürk, 2011; Kılıç, 2015). Ancak, Werner Heisenberg tarafından 1927 yılında öne sürülen “belirsizlik ilkesi” klasik mantık yaklaşımını derinden etkilemiştir. Kuantum teorisyenleri, belirsizlik durumunu da hesaba katarak doğru ve yanlışla yeni bir seçenek olan orta doğruluk kavramını eklemişler ve “belirlenemezlik”i tanımlamışlardır (Kılıç, 2015). Buradan hareketle, klasik mantık yaklaşımına karşı bulanık mantıkla belirsizlik altında akıl yürütme geliştirmişlerdir (Tuş Işık, 2011).

2.2.2.1. Bulanık Kümeler

Bulanık kümeler, belirsizliği ifade etmek için 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilmiştir (Göksu, 2008). Nesnelerin üyelik derecesi bulanık küme için 0 ile 1 arasında değişmektedir (Zadeh, 1965). Bulanık kümeler, üyelik derecesi 0 veya 1 için yeterli olmadığı, yani belirsizliğin olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Başka bir ifade ile bulanık kümeler, tam üye olma veya tam üye olmama arasındaki dereceleri ifade etmektedir (Zadeh ve Bellman, 1970).

Bulanık mantığı klasik mantıktan ayıran önemli bir nokta bulunmaktadır. Klasik mantıkta üyeliğin var olup olamaması incelenirken; bulanık mantıkta üyeliğin derecesi incelenmektedir (Türkşen, 2015). Ayrıca, bulanık mantıkta sözel değişkenler kullanılarak belirsizlik tanımlaması yapılmaktadır. Böylece, kesin sayılar yerine, gerçek hayatta olan belirsizlik içeren ifade veya ifade grupları karar sürecine dâhil edilmiş olmaktadır (Öztürk, 2011).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in 0 \\ 0, & x \notin 0 \end{cases} \quad (59)$$

Klasik mantıkta küme fonksiyonu Denklem 59'daki gibi iken (Yıldız, 2013); bulanık mantıktaki üyelik fonksiyonu aşağıda anlatılmıştır.

2.2.2.2. Bulanık Üyelik Fonksiyonu

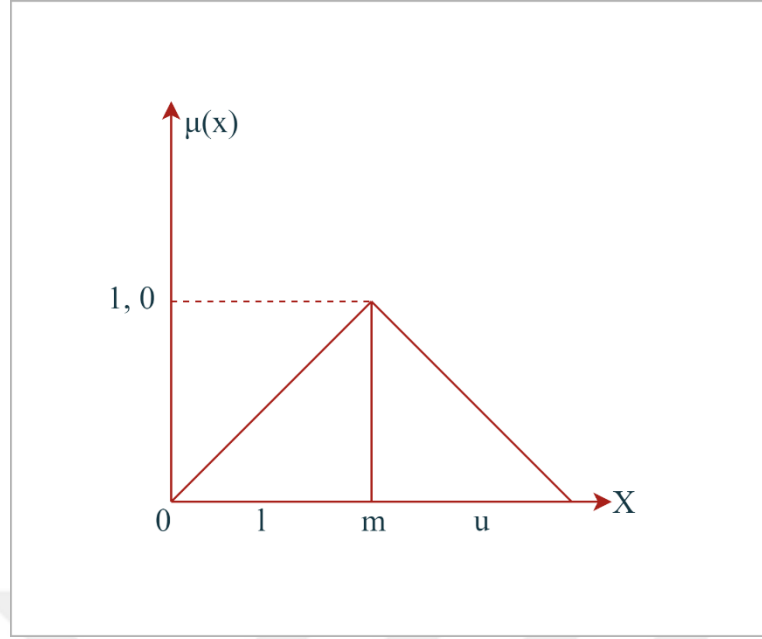
Bulanık mantıkta üyelik modellemesi, fonksiyonların 0 ile 1 arasındaki değerleri almasıyla oluşturulur. Üyelik fonksiyonları, klasik mantıkta olduğu gibi üye olup olmamayı değil, küme içerisindeki farklı üyelik derecelerini göstermektedir. Bulanık mantıktaki bulanık sayılar parçalı veya sürekli fonksiyonlarla gösterilmektedir. Üçgensel ve yamuk üyelik fonksiyonları ise en yaygın kullanılan üyelik fonksiyonlarıdır (Öztürk, 2011).

$$M_A(x): X \rightarrow [0, 1] \quad (60)$$

Denklem 60'ta X evrensel kümeyi temsil ederken; x ise evrensel kümeye ait bir elemanı ifade etmektedir. Buradan hareketle, X ve A bulanık kümelerken; $M_A(x)$ ile ifade edilen bulanık küme $M_A(x): X \rightarrow [0, 1]$ şeklindedir (Türkşen, 2015).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} l \leq x \leq m & \text{ise } \frac{(x-l)}{(m-l)} \\ m \leq x \leq u & \text{ise } \frac{(u-x)}{(u-m)} \\ x > u \text{ veya } x < l & \text{ise } 0 \end{cases} \quad (61)$$

Denklem 61'de A üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonu gösterilmiştir. Şekilde 25'te ise bu üyelik fonksiyonunun grafiği gösterilmiştir



Şekil 25: Üçgensel Bulanık Sayılar

Kaynak: Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983

Burada l , m ve u şeklinde gösterilen sayılardan (l), alt destek değerini; (m) en uygun olabilecek değeri; (u) ise en üst destek değerini göstermektedir (Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983).

Bulanık mantıkta üçgensel bulanık sayılar tanımlanırken 1-A aralığındaki değerler kullanılarak oluşturulan ölçek esas alınmaktadır. Tablo 34’te bulanık üçgensel sayılar ve üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.

Tablo 34: Bulanık Üçgensel Sayılar ve Üyelik Fonksiyonları

Bulanık Üçgensel Sayılar	Bulanık Üçgensel Sayıların Üyelik Fonksiyonları	Bulanık Üçgensel Sayıların Tersleri
1	1,1,1	1,1,1
2	1,2,3	1/3, 1/2, 1
3	2,3,4	1/4, 1/3, 1/2
4	3,4,5	1/5, 1/4, 1/3
5	4,5,6	1/6, 1/5, 1/4
6	5,6,7	1/7, 1/6, 1/5
7	6,7,8	1/8, 1/7, 1/6
8	7,8,9	1/9, 1/8, 1/7
9	8,9,9	1/9, 1/9, 1/8

Kaynak: Chen, 1996

2.2.2.3. Bulanık Sayılar Üzerinde İşlemler

Bir aralığı ifade eden bulanık sayılar, bu aralıklarda aldıkları değere göre farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Örneğin (1, 3) bulanık sayı, (1, 3, 5) üçgensel bulanık sayı ve (1, 3, 5, 7) yamuk bulanık sayı olarak ifade edilmektedir (Göksu, 2008).

Klasik mantık kümelerinde matematiksel işlemler yapılabildiği gibi bulanık kümelerde de matematiksel işlemler yapılabilmektedir. $A=(l_1, m_1, u_1)$ ve $B=(l_2, m_2, u_2)$ kümeleri, bulanık kümeleri temsil etmek üzere bu kümelerle yapılabilecek matematiksel işlemler aşağıda gösterilmiştir (Karakış, 2019).

Toplama İşlemi	: $A + B = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$
Çıkarma İşlemi	: $A - B = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$
Çarpma İşlemi	: $AB = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$
Bölme İşlemi	: $A / B = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2)$
Sabit Sayı ile Çarpma İşlemi	: $Ak = (l_1 k, m_1 k, u_1 k)$
Tersini Alma İşlemi	: $A^{-1} = (1/l_1, 1/m_1, 1/u_1)$
İşaret Değiştirme	: $-(l_1, m_1, u_1) = (-u_1, -m_1, -l_1)$

3.2.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

Bulanık AHP yönteminde ilk olarak, karar vericilerin kararları birleştirilmektedir. Bunun ardından, elde edilen veriler durulaştırılıp normalize edilmektedir.

3.2.3.1. Karar Vericilerin Kararlarının Birleştirilmesi

N tane kriterin bulunduğu bir durumda karar vericilerin (K) kriterleri ikili olarak karşılaştırdıkları ve sözel değişkenlerle değerlendirdikleri varsayılın. Bu durumda, her bir karar vericinin değerlendirmeleri bir bulanık üçgensel veya yamuk sayılara dönüştürülerek karşılaştırma matrisleri elde edilmektedir. $\tilde{A}_{ij}^s$, s. karar vericinin i ve j kriterlerinin ikili karşılaştırma değeri olduğuna göre; bu karşılaştırma matrisi Denklem 62'deki gibi olmaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016).

$$\tilde{A}^s = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_3 \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}^s & \tilde{a}_{12}^s & \dots & \tilde{a}_{1n}^s \\ \tilde{a}_{21}^s & \tilde{a}_{22}^s & \dots & \tilde{a}_{2n}^s \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^s & \tilde{a}_{n2}^s & \dots & \tilde{a}_{nn}^s \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (62)$$

Karar vericilerin tümünün eşit öneme sahip olduğu bir durumda, üyelik fonksiyonunun birleştirilmiş hali $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ şeklindedir. İkili karşılaştırmalar sonucunda s. karar vericiden elde edilen bulanık üçgensel sayılar, $\tilde{a}_{ij}^s = (l_{ij}^s, m_{ij}^s, u_{ij}^s)$ denkleğinin olduğu bir durumda Denklem 63'teki gibi hesaplanmaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016):

$$\tilde{A}_{ij} = \frac{1}{2} [\tilde{a}_{ij}^1 + \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + \tilde{a}_{ij}^s] = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (63)$$

Diğer taraftan karar vericilerin (kv) tümünün eşit öneme sahip olmadığı bir durumda ise üyelik fonksiyonları birleştirilmeden önce karar vericilerin ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Ağırlık hesaplaması yapacak komisyon “C”, karar verici sayısı “p” ve komisyondaki üye sayısı “r” olmak üzere, $\tilde{W}$ bulanık karar matrisi $\tilde{W}_{ij} = (\tilde{l}_{ij}, \tilde{m}_{ij}, \tilde{u}_{ij})$ şeklinde gösterilmektedir. Bu ise j. komisyon üyesinin i. karar verici için belirlediği bulanık sayıları ifade etmektedir (Çakır ve Özdemir, 2016).

$$\tilde{W} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_3 \\ \begin{matrix} kv_1 \\ kv_2 \\ \vdots \\ kv_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \dots & \tilde{w}_{1r} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \dots & \tilde{w}_{2r} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{w}_{p1} & \tilde{w}_{p2} & \dots & \tilde{w}_{pr} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (64)$$

Karar vericilerden birincisinin bulanık vektörü $\tilde{w}_1 = \tilde{w}_{11} + \tilde{w}_{12} + \tilde{w}_{13} + \dots + \tilde{w}_{1r}$ şeklinde olmak üzere ve $\tilde{w}_s$, s. karar vericinin bulanık ağırlığını temsil etmek üzere, karar vericilerin bulanık üçgensel üyelik formuna göre

birleştirme işlemi Denklem 65'te gösterildiği gibi ifade edilmektedir (Çakır ve Özdemir, 2016).

$$\begin{aligned}\tilde{W}_s &= (l_s, m_s, u_s,) \\ l_s &= \min\{l_{sj}\}, ms = \frac{1}{r} \sum_{c=1}^r m_{sj}, u_s = \max\{u_{sj}\}\end{aligned}\quad (65)$$

Durulaştırma İşlemi: Bulanık AHP yönteminde, elde edilen verilerin ilk önce durulaştırma işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılabilecek yöntemlerden biri de BNP (En İyi Gerçek Sayı Değeri) yöntemidir. Bu ise Denklem 66'daki gibi ifade edilmektedir.

$$d'(BNP_s) = \frac{(u_s - l_s) + (m_s - l_s)}{3} + l_s \quad (66)$$

Ayrıca $\tilde{A}$ üçgensel bulanık sayı olmak üzere ve $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ şeklinde gösterilmek üzere, durulaştırma işleminde aşağıdaki 3 yöntemden biri tercih edilebilmektedir (Öztürk, 2011).

$$x_1^* = \frac{(a_1 + a_2 + a_3)}{3} \quad (67)$$

$$x_2^* = \frac{(a_1 + 2a_2 + a_3)}{4} \quad (68)$$

$$x_1^* = \frac{(a_1 + 4a_2 + a_3)}{6} \quad (69)$$

Normalizasyon: Durulaştırma işleminden sonra uygulanması gereken işlem normalizasyon işlemidir. Normalleştirme işleminden sonra karar vericilerin ağırlıklarını ifade eden w_s elde edilmiş olmaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016).

$$W_s = d(BNP_s) = \frac{d'(BNP_s)}{\sum_{j=1}^m d'(BNP_s)} + l_s \quad (70)$$

3.2.3.2. Kriterler İçin Birleştirilmiş Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Yukarıdaki bölümde, karar vericiler için normalize edilmiş önem dereceleri bulunmuştur. Elde edilen bu değer ile her bir karar vericinin kriterler için vermiş oldukları önem derecelerinin çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış önem dereceleri elde edilmektedir. Buradan hareketle, elde edilen ağırlıklandırılmış önem derecelerinin toplanması ise her bir kriter için birleştirilmiş karar matrisini vermektedir.

Karar vericilerin ağırlıklarının farklı olduğu durumlarda ise karar vericilerin ikili karar matrisleri Denklem 71 yardımıyla bulunmaktadır.

$$\tilde{a}_{ij} = [w_1 \otimes \tilde{a}_{ij}^1 + w_2 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + w_p \otimes \tilde{a}_{ij}^s] \quad (71)$$

Karar vericilerin karar matrislerinin birleştirilmesiyle elde edilen birleştirilmiş karar matrisi Denklem 72'deki gibi gösterilmektedir (Çakır ve Özdemir, 2016):

$$\tilde{A}^s = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (72)$$

Ayrıca $\tilde{a}_{ij}$ birleştirilmiş bulanık sayı olmak üzere ve $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ şeklinde gösterilmek üzere; birleştirilmiş bulanık sayı Denklem 73'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016):

$$l_{ij} = \sum_{s=1}^s \{w_s \otimes l_{ijs}\}, m_{ij} = \sum_{s=1}^s \{w_s \otimes m_{ijs}\}, u_{ij} = \sum_{s=1}^s \{w_s \otimes u_{ijs}\} \quad (73)$$

3.2.3.3. Sentetik Genişletme Mertebe Analizi

Her bir kriterin hedefi ne kadar gerçekleştirdiği genişletme kavramıyla ifade edilmektedir (Paksoy ve öte., 2013). Denklem 74'te gösterilen tüm sayılar bulanık sayı olmak üzere, i. kriterin bulanık sentetik genişletme değeri Denklem 75'te gösterilmektedir (Kahraman ve öte., 2003).

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, i = 1, 2, \dots, n. \quad (74)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Sigma_{gi}^j \right]^{-1} \quad (75)$$

Burada Denklem 75'te yer alan $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ifadesinin elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için, mertebe analizine bulanık toplama işlemleri uygulanmalıdır. Bulanık toplama yöntemleri Denklem 76 ve Denklem 77'de gösterilmektedir. Denklem 78 yardımı ile de vektörün tersi hesaplanmaktadır (Karakış, 2019).

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (76)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^n l_j, \sum_{j=1}^n m_j, \sum_{j=1}^n u_j) \quad (77)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n l_j} \right) \quad (78)$$

Yukarıda anlatılan işlemlerin tamamlanmasıyla hiyerarşide yer alan tüm elemanların ağırlık vektörleri elde edilmiş olmaktadır. Bu sayede, bulanık sayıların karşılaştırılması olanaklı hale gelmiştir (Paksoy ve öte., 2013).

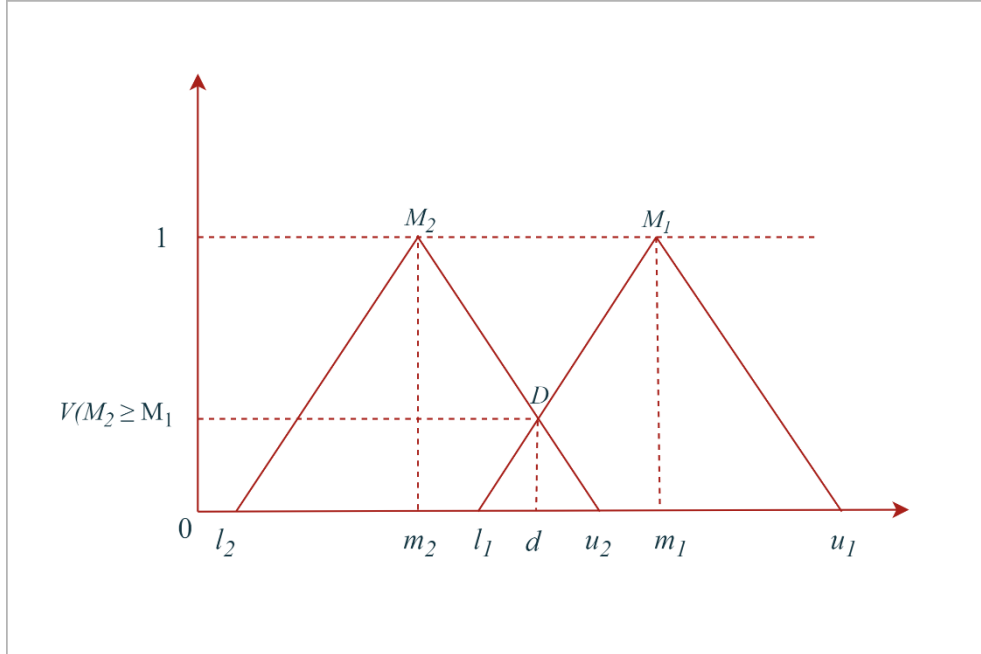
Olabilirlik Derecesi: Olabilirlik derecesi iki şekilde tanımlanabilmektedir. Bunlardan ilki $M_1 \geq M_2$ olmak üzere Denklem 79'da

gösterilirken (Chang, 1996); diğeri ise Denklem 80’de gösterilmektedir (Karakış, 2019).

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (79)$$

$$V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d): \begin{cases} 1 & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{eğer diğer} \end{cases} \quad (80)$$

Şekil 26’da μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası gösterilmektedir ve bu da D’nin ordinatıdır. Burada M_1 ve M_2 ’nin hesaplanabilmesi için iki değerin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerleridir (Chang, 1996).



Şekil 26: M_1 ve M_2 Arasındaki Kesişim Noktası

Kaynak: Chang, 1996

Konveks bir sayı olan M 'nin k konveks bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) büyük olmasının olabilirlik derecesi hesaplaması Denklem 81'deki gibi yapılmaktadır.

$$\begin{aligned}
 &= V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \\
 &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \quad (81) \\
 &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k
 \end{aligned}$$

Normalizasyon: Chang (1996), $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ olduğu bir durumda $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğunu varsaymıştır. A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) n üyesi olduğu durumda ağırlık vektörü Denklem 82'deki gibi olmaktadır.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), d'(A_3), \dots, d'(A_n))^T \quad (82)$$

W 'nin bulanık sayı olmadığı bir durumda, normalize ağırlık vektörü Denklem 83'teki gibi olmaktadır (Chang, 1996).

$$W = (d(A_1), d(A_2), d(A_3), \dots, d(A_n))^T \quad (83)$$

3.3. Uygulama ve Sonuçlar

Bu bölümünde Sürdürülebilir Kalkınma için Türkiye'de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının tespitine yönelik çalışma yapılmıştır. Yöntem olarak Bulanık AHP yönteminin kullanıldığı bu bölümde, ilk olarak, enerji kaynağı tespitinde kullanılacak kriterler belirlenmiştir.

3.3.1. Enerji Kaynağı Tespitinde Kullanılacak Kriterlerin Belirlenmesi

AHP yönteminde hiyerarşi oluşturulurken, en tepede hedef, altında karşılaştırmalarda kullanılacak ana kriterler, ana kriterlerin her birinin altında alt kriterler ve hiyerarşinin en alt kısmında ise alternatifler yer almaktadır. Çalışmamızda ilk olarak hedef belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmanın hedefi, Sürdürülebilir Kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının tespit edilmesidir. Çalışmamızda kullanılan alternatifler ise Rüzgâr, Güneş, Jeotermal, Biyokütle ve Hidroelektrik olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Sonraki aşamada, AHP yönteminde kullanılacak ana ve alt kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için ulusal ve uluslararası literatür taranarak kriter seçimi yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak kriterler Tablo 36’da gösterilmektedir. Ayrıca, kriterlerin çalışmalarda hangi sıklıkla kullanıldığı gösteren Tablo 36’nın genişletilmiş versiyonu [EK 3](#)’te sunulmuştur.

Tablo 35: Çalışmada Kullanılan Alternatifler, Kriterler ve Alt Kriterler

Alternatifler	Kriterler	Alt Kriterler	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)
(A1) Rüzgâr (A2) Güneş (A3) Jeotermal (A4) Biyokütle (A5) Hidroelektrik	(K1) Teknik Boyutlar	(K1.1) Verimlilik	7-8-9-12
		(K1.2) Güvenli Olma	7-11
		(K1.3) Kurulu Güç Kapasitesi	7-9
		(K1.4) Teknoloji Olgunluğu	7-8
		(K1.5) Rezerv Miktarı	7
		(K1.6) Tesisin Teslim Süresi	7
		(K1.7) Tesisin Hizmet Ömrü	7-9
		(K1.8) Kurulumun ve Üretimin Basitliği	7
		(K1.9) Kaynağa Erişim Kolaylığı	7
	(K2) Ekonomik Boyutlar	(K2.1) Yatırım Maliyeti	7
		(K2.2) İşletme ve Bakım Maliyeti	7
		(K2.3) Elektrik Üretim Maliyeti	7
		(K2.4) Pazar Büyüklüğü	8-17
		(K2.5) Ülke Ekonomisindeki Önemi	8
		(K2.6) Yerel Ekonomiye Katkısı	8-11
		(K2.7) Enerji Üretiminin Devamlılığı	7-9
		(K2.8) Yatırımın Geri Dönüş Süresi	7-9
	(K3) Siyasi Boyutlar	(K3.1) Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık	7-17
		(K3.2) Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk	12-13
		(K3.3) Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk	9-12-13
		(K3.4) Mali Destek ve Teşvik Mekanizması	9-12-13
	(K4) Sosyal Boyutlar	(K4.1) Sosyal Kabul Edilebilirlik	11-12
		(K4.2) İş Yaratma	1-8-10
	(K5) Çevresel Boyutlar	(K5.1) Sera Gazı Emisyonu	6-7-11-13-15
		(K5.2) İklim Değişikliği Üzerine Etkisi	6-7-11-13-15
		(K5.3) Arazi Kullanım Gereksinimi	2-3
		(K5.4) Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi	3-6-11
		(K5.5) Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi	2-3-6-11
		(K5.6) Gürültü	11-12
		(K5.7) Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği	2-6-9-11-12

Tablo 35’te, çalışmada kullanılan alternatifler, ana kriterler ve alt kriterler toplu olarak gösterilmiştir. Tablonun ilk sütunu alternatif enerji kaynaklarını gösterirken, ikinci sütunu ana kriter kategorisini göstermektedir. Tablodaki üçüncü sütun ise ana kriter altında yer alan alt kriterleri göstermektedir. Ayrıca, çalışmada kullanılan kriterlerin her biri Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarıyla (SKA) ilişkilendirilmiş ve bu SKA’lar tablonun son sütununda gösterilmiştir. Aşağıda ise çalışmada kullanılan kriterlerin açıklamaları yer almaktadır.

(K1.1) Verimlilik: Enerji kaynağından elde edilen enerji miktarının o enerjiyi üretmek için kullanılan enerji miktarına oranını ifade etmektedir. Enerji projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli kriterler arasında yer almaktadır. Başka bir ifadeyle verimlilik, minimum girdi ile mümkün olan maksimum çıktının elde edilmeye çalışılmasıdır. Bu açıdan düşünüldüğünde verimlilik, mevcut kaynaklardan ne derece yararlanıldığıнын bir göstergesidir. Yatırım yapılacak santraller arasında verimliliği yüksek olanlar tercih edilmektedir.

(K1.2) Güvenli Olma: Enerji santrallerinde yangın ve patlama gibi insan ölümlerine neden olabilecek olaylar meydana gelebilmektedir. Güvenli olma kriteri ise bir enerji santralının güvenli olarak enerji üretmesini ifade etmektedir. Enerji üretimi esnasındaki risk ve tehlikeler bu alt kriter altında toplanmıştır.

(K1.3) Kurulu Güç Kapasitesi: Kurulu güç, elektrik santralının, dağıtım şebekesinin ve elektrik tesisatının kaldırabileceği maksimum güçtür. Çalışmada ifade edilen kurulu güç kapasitesi ise enerji santralının üretebileceği ve barındırabileceği maksimum güç kapasitesidir. Kurulu güç kapasitesi ‘kW’ birimleri ile ifade edilmektedir.

(K1.4) Teknoloji Olgunluğu: Santrali kurma düşüncesi aşamasından santralin başarılı bir şekilde kurulup faaliyete girmesine kadar olan süreçteki tüm teknolojik çalışmaları kapsamaktadır. Ülkenin teknoloji olgunluğuna sahip olması, teknolojiye dışa bağımlılığın önlenmesinde oldukça önemlidir.

(K1.5) Rezerv Miktarı: Enerji santralının kurulum kararı büyük ölçüde rezerv miktarına bağlıdır. Rezerv miktarının az olması veya istikrarlı

olmaması, üretimde aksaklıklara neden olacak, bu ise hem istikrarın bozulmasına hem de kâr oranlarının düşmesine neden olacaktır. Bu yüzden, rezerv miktarı az olan veya istikrarlı olmayan enerji kaynaklarına yatırım yapılması uygun olmayacaktır.

(K1.6) Tesisin Teslim Süresi: Enerji santralinin proje aşamasından işletmeye girinceye kadar olan süreyi ifade etmektedir. Tesisin teslim süresinin uzaması santralin işletmeye girmesini geciktirmektedir. Ayrıca, tesisin teslim süresinin uzun olması; maliyetlerin artması ve tesisin tamamlanamaması gibi riskleri barındırmaktadır. Tesisin teslim süresinin kısa olması ise üretime başlamayı hızlandırmaktadır. Bu yüzden, teslim süresi kısa olan santraller daha fazla tercih edilmektedir.

(K1.7) Tesisin Hizmet Ömrü: Kurulan bir enerji santralinin enerji üretme süresini ifade etmektedir. Hizmet ömrünün uzun olması, enerji tesisinde daha fazla enerji üretilerek daha fazla kâr sağlayacağı için önemli bir kriterdir. Bu yüzden, kurulacak enerji santralinin hizmet ömrü uzun olmalıdır. Tesisin hizmet ömrü hesaplanırken ekonomik ve verimlilik kriterleri de göz önünde bulundurulmaktadır.

(K1.8) Kurulumun ve Üretimin Basitliği: Kurulacak enerji santralinin ve teknolojisinin sadeliğini ifade etmektedir. Enerji santralinin kurulumunda kullanılacak teknolojinin karmaşık olması hem tesisin teslim süresini uzatacak hem de ilk kurulum maliyetini yükseltecektir. Ayrıca, karmaşık teknolojilerde daha fazla arıza çıkabilmekte; bu ise bakım maliyetlerini yükseltmektedir. Bu yüzden, kurulması planlanan enerji santralinde kullanılacak teknolojinin basit yapıda olması tercih edilmektedir.

(K1.9) Kaynağa Erişim Kolaylığı: Kurulacak enerji santrallerinde kullanılacak enerji kaynaklarına erişim kolaylığını ifade etmektedir. Çünkü hammaddeye ulaşımın zor olması üretim maliyetini artıracak; bu ise kârlılık oranını düşürecektir. Bu yüzden, enerji projelerinin değerlendirilmesinde enerji kaynaklarına erişim kolaylığı önemli bir kriterdir.

(K2.1) İlk Yatırım Maliyeti: Ekipman, inşaat giderleri, ilk kurulum harcamaları ve mühendislik giderleri gibi santralin ilk kurulumundaki tüm enerji teknolojilerinin satın alınması ve kurulması maliyetlerini içermektedir.

İlk yatırım maliyetinin çok yüksek olması yatırımın finanse edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, böyle bir durumda, yatırımın geri dönüş süresi uzayacağı için, yatırımcıların isteksiz davranması beklenmektedir. Bu yüzden, ilk yatırım maliyeti temel ekonomik göstergelerin başında gelmektedir.

(K2.2) İşletme ve Bakım Maliyeti: Santralin enerji üretmeye başlaması ile oluşan değişken maliyetleri ve santralin bakım-onarım giderlerini ifade etmektedir. Genellikle, üretiminde karmaşık teknolojilerin kullanıldığı santrallerin işletme ve bakım maliyetleri yüksek olmaktadır. Yatırımcılar, işletme ve bakım maliyetleri yüksek projelere daha mesafeli durmaktadır. Bu yüzden, kurulacak santrallerde işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması tercih edilmektedir.

(K2.3) Elektrik Üretim Maliyeti: Santralin ömrü boyunca ortaya çıkan maliyetlerin yine santralin ömrü boyunca ürettiği elektriğe (kW/saat türünden) bölünmesi ile elde edilen ekonomik bir göstergedir. Elektrik üretim maliyeti, enerji tesisi düzeyindeki maliyetleri içermektedir. Bu yüzden, iletim ve dağıtım maliyetlerini içermemektedir. Elektrik üretim maliyetinin düşük olması, enerji santralının kârını artıracak gibi rekabet gücünü de artırmaktadır. Bu yüzden, kurulacak enerji santrallerinde enerji üretim maliyetinin düşük olması istenilen bir özelliktir.

(K2.4) Pazar Büyüklüğü: Kurulacak enerji santralının ekonomik hedefine ulaşabilmesi için yurt içi ve yurt dışı yenilenebilir enerji potansiyelleri ve teknolojileri iyi bir şekilde değerlendirilmelidir. Çünkü rekabetin sağlanabilmesi açısından yenilenebilir enerji teknolojilerinin pazar büyüklükleri oldukça önemlidir. Yatırım yapılacak enerji santrallerinde pazar büyüklüğünün fazla olması aranan bir özelliktir.

(K2.5) Ülke Ekonomisindeki Önemi: Kurulan enerji santralının, enerji üretimi, istihdam yaratma, teknolojik gelişmeye katkı sağlama ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma gibi faktörlerle ülke ekonomisine sağladığı katkıyı ifade etmektedir. Enerji santralleri hem yerel hem de ulusal istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Çünkü, enerji yatırımları üretimden dağıtıma kadar tüm tedarik zinciri boyunca iş yaratmaktadır. Bu yüzden, ülke çapında da

istihdamı artırıcı etki doğurmaktadır. Diğer taraftan, enerji santralleri için gerekli olan teknolojinin ülke içinde üretilmeye başlanması, teknolojiye dışa bağımlılığın azaltılmasında etkili olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, enerji santralleri, enerji üretimi, istihdam yaratma, teknolojik gelişmeye katkı sağlama ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma gibi konularda ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

(K2.6) Yerel Ekonomiye Katkısı: Yenilenebilir enerji santralleri hem yerelde hem de ülke genelinde enerji talebinin karşılanmasında rol oynamaktadır. Ayrıca, enerji santralleri hem yerel hem de ulusal istihdamı artırıcı etkiye sahiptir. Diğer taraftan enerji yatırımları, üretimden dağıtıma kadar tüm tedarik zinciri boyunca iş yaratmaktadır. Gerekli olan iş gücünün yakın coğrafyalardan sağlanması ise yerel ekonomiye katkı sağlamaktadır.

(K2.7) Enerji Üretiminin Devamlılığı: Enerji santralının istikrarlı bir şekilde enerji üretmesini ifade etmektedir. Enerji arz güvenliğine etkisini belirten bir alt kriterdir. Rezerv miktarının az olması veya istikrarlı olmaması, santral kurulum yerinin doğru seçilememesi ve iyi planlanmayan projeler üretimde aksaklıklara neden olacak; bu ise bu ise hem istikrarın bozulmasına hem de kâr oranlarının düşmesine neden olacaktır. Bu yüzden, enerji üretimi istikrarlı olmayan enerji kaynaklarına yatırım yapılması uygun olmayacaktır.

(K2.8) Yatırımın Geri Dönüş Süresi: Kurulan bir enerji santralının kurulum sonrasında elde edilen gelir ile yatırım bedelini geri kazandığı toplam süreyi ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile, yatırımdan elde edilen yıllık net nakit akışlarının kümülatif toplamının ilk yatırım tutarına eşitlendiği yılı göstermektedir. Yatırımların değerlendirilmesinde dikkat edilen en önemli ekonomik kriterler arasında yer almaktadır. Aynı miktarda getiri sağlayan yatırımlardan geri dönüş süresi daha kısa olanı yatırımcı açısından daha fazla tercih edilenidir.

(K3.1) Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık: Hem enerji kaynakları hem de kurulum teknolojileri açısından dışa bağımlılığın azaltılmasını ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması, enerjide dışa bağımlılığı azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, üretimde kullanılan teknolojinin tamamen ithal edilmesi durumunda teknolojiye dışa

bağımlılık artacaktır. Bu yüzden, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında yerli enerji kaynaklarına yerli teknolojilerle yatırım yapılması oldukça önem arz etmektedir.

(K3.2) Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk: Yatırım yapılacak projelerin hem siyasi politikalarla hem de yasal prosedürle uyumluluk içinde olması gerekmektedir. Yasalara uygun olmayan yatırımlar birçok engelle karşılaşmaktadır. Böyle bir durumda, yatırımların devam ettirilmesi oldukça güçleşecektir. Diğer taraftan, yasalarla uyum içerisinde yapılan yatırımlar daha sorunsuz tamamlanarak kısa bir süre içerisinde üretime başlayabilecektir. Bu çerçevede değerlendirildiğinde; kurulması planlanan enerji santrallerinin siyasi ve yasal durumla uyumlu olması projenin sağlığı için oldukça önemlidir.

(K3.3) Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk: Ulusal Enerji politikaları, ülkenin enerji alanında izleyeceği politikaları ifade etmektedir. Ülkelerin sahip oldukları yer altı ve yer üstü kaynaklarının yanında, sahip olmadıkları kaynaklar da ulusal enerji politikalarının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Uzun vadeli ulusal enerji politikalarına uygun yatırım yapmak, projeleri ani strateji değişikliklerinden korumaktadır. Aksi bir durumda, yatırımların yarım kalması veya maliyetlerinin artması sorunları gündeme gelebilmektedir. Bu yüzden, yatırım yapılacak enerji kaynaklarının ve kurulacak enerji santrallerinin ulusal enerji politikasıyla uyumlu olması gerekmektedir.

(K3.4) Mali Destek ve Teşvik Mekanizması: Enerji yatırımlarında sağlanan mali destek ve teşvik mekanizmasını ifade etmektedir. Vergi indirimi, faiz desteği, gümrük vergisi muafiyeti, yer tahsisi ve satın alma garantisi gibi uygulamalar bu kriter altında değerlendirilmektedir. Belirli bir alanda verilen teşvikler, yatırımcıların ilgisini çekmekte ve yatırım yapma isteklerini artırmaktadır. Bu çerçevede, yenilenebilir enerji santralleri için hükümet tarafından teşvik verilmesi, yatırımcıları bu alana ilgi duymasını sağlayarak yatırımları artıracaktır.

(K4.1) Sosyal Kabul Edilebilirlik: Kurulacak enerji santralinin toplum tarafından kabul edilmesini ifade etmektedir. Sosyal kabul edilebilirlik,

özellikle projenin tamamlanma süresini etkilemektedir. Gürültü kirliliği, çevre kirliliği ve katı atık gibi sorunlar sosyal kabul edilebilirliği düşürürken; projenin istihdam yaratma kapasitesi ve yatırım sürecindeki şeffaflık ve objektiflik ise sosyal kabul edilebilirliği artırmaktadır. Sonuç olarak, sosyal kabul edilebilirlik toplumun anlayış seviyesinin bir göstergesidir.

(K4.2) İş Yaratma: Kurulacak enerji santralinin hem yerel hem de ulusal istihdam yaratma potansiyelini ifade etmektedir. Yerel istihdam olanaklarını artıran enerji santralleri halkın yaşam kalitesini artıracak için; bu tür santrallerin sosyal kabul edilebilirliği de artırmaktadır. Diğer taraftan, enerji yatırımları üretimden dağıtıma kadar tüm tedarik zinciri boyunca iş yaratmaktadır. Bu yüzden, ülke çapında da istihdamı artırıcı etki doğurmaktadır.

(K5.1) Sera Gazı Emisyonu: Yenilenebilir enerji kaynakları sera gazı emisyonunu azaltmada önemli rol oynayan enerji kaynaklarıdır. Bu kriter ise yenilenebilir enerji kaynaklarının sera gazı emisyonunu azaltma yönünü ifade etmektedir. Bu kriter, sera gazı emisyonunun azaltılmasında en fazla katkıyı sağlayacak enerji kaynağını tespit etmek için kullanılmıştır.

(K5.2) İklim Değişikliği Üzerine Etkisi: Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kaynakların aksine doğa dostu kaynaklardır. Bu kriter, yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliğini azaltma yönünü ifade etmektedir ve buna en fazla katkıyı yapacak enerji kaynağını tespit etmek için kullanılmıştır.

(K5.3) Arazi Kullanım Gereksinimi: Enerji santrallerinin kurulması için ihtiyaç duyulan arazi büyüklüğünü ifade etmektedir. Arazi gereksinimi fazla olan enerji santralleri hem daha fazla maliyete hem de daha fazla arazi işgaline neden olacaktır. Özellikle güneş enerji santrallerinin kurulması için geniş araziye ihtiyaç duyulmaktadır. Santralin kurulacağı arazinin doğru seçilmesi hem verimli tarım arazilerin tahrip edilmemesi hem de verimin artırılması için önemlidir.

(K5.4) Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi: Kurulacak enerji santralinin katı atık meydana getirmesini ve atıkları arıtma gereksinimini ifade etmektedir. Katı atıkların arıtılması hem iş yükünün hem de maliyetlerin artmasına neden

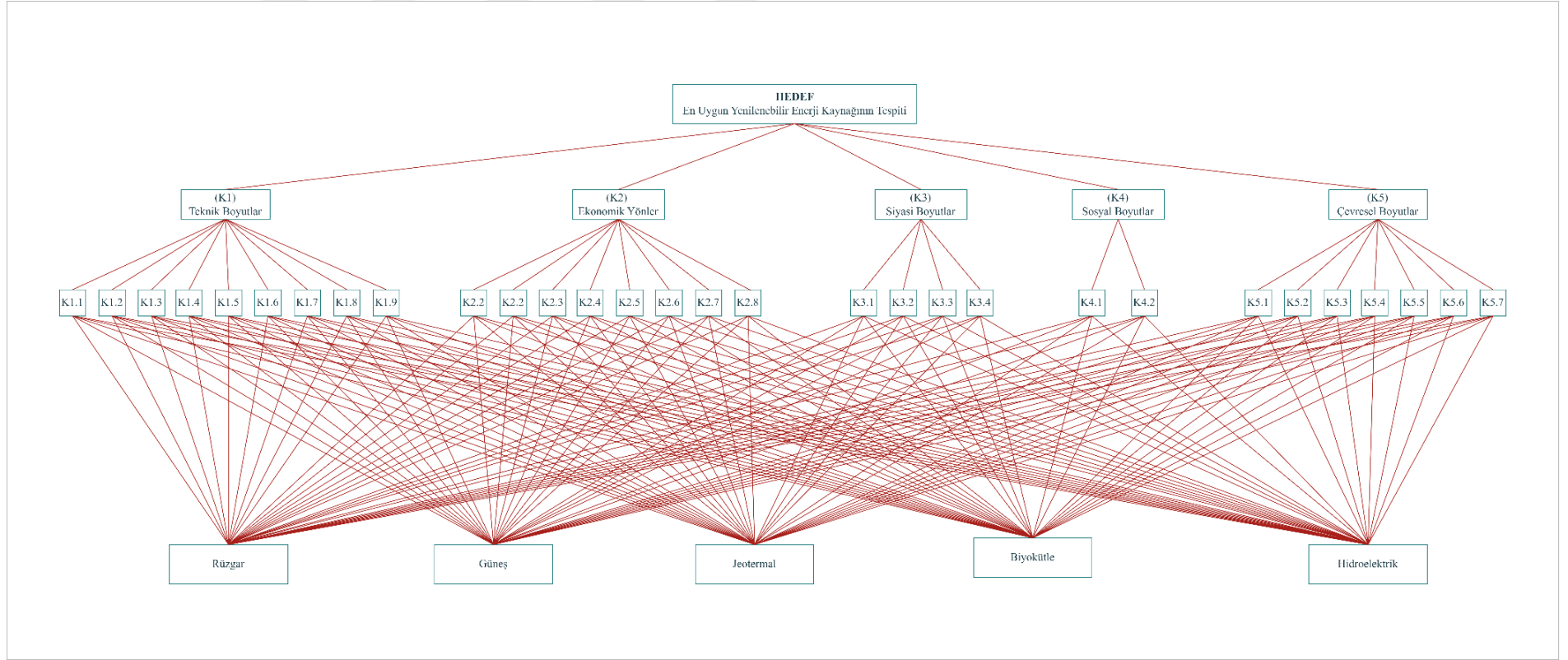
olmaktadır. Bu durum ise santralin kârlılık oranının düşmesine neden olacaktır. Atıkların arıtılmadığı durumda ise enerji santrali çevre kirliliğine yol açacaktır. Katı atık ve arıtım gereksinimi, jeotermal ve biyokütle gibi enerji santrallerinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

(K5.5) Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi: Kurulacak enerji santrallerinin ekosistem, tarım alanları ve su üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğa dostu olarak bilinmektedir. Ancak, bu santrallerin doğru şartlar altında ve doğru coğrafyada kurulması gerekmektedir. Örneğin, güneş enerji santralleri için verimli tarım arazileri tahrip edilmemeli veya kanatlı hayvanların göç yoluna rüzgâr santralleri kurulmamalıdır. Bu nedenlerden dolayı, enerji projelerinde ekosistemle uyumlu, tarım alanlarına ve su kaynaklarına zarar vermeyecek enerji kaynakları tercih edilmektedir.

(K5.6) Gürültü: Enerji santrallerinin kurulum veya işletme sırasında ortaya çıkan istenmeyen rahatsız edici sesleri ifade etmektedir. Gürültü kirliliğine neden olan santraller hem doğal yaşamın bozulmasına hem de sosyal çevrenin rahatsız olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, gürültüye neden olan santrallerin sosyal kabul edilebilirliği düşük olmaktadır. Yine de enerji santrallerin kurulum aşamasında, rüzgâr enerji santrallerinin çalışması sırasında veya jeotermal enerji santrallerinde sondaj sırasında gürültü meydana gelebilmektedir.

(K5.7) Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği: Kurulması planlanan enerji santrallerinde kullanılacak enerji kaynaklarının sürdürülebilir ve öngörülebilir olmasını ifade etmektedir. Üretimde sürdürülebilir ve öngörülebilir kaynakların kullanılmaması yatırım planlarında aksaklığa neden olmaktadır. Bu durum projelerde istikrarsızlığa neden olacaktır. Bu yüzden, enerji projelerinin değerlendirilmesinde enerji kaynaklarının uzun vadedeki potansiyelleri ve kaynakların sürdürülebilirliği önemli bir kriterdir.

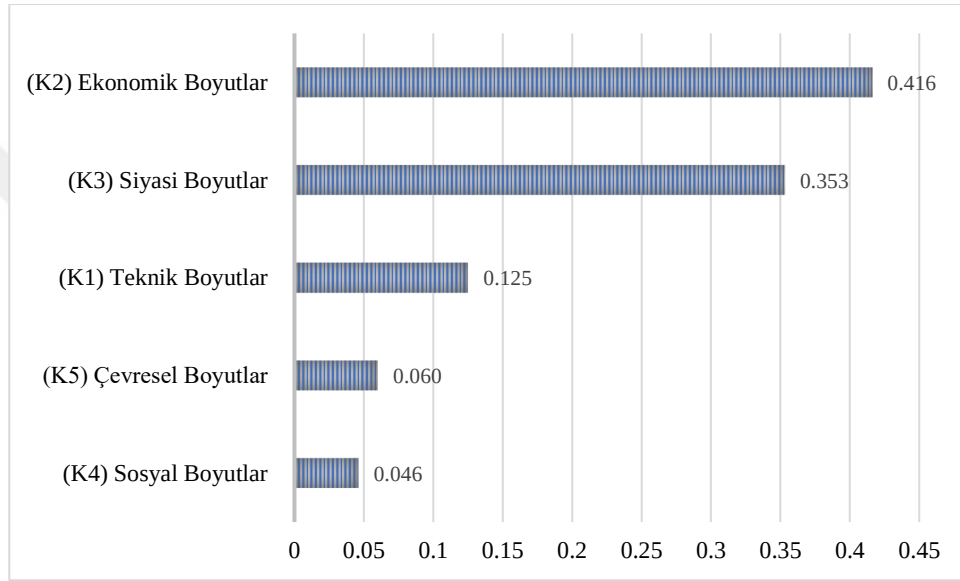
Çalışmada kullanılan kriterlerin belirlenmesinden sonra, Bulanık AHP yönteminin hiyerarşik yapısı Şekil 27’de gösterilmiştir. Sonraki aşamada ise kriterlerin ağırlıkları belirlenecek ve önem sıralaması yapılacaktır.



Şekil 27: Alternatif, Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Analitik Gösterimi

3.3.2. Kriterlerin Ağırlıkları ve Önem Sıralaması

Yenilenebilir enerji kaynaklarının performanslarının tespit edilmesi için, ana kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmada kullanılan ana kriterler ve alt kriterler için oluşturulmuş matrisler [EK 4](#)'te verilmiştir. Bu matrisler sonucunda oluşturulan ana kriterlerin ağırlıkları ve bunlara göre oluşturulmuş önem sıralaması Şekil 28'de gösterilmektedir.



Şekil 28: Ana Kriterlerin Ağırlıkları ve Önem Sıralaması

Şekilde ana kriterlerin ağırlıkları ve bunlara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buradan hareketle, ana kriterlerin sıralaması $K2 > K3 > K1 > K5 > K4$ şeklindedir.

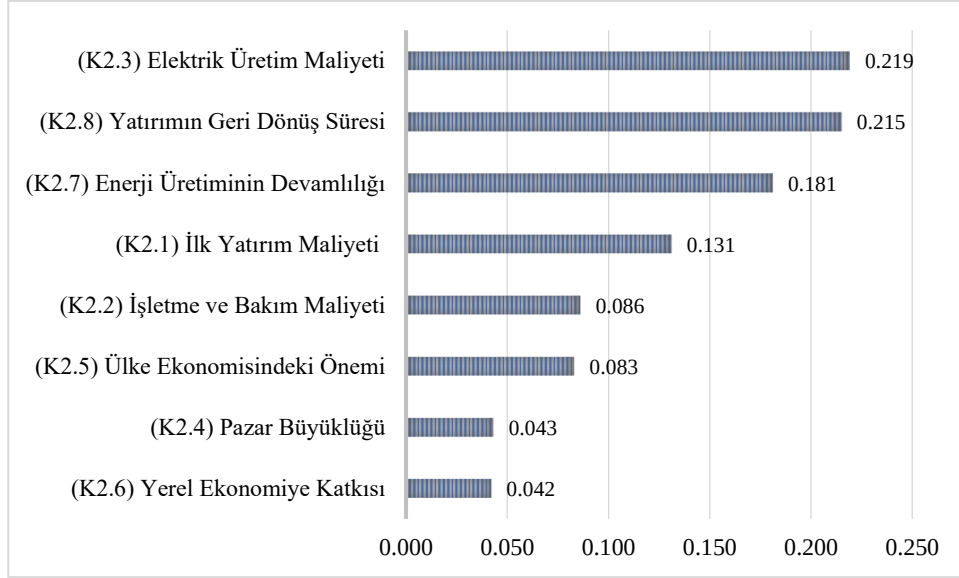
Çalışmada kullanılan 5 ana kriter içerisindeki ağırlığı en yüksek ana kriterin, 0,416 ağırlık katsayısı ile Ekonomik Boyutlar (K2) olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, ekonomik boyutlar enerji kaynağı seçiminde en önemli kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir enerji kaynağına yatırım yapılacağına bakılacak ilk unsurlar arasında, yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet kalemlerinin yanı sıra, ekonomiye katkı, yatırımın geri dönüş süresi gibi diğer ekonomik göstergelerin bulunduğu göz önünde bulundurulursa; ekonomik boyutların en yüksek ağırlığa sahip olması yerinde bir tespit olmaktadır.

Ana kriterler içerisindeki ikinci en yüksek ağırlığa sahip olan ana kriter, 0,353 ağırlık katsayısı ile Siyasi Boyutlar (K3)'dır. Bu sonuç; yabancı firmalara bağımlılık, enerji politikalarıyla uyumluluk, teşvik ve mali destek gibi siyasi konuların Türkiye'de enerji yatırımlarında önemli bir yere sahip olduğunun göstergesidir. Çalışmamızın amaçlarından birinin de uygun enerji kaynağının tespiti ile enerjide dışa bağımlılığın azaltılması olduğu düşünüldüğünde; bu sonucun çalışmamızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Siyasi boyutlardan sonra en yüksek ağırlığa sahip olan ana kriter, 0,125 ağırlık katsayısı ile Teknik Boyutlar (K1)'dir. Verimlilik, rezerv miktarı, tesisin teslim ve hizmet süreleri gibi teknik boyutları ifade eden bu ana kriter, tüm ana kriterler içerisinde ağırlığı en yüksek üçüncü kriter olarak tespit edilmiştir.

Çevresel Boyutlar (K5), çalışmada kullanılan 5 ana kriter içerisinde 0,06 ağırlık katsayısı ile dördüncü sırada yer almaktadır. Enerji yatırımlarında sera gazı emisyonunu, iklim değişikliğini, katı atık sorununu ve ekosistem üzerindeki etkileri ifade eden çevresel boyutların önemi tartışılmazdır. Ancak, yapılan çalışma, Türkiye'deki enerji yatırımlarında çevresel boyutların öneminin düşük kaldığını göstermektedir.

Sosyal Boyutlar (K4), çalışmada kullanılan 5 ana kriter içerisinde 0,046 ağırlık katsayısı ile son sırada yer almaktadır. Sosyal kabul edilebilirliği ve iş yaratma kapasitesini ifade eden sosyal boyutlar kriteri, en düşük ağırlığa sahip ana kriter olarak tespit edilmiştir. Sosyal ve çevresel boyutların diğer ana kriterlerden daha düşük ağırlığa sahip olması, Türkiye'deki enerji yatırımlarında ekonomik ve siyasi boyutlara öncelik verilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 29: Ekonomik Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması

Şekil 29’da Ekonomik Boyutlar (K2) ana kriterinin alt kriterleri, bu alt kriterlerin ağırlıkları ve bunlara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buna göre, Ekonomi Boyutlar kriterlerin sıralaması $K2.3 > K2.8 > K2.7 > K2.1 > K2.2 > K2.5 > K2.4 > K2.6$ şeklindedir.

Şekilde de görüldüğü üzere; en yüksek ağırlığa sahip alt kriter, 0,219 ile Elektrik Üretim Maliyetidir (K2.3). Enerji santralının, ekonomik ömrü boyunca elektrik üretmeye devam edecek olması, elektrik üretim maliyeti kriterinin önem derecesini artırmaktadır. Elektrik üretim maliyetinin düşük olması ise yatırım yapılacak enerji santrallerinde aranan bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Yatırımın Geri Dönüş Süresi (K2.8), 0,215 ile ağırlığı en yüksek ikinci alt kriter olarak tespit edilmiştir. Yatırımın geri dönüş süresinin kısılması enerji yatırımlarında istenilen bir özelliktir. Kriterlerin ağırlık verilerine bakıldığında; bu iki alt kriterin ağırlıklarının çok yakın olduğu görülmektedir. Bu da elektrik üretim maliyetini ve yatırımın geri dönüş süresini diğer alt kriterlere göre daha önemli kılmaktadır.

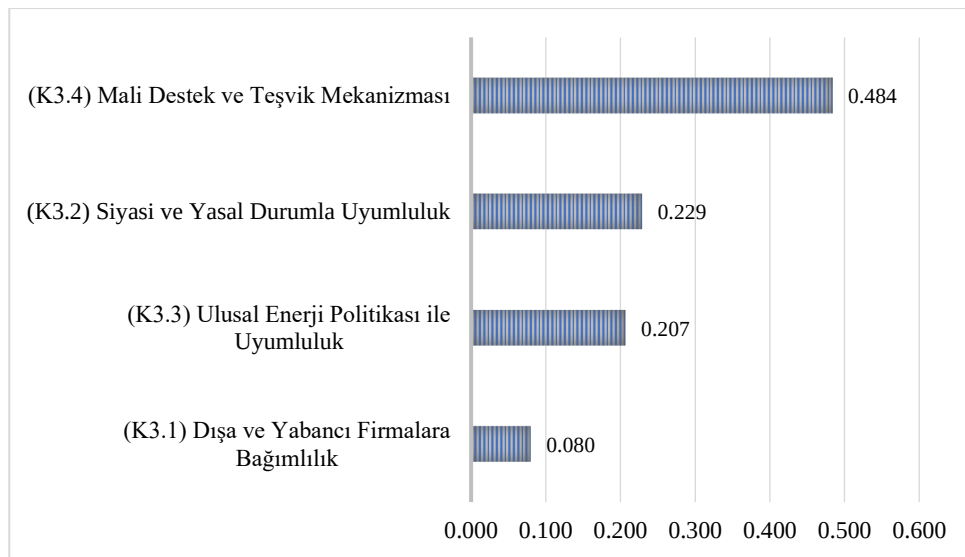
Enerji Üretim Devamlılığı (K2.7), 0,181 ile bu kategorideki en yüksek üçüncü ağırlığa sahip alt kriter olma özelliğini taşımaktadır. Enerji üretiminin devamlılığı; enerji üretiminin ekonomik olarak sürdürülebilir olması ve

kaynakların sürdürülebilir olması ile yakından ilgilidir. Enerji yatırımlarında devamlılık önemlidir ve bu kriterin ağırlığı da bunu destekler niteliktedir.

İlk yatırım maliyetleri, enerji yatırımlarında ekonomik olarak dikkat edilecek bir diğer kriterdir. İlk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması girişimciler tarafından istenilen bir durum olmayıp yatırımda isteksizliğe neden olmaktadır. Çalışmamızın sonuçlarına göre, İlk Yatırım Maliyetleri (K2.1), 0,131 ağırlık katsayısı ile bu kategorideki en önemli dördüncü kriter olma özelliğini taşımaktadır.

İşletme Bakım Maliyetleri (K2.2), 0,086 ağırlık katsayısı ile bu kategorideki en önemli beşinci alt kriterdir. İlk yatırım maliyetlerinde olduğu gibi; işletme ve bakım maliyetleri de enerji yatırımlarında dikkat edilecek önemli konulardan biridir.

Enerji Kaynağının Ülke Ekonomisindeki Yeri (K2.5), 0,083 ağırlık katsayısı ile bu kategorideki en önemli altıncı alt kriterdir. Şekil 29'a bakılırsa; K2.2 ve K2.5 alt kriterlerinin yaklaşık olarak aynı ağırlığa sahip olduğu gözlemlenmektedir. Pazar Büyüklüğü (K2.4) ve Enerji Kaynağının Yerel Ekonomiye Katkısı (K2.6) alt kriterlerinin ağırlıkları, sırasıyla, 0,043 ve 0,042 şeklindedir. K2.4 ve K2.6 alt kriterlerinin de yaklaşık olarak aynı sahip olduğu gözlemlenmiştir.



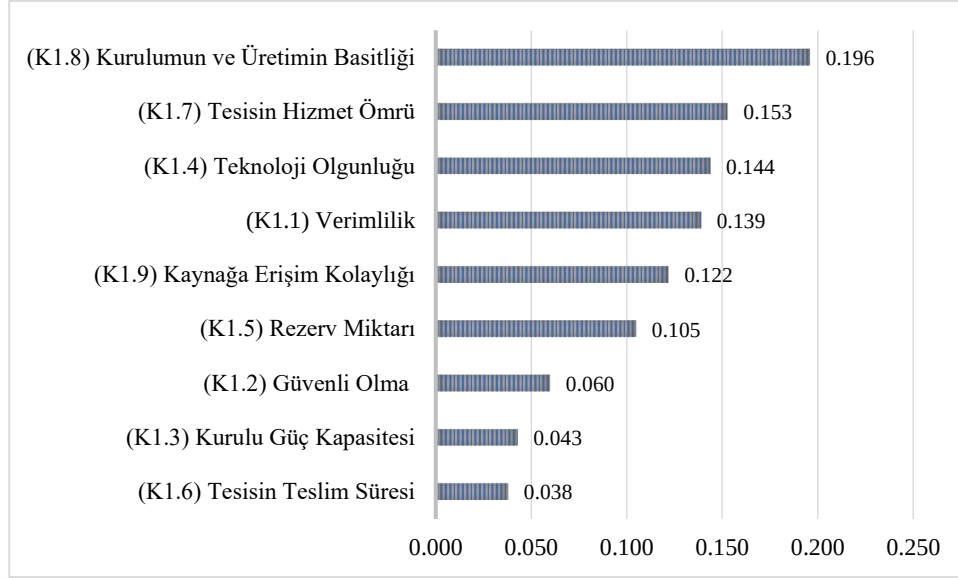
Şekil 30: Siyasi Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması

Şekil 30’da, Siyasi Boyutlar (K3) ana kriterinin alt kriterleri, bu alt kriterlerin ağırlıkları ve bu ağırlıklara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buna göre, ana kriterlerin sıralaması $K3.4 > K3.2 > K3.3 > K3.1$ şeklindedir.

Şekilde görüldüğü üzere; bu kategorideki ağırlık katsayısı en yüksek olan alt kriter, 0,484 ile Mali Destek ve Teşvik Mekanizması (K3.4)’dır. Enerji yatırımları çok fazla sermaye gerektirdiği için, bu yatırımların devlet tarafından teşvik edilmesi ve çeşitli şekillerle desteklenmesi gerekmektedir. Teşviklerden yararlanamayan girişimciler çok fazla sermaye gerektiren bu tür enerji yatırımlarında isteksiz davranabilirler. Çeşitli destek ve teşviklerle sermaye sahiplerinin enerji yatırımlarına yönlendirilmesi bu alt kriterin önemini artırmaktadır.

Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk (K3.2), 0,229 ağırlık katsayısı ile bu kategorinin en önemli ikinci alt kriteridir. Ulusal Enerji Politikaları ile Uyumluluk (K3.3) ise 0,207 ağırlık katsayısı ile bu kategorinin en önemli üçüncü alt kriteridir. Enerji yatırımlarının siyasi ve yasal durumla ve ulusal enerji politikalarıyla uyum içerisinde olması gerekmektedir. Aksi halde, yatırımların başarısız olması ihtimal dâhilindedir.

Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık (K3.1), 0,080 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin sonuncu alt kriteridir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için yerli enerji kaynaklarına yönelirken; gerekli teknoloji ithal edilirse; ithalat kaleminin içeriği değişmiş; ancak dışa bağımlılık değişmemiş olacaktır. Bu bağlamda, enerji yatırımlarından optimum seviyede yararlanabilmek için; gerek duyulan teknolojinin ithal edilmemesi ve gerekli teknolojik altyapının geliştirmesi gerekmektedir.



Şekil 31: Teknik Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması

Şekil 31’de, Teknik Boyutlar (K1) ana kriterinin alt kriterleri, bu alt kriterlerin ağırlıkları ve bu ağırlıklara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buna göre, ana kriterlerin sıralaması $K1.8 > K1.7 > K1.4 > K1.1 > K1.9 > K1.5 > K1.2 > K1.3 > K1.6$ şeklindedir.

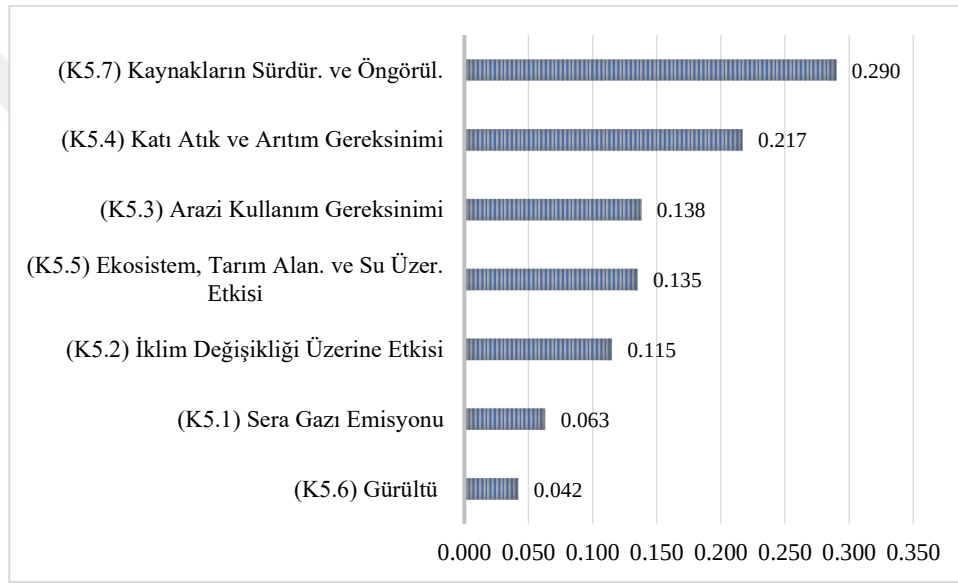
Kurulumun ve Üretimin Basitliği (K1.8), 0,196 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin en önemli alt kriteridir. Çünkü, enerji santrallerinin kurulumunun ve enerji üretiminin basitliği enerji yatırımlarında aranan önemli teknik özelliklerdendir. Enerji santrallerinin kurulum süreci karmaşık teknolojik süreçler içermekte olup doğru planlama, yönetim ve işleyiş gerektirmektedir. Bu nedenle, basit bir kurulum süreci, enerji santrallerinin daha hızlı işletmeye alınmasını ve enerji üretimine başlamasını sağlayarak, yatırımcıların yatırım getirilerini artırmaktadır.

Tesisin hizmet ömrünün uzun olması, enerji santralinin uzun yıllar faaliyette olmasına imkân tanıyacak ve böylece de söz konusu santralden daha fazla kâr elde edilmesini sağlayacaktır. Bu yüzden, Tesisin Hizmet Ömrü (K1.7), 0,153 ağırlık katsayısıyla bu kategorideki en önemli ikinci alt kriter olma özelliğini taşımaktadır.

Teknoloji olgunluğu, santralin kurulum düşüncesinden faaliyete girmesine kadar olan süreçteki tüm teknolojik çalışmaları ifade etmektedir. Teknoloji

Olgunluğu (K1.4), 0,144 ağırlık katsayısıyla bu kategorideki en önemli üçüncü alt kriterdir. Enerji yatırımlarında, ülkenin yeterli teknoloji olgunluğuna sahip olması teknolojiye dışa bağımlılığı azaltmak için oldukça önemlidir.

Herhangi bir yatırım yapılırken incelenecek faktörlerden biri de verimliliklerdir. Verimliliğin artması kârlılığı artıracaktır. Enerji yatırımları yüksek sermaye gerektirdiği için; verimliliğe özellikle dikkat edilmektedir. Verimlilik (K1.1) ise 0,139 ağırlık katsayısıyla bu kategorideki dördüncü en önemli alt kriter olarak belirlenmiştir.



Şekil 32: Çevresel Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması

Şekil 32’de, Çevresel Boyutlar (K5) ana kriterinin alt kriterleri, bu alt kriterlerin ağırlıkları ve bu ağırlıklara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buna göre, ana kriterlerin sıralaması $K5.7 > K5.4 > K5.3 > K5.5 > K5.2 > K5.1 > K5.6$ şeklindedir.

Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği (K5.7), 0,290 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin en önemli alt kriteridir. Çünkü, enerji santrallerinde sürekli üretimin yapılabilmesi için kaynakların sürdürülebilirliği oldukça önemlidir. Buna ek olarak, yenilenebilir enerji santrallerinde enerji üretimi

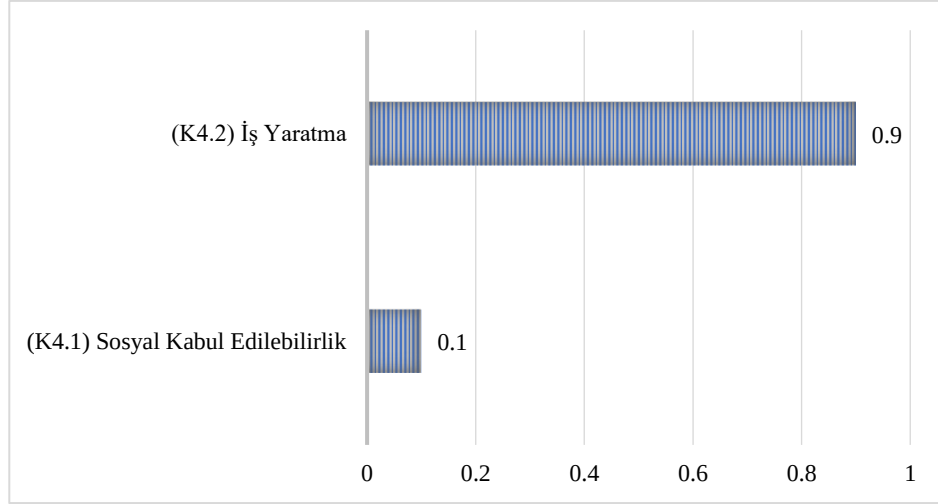
çoğunlukla doğa olaylarına bağlı olduğu için; kaynakların sürdürülebilirliği yanında öngörülebilirliği de büyük önem arz etmektedir.

Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi (K5.4), 0,217 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin ikinci en önemli alt kriteridir. Bu alt kriter, özellikle jeotermal enerji santralleri için önemlidir. Yer altından çıkarılan ve enerjisinden yararlanılan sıcak su atık suya dönüşmektedir. Bu atık suyu geri dönüştürmek santral için ek maliyet oluşturmaktadır.

Arazi Kullanım Gereksinimi (K5.3) ise 0,138 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin üçüncü en önemli alt kriteridir. Kurulacak enerji santrallerinin arazi ihtiyacının az olması aranan özellikler arasındadır. Çünkü, kurulacak enerji santralinin arazi ihtiyacı arttıkça ilk yatırım maliyeti de artacaktır. Özellikle santrallerin kurulacağı alanlar verimli tarım toprakları ile kesişiyorsa arazi ihtiyacı az olan enerji santralleri tercih edilmelidir.

Bu kategorideki diğer alt kriterlerden Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi (K5.5), İklim Değişikliği Üzerine Etkisi (K5.2) ve Sera Gazı Emisyonu (K5.1) alt kriterlerinin ağırlıkları sırasıyla, 0,135, 0,115 ve 0,063 olarak tespit edilmiştir. Günümüzde enerji santrallerinin kurulum kararı verilirken; 19. yüzyılda olduğu gibi sadece enerji üretimine değil enerji kaynaklarının sürdürülebilir olmasına ve çevreye zarar vermemesine de dikkat edilmektedir. Bu yüzden, (K5.1), (K5.2) ve (K5.5) alt kriterleri de enerji yatırımlarında dikkat edilen kriterler arasında yer almaktadır.

Gürültü (K5.6) 0,042 ile bu kategorideki en düşük ağırlık katsayısına sahip alt kriterdir. Özellikle rüzgâr enerjisi santralleri (RES), mekanik ve aerodinamik gürültüye neden olmaktadır. Yerleşim yerlerine yakın bölgelerde kurulan RES'lerin, insanları; yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde kurulan RES'lerin ise hayvanları rahatsızlık ettikleri belirtilmektedir. Ancak, gürültü alt kriteri, enerji kaynakların seçiminde dikkat edilecek tüm alt kriterler arasında da ağırlık katsayısı en düşük alt kriter olarak tespit edilmiştir.



Şekil 33: Sosyal Boyutlar Alt Kriterlerinin Önem Sıralaması

Şekil 33’te, Sosyal Boyutlar (K4) ana kriterinin alt kriterleri, bu alt kriterlerin ağırlıkları ve bu ağırlıklara göre oluşturulmuş önem sıralaması gösterilmektedir. Buna göre, ana kriterlerin sıralaması $K4.2 > K4.1$ şeklindedir.

Enerji yatırımlarının İş Yaratma Kapasitesi, 0,9 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin en önemli alt kriteri olarak belirlenirken; Sosyal Kabul Edilebilirlik, 0,1 ağırlık katsayısıyla bu kategorinin en düşük öneme sahip alt kriteri olarak belirlenmiştir. Enerji sektörü; ekonomik büyüme ve istihdam yaratma açısından önemli bir sektördür. Bu nedenle, enerji yatırımlarının iş yaratma kapasitesi bu yatırımların değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir. Enerji yatırımları, doğrudan ve dolaylı olarak birçok iş imkânı yaratmaktadır. Enerji üretim tesisleri; inşaat, bakım, onarım, lojistik ve yönetim gibi birçok sektörde istihdam sağlamaktadır.

Sosyal kabul edilebilirlik ise enerji yatırımlarının toplum tarafından kabul edilebilir olup olmadığına odaklanan bir kriterdir. Enerji yatırımları; doğal kaynakların kullanımı, çevre kirliliği ve diğer faktörler nedeniyle toplumda bazı endişeler yaratabilmektedir. Bu nedenle, enerji yatırımlarının sosyal kabul edilebilirliği; toplumsal farkındalık, katılım ve etkileşim gibi faktörleri de dikkate alarak değerlendirilmelidir. Sosyal kabul edilebilirliğin, enerji yatırımlarının sürdürülebilirliği ve toplumsal faydaya katkısı açısından önemli olduğu unutulmamalıdır.

Tablo 36: Tüm Ana Kriterlerin ve Alt Kriterlerinin Ağırlıkları ve Tutarlılık Oranları

Ana Kriterler	Ana Kriterlerin Ağırlığı	Alt Kriterler	Tutarlılık Oranı	Alt Kriterlerin Ağırlığı	Alt Kriterlerin Nihai Ağırlığı
(K1) Teknik Boyutlar	0,125	(K1.1) Verimlilik	0,058	0,139	0,017
		(K1.2) Güvenli Olma		0,060	0,008
		(K1.3) Kurulu Güç Kapasitesi		0,043	0,005
		(K1.4) Teknoloji Olgunluğu		0,144	0,018
		(K1.5) Rezerv Miktarı		0,105	0,013
		(K1.6) Tesisin Teslim Süresi		0,038	0,005
		(K1.7) Tesisin Hizmet Ömrü		0,153	0,019
		(K1.8) Kurulumun ve Üretimin Basitliği		0,196	0,025
		(K1.9) Kaynağa Erişim Kolaylığı		0,122	0,015
(K2) Ekonomik Boyutlar	0,416	(K2.1) İlk Yatırım Maliyeti	0,099	0,131	0,054
		(K2.2) İşletme ve Bakım Maliyeti		0,086	0,036
		(K2.3) Elektrik Üretim Maliyeti		0,219	0,091
		(K2.4) Pazar Büyüklüğü		0,043	0,018
		(K2.5) Ülke Ekonomisindeki Önemi		0,083	0,035
		(K2.6) Yerel Ekonomiye Katkısı		0,042	0,017
		(K2.7) Enerji Üretiminin Devamlılığı		0,181	0,075
		(K2.8) Yatırımın Geri Dönüş Süresi		0,215	0,089
(K3) Siyasi Boyutlar	0,353	(K3.1) Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık	0,086	0,080	0,028
		(K3.2) Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk		0,229	0,081
		(K3.3) Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk		0,207	0,073
		(K3.4) Mali Destek ve Teşvik Mekanizması		0,484	0,171
(K4) Sosyal Boyutlar	0,046	(K4.1) Sosyal Kabul Edilebilirlik	0,007	0,100	0,005
		(K4.2) İş Yaratma		0,900	0,041
(K5) Çevresel Boyutları	0,060	(K5.1) Sera Gazı Emisyonu	0,077	0,063	0,004
		(K5.2) İklim Değişikliği Üzerine Etkisi		0,115	0,007
		(K5.3) Arazi Kullanım Gereksinimi		0,138	0,008
		(K5.4) Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi		0,217	0,013
		(K5.5) Ekosistem, Tarım Alan. ve Su Üzer. Etkisi		0,135	0,008
		(K5.6) Gürültü		0,042	0,003
		(K5.7) Kaynakların Sürdür. ve Öngörülebilirliği		0,290	0,017

Tablo 37: Alt Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Yüzdeleri

Alt Kriterler	Nihai Ağırlıklarının Yüzdeleri
(K3.4) Mali Destek ve Teşvik Mekanizması	17,09
(K2.3) Elektrik Üretim Maliyeti	9,11
(K3.2) Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk	8,08
(K2.7) Enerji Üretiminin Devamlılığı	7,53
(K3.3) Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk	7,31
(K2.1) İlk Yatırım Maliyeti	5,45
(K4.2) İş Yaratma	4,14
(K2.2) İşletme ve Bakım Maliyeti	3,58
(K2.5) Ülke Ekonomisindeki Önemi	3,45
(K1.8) Kurulumun ve Üretimin Basitliği	2,45
(K1.9) Kaynağa Erişim Kolaylığı	1,53
(K1.5) Rezerv Miktarı	1,31
(K5.4) Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi	1,30
(K1.3) Kurulu Güç Kapasitesi	0,54
(K1.6) Tesisin Teslim Süresi	0,48
(K4.1) Sosyal Kabul Edilebilirlik	0,46
(K5.1) Sera Gazı Emisyonu	0,38
(K5.6) Gürültü	0,25
(K2.8) Yatırımın Geri Dönüş Süresi	8,94
(K1.7) Tesisin Hizmet Ömrü	1,91
(K3.1) Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık	2,82
(K1.4) Teknoloji Olgunluğu	1,80
(K2.4) Pazar Büyüklüğü	1,79
(K2.6) Yerel Ekonomiye Katkısı	1,75
(K1.1) Verimlilik	1,74
(K5.7) Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği	1,74
(K5.2) İklim Değişikliği Üzerine Etkisi	0,69
(K1.2) Güvenli Olma	0,75
(K5.5) Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi	0,81
(K5.3) Arazi Kullanım Gereksinimi	0,83

Tablo 36’da, tüm ana kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıkları verilirken; Tablo 37’de, alt kriterlerin nihai ağırlıklarının yüzdeleri gösterilmektedir. Söz konusu tablolardan, ekonomik, siyasi ve teknik boyutları ön plana çıkarken; sosyal ve çevresel boyutların geri planda kaldığı görülmektedir. Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi; Türkiye’nin de öncelikli amacı, mal ve hizmet üretimini artırarak ülke GSYİH’sini artırmaktır. Ayrıca, çevre politikalarının gelişmiş ülkelerin seviyesine çıkarılabilmesi için, teşvik ve destek mekanizmalarını artırılması gerekmektedir. Bu ise ülke ekonomisi için ekstra bir maliyeti ifade etmektedir. Bu yüzden, çevresel sorunlar arka planda kalmaktadır.

3.3.3. Enerji Kaynaklarının Kriterlere Göre Performansları

Bu aşamada, daha önce hesaplanmış olan alt kriterlerin ağırlıkları ile matrislerden çıkan ağırlıkların çarpılmasıyla her bir alt kritere göre enerji kaynaklarının ağırlıkları hesaplanmış ve öncelik sıralaması yapılmıştır. Enerji kaynaklarının alt kriterlere göre kıyaslanıp performanslarının tespit edilmesi için oluşturulmuş matrisler [EK 4](#)’te, alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları ise [EK 5](#) ve [EK 6](#)’da verilmiştir. Sonuçların daha anlaşılır olması ve daha kolay kıyaslanabilmesi için EK 4, EK 5 ve EK 6’dan türetilen şekiller aşağıda sunulmaktadır.

Çalışmada kullanılan 5 ana kriterden ilki Teknik Boyutlar (K1)’dir ve 9 alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 34’te gösterilmektedir.



Şekil 34: Teknik Boyutlar (K1) Alt Kriterlerine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Analizin sonuçlarına göre; verimlilik, teknoloji olgunluğu ve tesisin hizmet ömrü kriterlerine göre hidroelektrik; güvenli olma kriterine göre güneş ve biyokütle; kurulu güç kapasitesi, rezerv miktarı, tesisin teslim süresi, kurulumun ve üretimin basitliği kriterlerine göre güneş; kaynağa erişim kolaylığı kriterine göre güneş ve hidroelektrik ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede, hidroelektrik ve güneşin teknik olarak diğer enerji kaynaklarına göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

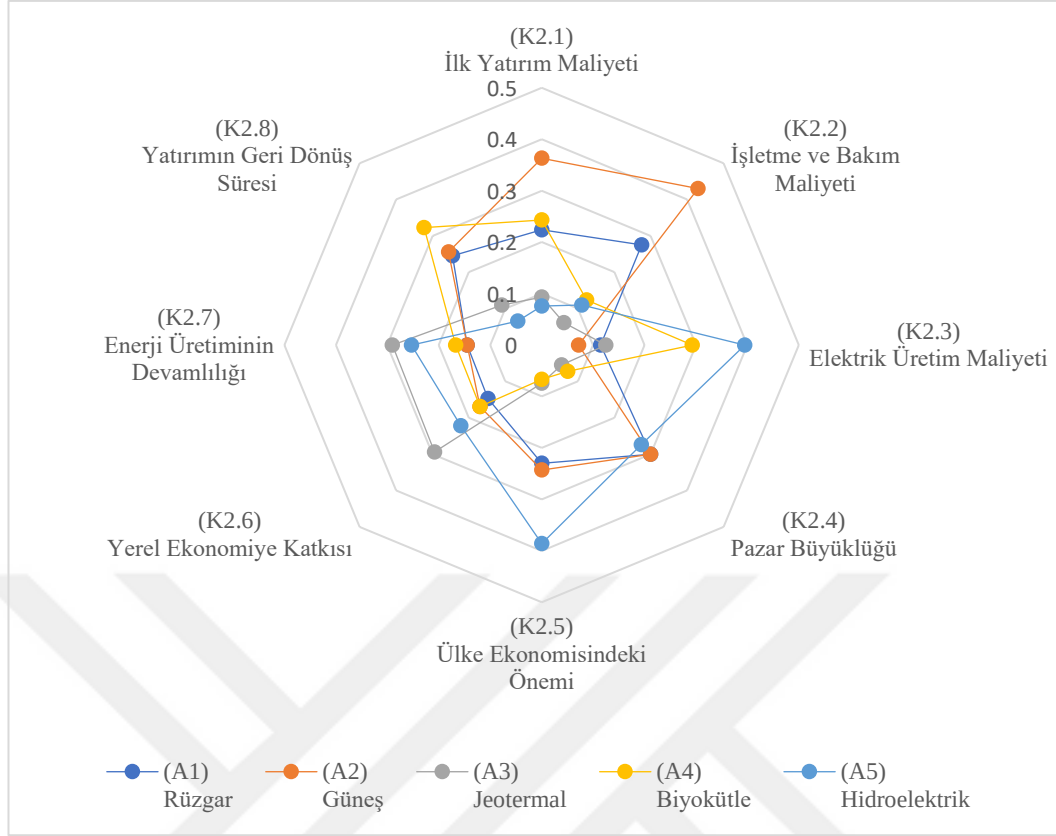
Hidroelektrik santralleri, diğer enerji kaynaklarına göre büyük projelerdir ve bu santraller için çok büyük yatırımlar gerekmektedir. Bu yüzden, tesisin teslim süreleri diğer enerji kaynaklarına göre oldukça uzundur. Ancak, hidroelektrik santrallerinin, yapım süreleri uzun olduğu kadar hizmet ömürleri de uzundur. Hidroelektrik santrallerinin ömürleri yaklaşık 50 yıl olarak kabul edilmektedir. Yapmış olduğumuz analiz sonuçlarına göre de hidroelektrik santralleri tesisin

teslim süresine göre en son sırada yer almaktayken, tesisin hizmet ömrüne göre ilk sırada yer almaktadır. Başka bir şekilde ifade edilirse; söz konusu enerji santrallerinin inşaat ve işletme sürelerinin uzun olması çalışmamızın sonuçlarıyla birebir uyumludur. Hidroelektrik; teknoloji olgunluğu kriterine göre de en avantajlı enerji kaynağı konumundadır. Çünkü, hidroelektrik santrallerinin tarihi diğer enerji santrallerine göre daha eskiye dayanmaktadır. Bu yüzden, söz konusu santrallerin kurulum teknolojisi diğer kaynaklara göre daha fazla olgunlaşmıştır. Yine bu sonuçlar da çalışmamızın sonuçlarıyla bire bir uyumludur.

Güneş enerjisi santralleri; kurulumun ve üretimin basitliği, kurulu güç kapasitesi, tesisin teslim süresi ve rezerv miktarı kriterlerine göre birinci sırada yer almaktadır. Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu diğer enerji santrallerine göre basit ve kısadır. Bu santraller, yaklaşık bir sene gibi kısa bir sürede tamamlanmasına karşın, kurulumda kullanılan teknoloji ithal edilmektedir. Bu yüzden, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu basit; tesisin teslim süresi kısa; ancak teknoloji olgunluğu düşüktür.

Türkiye'nin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2.640 saat; günlük güneşlenme süresi ise 7,2 saattir. Türkiye'nin güneşlenme süresinde avantajı bulunmasına rağmen bunu yeterince değerlendirememektedir. Güneş enerjisinin Türkiye'deki kullanım alanlarına bakıldığında; daha çok seraların ısıtılmasında ve evlerde sıcak suyun sağlanmasında kullanıldığı görülmektedir. Ancak Türkiye'den çok daha az güneşlenme süresine sahip Japonya ve Çin gibi ülkeler güneş enerjisinden çok daha fazla yararlanmaktadır. Söz konusu ülkeler güneş enerjisi kurulu gücü bakımından dünyada ilk üç sırada yer almaktadır (Yılmaz ve Can Öziç, 2018). Özetlersek; Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça avantajlı konumdadır. Çalışmamızda yapılan analize göre de güneş enerjisi, rezerv miktarı bakımından en avantajlı enerji kaynağı olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan 5 ana kriterden ikincisi Ekonomik Boyutlar (K2)'dir ve 8 alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 35'te gösterilmektedir.



Şekil 35: Ekonomik Boyutlar (K2) Alt Kriterlerine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Analizin sonuçlarına göre; ilk yatırım maliyeti ve işletme ve bakım maliyeti kriterlerine göre güneş; elektrik üretim maliyeti ve ülke ekonomisindeki önemi kriterine göre hidroelektrik; pazar büyüklüğüne göre rüzgâr ve güneş; yerel ekonomiye katkı ve enerji üretiminin devamı kriterlerine göre jeotermal; yatırımın geri dönüş süresi kriterine göre ise biyokütle ön plana çıkmaktadır.

Teknik Boyutlara göre yapılan analizden de hatırlanacağı üzere; güneş enerji santralleri kurulumun ve üretimin basitliği kriterine göre de ilk sırada yer almaktadır. Ayrıca, güneş santrallerinin, işletme ve bakım maliyetlerine göre de en avantajlı enerji kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Kurulumun ve üretimin basit olması; ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri yönünden de avantaj sağlamaktadır. Diğer taraftan, güneş enerji santralleri, yeterli güneş ışını alan bölgelere rahatlıkla kurulabilmekte; kurulumu için jeotermal ve hidroelektrik santralleri gibi spesifik bir coğrafyaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu ise güneş enerji santrallerinin pazar payını yükseltmektedir. Analiz sonuçlarına göre de

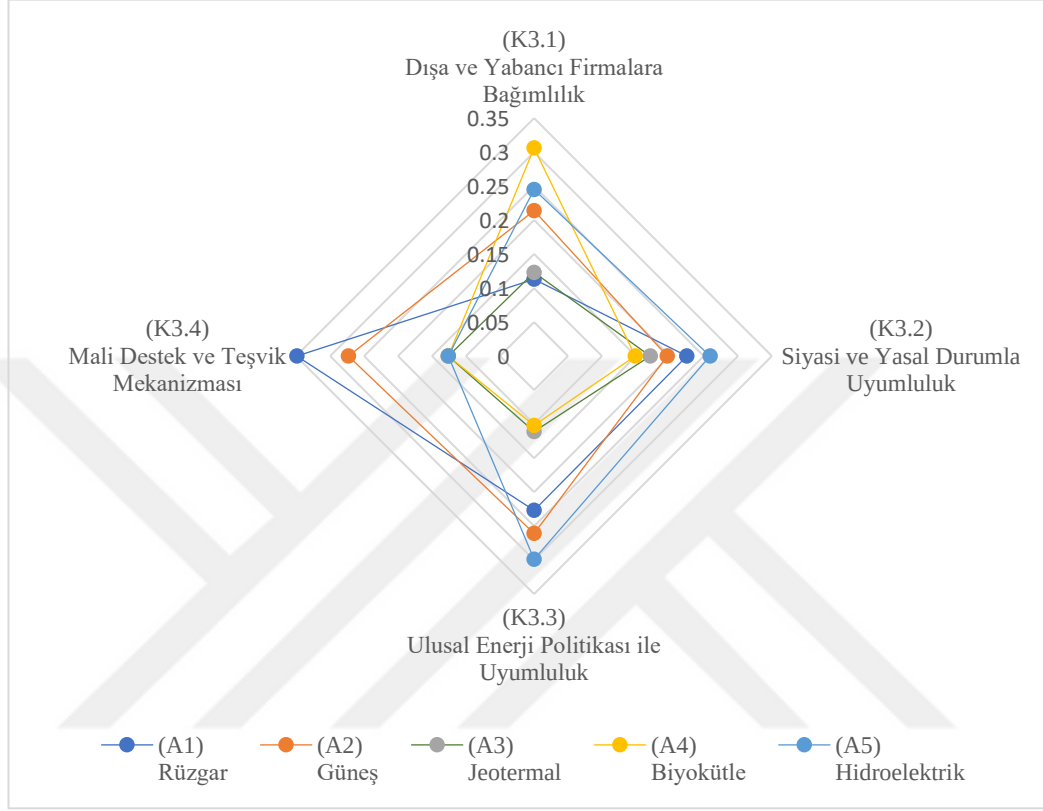
pazar payı bakımından en avantajlı enerji kaynakları güneş ve rüzgârdır. Bu bakımdan, yapılan analizin kendi içinde de tutarlı olduğu görülmektedir.

Elektrik üretim maliyeti kriterine göre en avantajlı enerji kaynağı hidroelektrik olarak tespit edilmiştir. Hidroelektrik santrallerinin, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına karşın hizmet ömrünün uzun olduğu daha önce belirtilmişti. Bu çerçevede, hidroelektrik santrallerinin diğer santrallere göre uzun süre hizmet vermesi ortalama elektrik üretim maliyetini düşürmektedir. Ayrıca, Türkiye’de hidroelektrik santrallerinin tarihi eskilere dayandığı için; bu kaynağın ülke ekonomisindeki önemi diğerlerine göre daha büyüktür. Analizin sonuçları da ülke ekonomisindeki önem kriterine göre en avantajlı enerji kaynağının hidroelektrik olduğunu göstermektedir.

Çalışmada yapılan analize göre, yerel ekonomiye katkı ve enerji üretiminin devamlılığı kriterleri açısından en avantajlı enerji kaynağı jeotermaldir. Yer altından çıkarılan suyun elektrik üretiminde kullanılabilmesi için belirli bir sıcaklığa sahip olması gerekmektedir. Elektrik üretimi için yeterli sıcaklığa sahip olmayan su kaynakları ise evlerin ısıtılması için kullanılmaktadır. Bu yüzden, yerel ekonomiye katkı kriterine göre en avantajlı enerji kaynağının jeotermal olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, yer altındaki suyun uzun süreli kullanılabilmesi ve gece gündüz ayrımının olmaması gibi faktörler enerjide devamlılığı artırmaktadır. Yapılan analizde de enerji üretiminin devamlılığı kriterine göre en avantajlı enerji kaynağı jeotermal olarak tespit edilmiştir.

Yatırımın geri dönüş süresi yatırımların değerlendirilmesinde dikkat edilen en önemli ekonomik kriterler arasında yer almaktadır. Aynı miktarda getiri sağlayan yatırımlardan geri dönüş süresi daha kısa olanı yatırımcı açısından daha fazla tercih edilir. Yatırımın geri dönüş süresi alt kriterine göre, yenilenebilir enerji santrallerinin öncelik sıralaması, biyokütle > güneş > rüzgâr > jeotermal > hidroelektrik şeklindedir. Buna göre, yatırımın geri dönüş süresi en kısa olan enerji santrali biyokütle iken; ikincisi güneştir. Yatırımın geri dönüş süresi en uzun olan enerji santrali ise hidroelektriktir. Hidroelektrik santrallerinin ilk yatırım maliyetlerinin fazla olması yatırımın geri dönüş süresini uzatmaktadır.

Çalışmada kullanılan 5 ana kriterden üçüncüsü Siyasi Boyutlar (K3)'dür ve 4 alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 36'da gösterilmektedir.

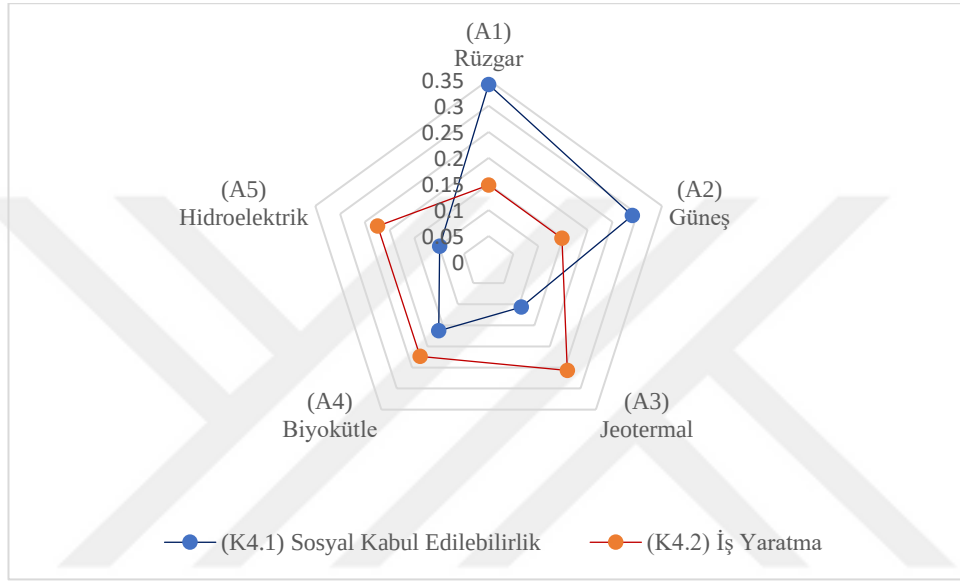


Şekil 36: Siyasi Boyutlar (K3) Alt Kriterlerine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Analizin sonuçlarına göre; dışa ve yabancı firmalara bağımlılık kriteri açısından biyokütle; siyasi ve yasal durumla uyumluluk ve ulusal enerji politikası ile uyumluluk kriterleri açısından hidroelektrik; mali destek ve teşvik kriteri açısından ise rüzgâr ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, ulusal enerji politikasıyla uyumluluk ile mali destek ve teşvik kriterlerine göre öncelik ağırlığı en yüksek ikinci enerji kaynağı güneş olarak tespit edilmiştir. Türkiye; rüzgâr ve güneş bakımından oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için rüzgâr ve güneş enerji santrallerine devlet tarafından teşvik verilmektedir. Bunun sonucunda ise rüzgâr ve güneş enerji kaynakları, ulusal enerji politikasıyla uyumluluk ile mali destek ve teşvik kriterlerine göre avantajlı konuma geçmektedir. Diğer taraftan, hidroelektrik santralleri, çok uzun zamandır

kullanıldığı için, ulusal enerji politikası ile uyumludur ve bu kritere göre en avantajlı enerji kaynağı konumundadır.

Çalışmada kullanılan 5 ana kriterden dördüncüsü Sosyal Boyutlar (K4)'dır ve 4 alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 37'de gösterilmektedir.



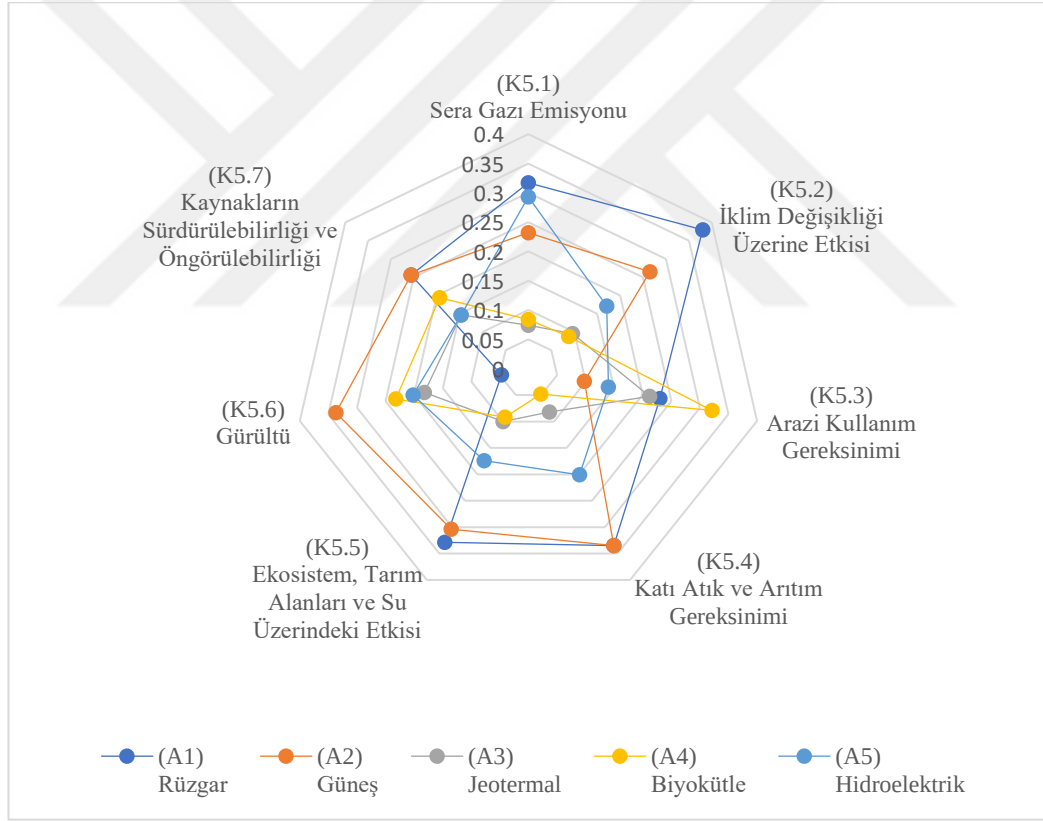
Şekil 37: Sosyal Boyutlar (K4) Alt Kriterlerine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Analizin sonuçlarına göre; sosyal kabul edilebilirlik kapsamında en avantajlı enerji kaynağı rüzgâr iken; ikincisi güneştir. Bu enerji santrallerinin kurulumunun basit olması, tesisin teslim sürelerinin kısa olması ve çevresel zararlarının bulunmaması gibi faktörler sosyal kabul edilebilirliği artırmaktadır. Ayrıca bu santraller, son kullanıcılara yakın yerlerde kurularak dağıtım gereksinimini azaltmakta ve yerel elektrik hizmetinin güvenilirliğini artırmaktadır.

Diğer taraftan, hidroelektrik santrallerinin kurulduğu bölgelerde erozyon ve sel gibi doğa olayları görülmektedir. Ayrıca barajlarda yüksek oranda buharlaşma meydana gelmekte; bu ise çevredeki toprakların tuz oranının artmasına ve toprağın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Bu gibi nedenlerden dolayı, hidroelektrik santrallerinin sosyal kabul edilebilirlik seviyeleri diğer enerji kaynaklarına göre düşük kalmaktadır. Analizin sonuçları da bu durumu destekler

nitelikte olup; sosyal kabul edilebilirlik kriterine göre en dezavantajlı enerji kaynağının hidroelektrik olduğu tespit edilmiştir. Hidroelektrik santrallerinin, sosyal kabul edilebilirliğinin düşük olmasına karşın iş yaratma kapasiteleri yüksektir. Çünkü hidroelektrik santralleri, diğer enerji santrallerine kıyasla büyük yatırımlar gerektirmekte ve inşaat süreleri daha uzun olmaktadır. Bu yüzden, hidroelektrik santrallerinin inşasında daha fazla ve daha uzun süreli iş gücü gerekmektedir. Bu durum ise hidroelektrik santrallerinin iş yaratma kapasitesini artırmaktadır.

Çalışmada kullanılan 5 ana kriterden beşincisi ise Çevresel Boyutları (K5)'dir ve 7 alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 38'de gösterilmektedir.



Şekil 38: Çevresel Boyutlar (K5) Alt Kriterlerine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

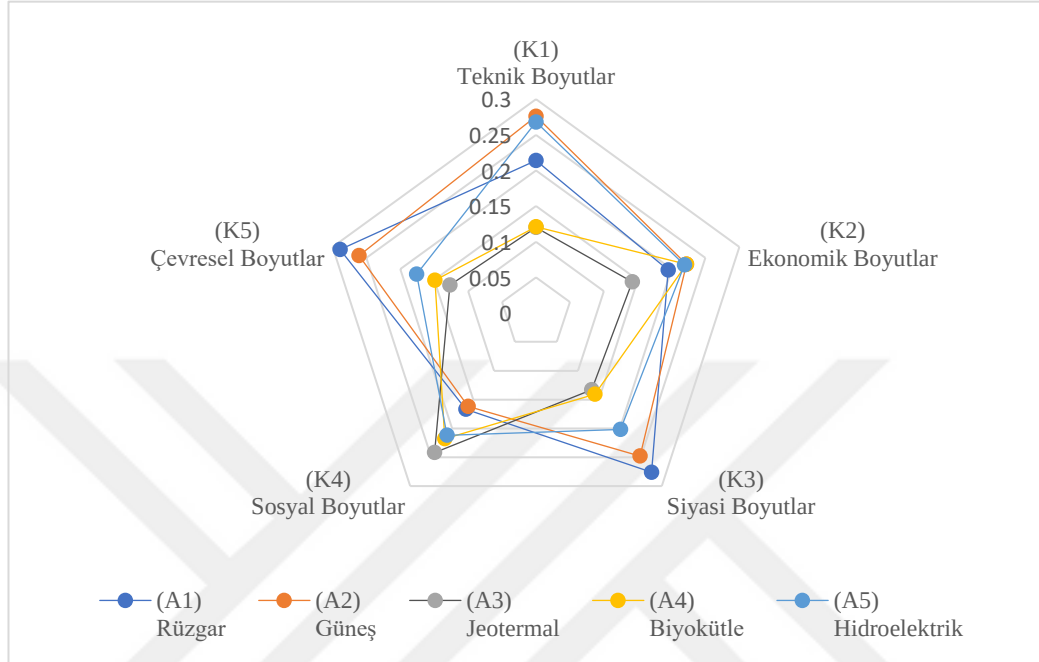
Alternatif enerji kaynakları iklim değişikliği açısından değerlendirildiğinde; en avantajlı enerji kaynağı rüzgâr, ikinci en avantajlı enerji kaynağı ise güneş olarak tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları iklim değişikliği ve sera

gazı salınımı gibi çevresel sorunlara neden olmamaktadır. Ancak, özellikle hidroelektrik santrallerindeki buharlaşma etkisi; yerel bitki örtüsünü ve hava olaylarını etkileyebilmektedir. Güneş enerjisi; iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları açısından en avantajlı enerji kaynakları arasında yer alırken, arazi kullanımı kriterine göre en dezavantajlı enerji kaynağı konumundadır. Çünkü, fotovoltaiik panellerin kurulumu için geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji santrallerinin hiçbirisi güneş enerjisi santralleri kadar araziye ihtiyaç duymamaktadır. Bu bakımdan, güneş enerji santrallerinin kurulum bölgesi önem arz etmektedir. Bu arazilerin, yeterli güneş ışığına sahip olmasının yanında, verimli tarım arazisi olmaması gerekmektedir.

Alternatif enerji kaynakları katı atık ve arıtma gereksinimi açısından değerlendirildiğinde; en avantajlı enerji kaynakları güneş ve rüzgâr iken; ikinci en avantajlı enerji kaynağı ise hidroelektrik olarak tespit edilmiştir. Söz konusu enerji kaynaklarının herhangi bir katı atık ve arıtım gereksinimi bulunmamaktadır. Bu konuda en dezavantajlı enerji kaynakları ise biyokütle ve jeotermal olarak tespit edilmiştir. Özellikle jeotermal enerji santrallerinde, yer altından çıkarılan sularla birlikte etrafa uçucu organik maddeler yayılabilmektedir. Bunun yanında, jeotermal enerji santrallerinde, yer altından çıkarılan suyun arıtılması veya yer altına tekrar gönderilmesi gerekmektedir. Yer altından çıkarılan suların kullanılıp tekrar yer altına gönderilmesi hem çevre kirliliğinin önüne geçilmesini sağlamakta hem de enerji üretiminin devamlılığını artırmaktadır. Ancak bu durum jeotermal enerji santrallerine ek bir maliyet oluşturmaktadır.

Gürültü kriterine göre en avantajlı enerji kaynağı güneş iken; en dezavantajlı enerji kaynağı ise rüzgârdır. Rüzgâr enerji santrallerinde rüzgârın şiddetiyle dönen rüzgâr türbinleri sayesinde elektrik üretilmektedir. Ancak rüzgâr türbinlerinin dönmesi esnasında etrafa gürültü yayılmaktadır. Bu yüzden, yakınlardaki yerleşim yerlerinde yaşayanlar rahatsız olurken; doğadaki canlılar tedirginlik yaşamaktadır. Özellikle rüzgâr türbinlerinin kuşların göç yollarına kurulması, onların yaşamını tehlikeye atmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, gürültü kriterine göre en dezavantajlı enerji kaynağı rüzgârdır. Ancak, rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulum yerleri belirlenirken yerleşim yerlerinden uzak bölgelerin tercih edilmesi ve kuşların göç yollarına dikkat edilmesi bu sorunları ortadan kaldıracaktır.

Çalışmada kullanılan 5 ana kritere göre enerji kaynaklarının ağırlık katsayıları Şekil 39'da gösterilmektedir.



Şekil 39: Ana Kriterlere Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Teknik Boyutlar (K1) ana kriterine göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması $A2 > A5 > A1 > A4 > A3$ şeklindedir. En yüksek ağırlığa 0,276 ile güneş (A2) sahipken; en düşük ağırlığa ise 0,120 ile jeotermal (A3) sahiptir.

Ekonomik Boyutlar (K2) ana kriterine göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması $A2 = A4 > A5 > A1 > A3$ şeklindedir. En yüksek ağırlığa 0,222 ile güneş (A2) ve biyokütle (A4) sahipken; en düşük ağırlığa ise 0,142 ile jeotermal (A3) sahiptir.

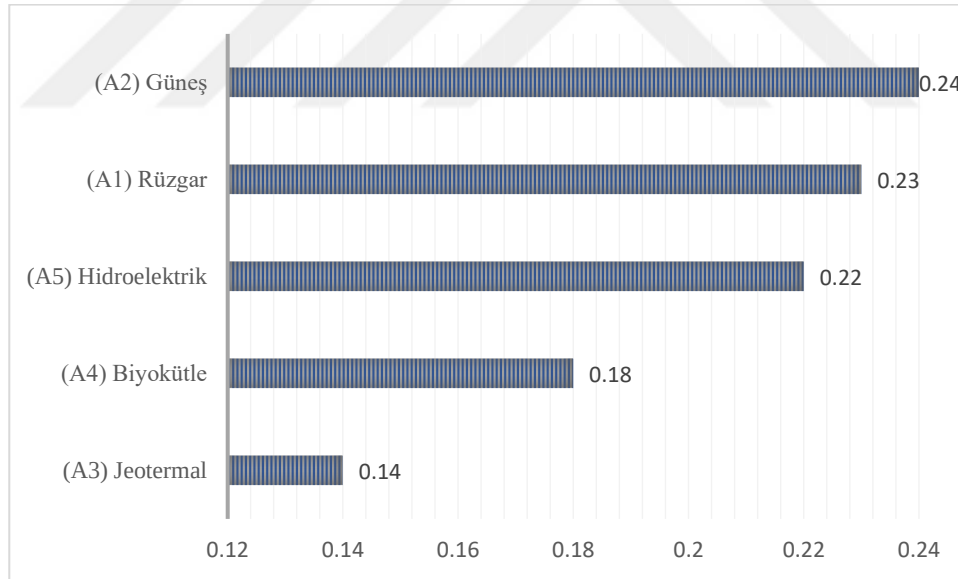
Siyasi Boyutlar (K3) ana kriterine göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması $A1 > A2 > A5 > A4 > A3$ şeklindedir. En yüksek ağırlığa 0,276 ile rüzgâr (A1), en düşük ağırlığa ise 0,133 ile jeotermal (A3) sahiptir.

Sosyal Boyutlar (K4) ana kriterine göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması $A3 > A4 > A5 > A1 > A2$ şeklindedir. Bu kritere göre, en yüksek

ağırlığa 0,242 ile jeotermal (A3), en düşük ağırlığa ise 0,162 ile güneş (A2) sahiptir.

Çevresel boyutlar (K5) ana kriterine göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması $A1 > A2 > A5 > A4 > A3$ şeklindedir. Bu kriterle göre en yüksek ağırlığa 0,289 ile rüzgâr (A1), en yüksek ikinci ağırlığa 0,261 ile güneş (A2) sahiptir. En düşük ağırlığa sahip enerji kaynağı ise 0,127 ile jeotermaldir (A3).

Çalışmanın buraya kadar olan kısmında yenilebilir enerji kaynakları tercihinde dikkat edilecek kriterler belirlenmiş ve bunların ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra, çalışmada yer alan alternatif enerji kaynaklarının ağırlıkları alt kriterlere ve ana kriterlere göre analiz edilmiş ve sonuçları yukarıda aktarılmıştır. Son olarak, çalışmada yer alan 5 ana kriter altındaki 30 alt kriterle göre yenilenebilir enerji kaynaklarının ağırlıkları analiz edilmiş; enerji kaynaklarının sıralaması yapılmış ve bu sonuçlar Şekil 40'ta gösterilmiştir.



Şekil 40: Tüm Kriterlere Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

Çalışmada yer alan 5 ana kriter altındaki 30 alt kriterle göre yenilenebilir enerji santrallerinin sıralaması güneş > rüzgâr > hidroelektrik > biyokütle > jeotermal şeklindedir. Ekonomik Boyutlar, ana kriterler içerisinde ağırlık katsayısı en yüksek olanıdır. Bir başka deyişle, Türkiye’de enerji kaynağı tercihinde dikkat

edilen en önemli kriter ekonomik verilerdir. Ana kriter içerisindeki, ağırlığı en yüksek ana kriterin ekonomik boyutlar olması; Albayrak (2020), Karaaslan ve Aydın (2020) ve Morsünbül Parmaksız (2020) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Bir enerji kaynağına yatırım yapılacağına bakılacak ilk unsurlar arasında, yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet kalemlerinin yanı sıra, ekonomiye katkı, yatırımın geri dönüş süresi gibi diğer ekonomik göstergelerin bulunduğu göz önünde bulundurulursa; ekonomik boyutların en yüksek ağırlığa sahip ana kriter olması yerinde bir tespit olmaktadır. Ekonomik boyutlar dikkate alındığında; en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve biyokütle olarak tespit edilmiştir. Güneş enerji santrallerinin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması; biyokütle enerji santrallerinin yatırımın geri dönüş sürelerinin kısa olması; bu enerji kaynaklarının ekonomik olarak ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan, güneş enerji santralleri yeterli güneş ışını alan bölgelere rahatlıkla kurulabilmekte; kurulum için jeotermal ve hidroelektrik santralleri gibi spesifik bir coğrafyaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu ise güneş enerji santrallerinin pazar payını yükseltmektedir. Analiz sonuçlarına göre de pazar payı bakımından en avantajlı enerji kaynakları güneş ve rüzgârdır. Bu açıdan bakıldığında da yapılan analizin kendi içinde de tutarlı olduğu görülmektedir.

Ana kriterler arasında ağırlık katsayısı en yüksek ikinci kriter siyasi boyuttur. Bu sonuç; yabancı firmalara bağımlılık, enerji politikalarıyla uyumluluk, teşvik ve mali destek gibi siyasi konuların Türkiye’de enerji yatırımlarında önemli bir yere sahip olduğunun göstergesidir. Çalışmamızın amaçlarından birinin de uygun enerji kaynağının tespiti ile enerjide dışa bağımlılığın azaltılması olduğu düşünüldüğünde; bu sonucun çalışmamızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Siyasi boyut dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları ise rüzgâr ve güneş olarak tespit edilmiştir. Bunda Türkiye’nin rüzgâr ve güneş bakımından oldukça büyük bir potansiyele sahip olması ve bu potansiyelin değerlendirilmesi için rüzgâr ve güneş enerji santrallerine devlet tarafından teşvik verilmesi büyük rol oynamaktadır. Bunun sonucunda, rüzgâr ve güneş enerji kaynakları, ulusal enerji politikasıyla uyumluluk ile mali destek ve teşvik kriterlerine göre avantajlı konuma geçmektedir.

Üçüncü en yüksek ağırlığa sahip olan ana kriter teknik boyuttur. Başka bir şekilde ifade edilirse; verimlilik, rezerv miktarı, tesisin teslim ve hizmet süreleri gibi alt kriterleri kapsayan teknik boyutlar, tüm ana kriterler içerisinde ağırlığı en yüksek üçüncü kriter olarak tespit edilmiştir. Ana kriter içerisindeki, ağırlığı en yüksek üçüncü ana kriterin teknik boyutlar olması; Karaaslan ve Aydın (2020) ve Albayrak (2020) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Teknik boyut dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş ve hidroelektrik olarak tespit edilmiştir. Güneş enerjisi santralleri; kurulumun ve üretimin basitliği, kurulu güç kapasitesi, tesisin teslim süresi ve rezerv miktarı kriterlerine göre birinci sırada yer almaktadır. Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu diğer enerji santrallerine göre basit ve süre olarak kısadır. Bu santraller yaklaşık bir sene gibi kısa bir sürede tamamlanmaktadırlar; ancak, bunların kurulumunda kullanılan teknoloji ithal edilmektedir. Bu yüzden, güneş enerjisi santrallerinin, kurulumu basit, teslim süresi kısa, ancak teknoloji olgunluğu düşüktür. Diğer taraftan, hidroelektrik santralleri diğer enerji kaynaklarına göre büyük projelerdir ve bu santraller için çok büyük yatırımlar gerekmektedir. Bu yüzden, tesisin teslim süresi diğer enerji kaynaklarına göre oldukça uzundur. Ancak, hidroelektrik santrallerinin yapım sürelerinin uzun olmasına karşın hizmet ömürleri de uzundur. Ayrıca, hidroelektrik santrallerinin tarihi diğer enerji santrallerine göre daha eskiye dayandığı için; bunların teknoloji olgunluğu daha fazladır ve teknik boyutlara göre ikinci en avantajlı enerji kaynağı konumundadır.

Ana kriterler arasında en yüksek dördüncü ağırlığa sahip olanı çevresel boyut; sonuncusu ise sosyal boyuttur. Çevresel ve sosyal boyutların son sıralarda yer alması, Albayrak (2020) ve Morsünbül Parmaksız (2020) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Çünkü, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Türkiye’de de enerji kaynaklarının tercihinde ekonomik boyutlar ön plana çıkmakta, çevresel ve sosyal boyutlar ise geri plana atılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin, çevre politikalarını gelişmiş ülkelerin seviyesine çıkarabilmesi için teşvik ve destek mekanizmalarını kurmaları gerekmektedir. Bu ise ülke ekonomisi için ekstra bir maliyeti ifade etmektedir. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerdeki istihdam yaratma politikaları çevresel kaygıları ikinci plana atmaktadır. Çünkü, büyük ölçekli ekonomik aktivitelerin istihdam yaratma etkisi çevre kirliliği kaygılarından daha ağır basmaktadır. Bu yüzden, söz konusu boyutların ağırlıkları

görece düşük kalmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, çevresel boyut dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynağı güneş iken; sosyal boyut dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve jeotermaldir. Genellikle kırsal veya izole bölgelerde bulunarak yerel ekonomiye katkı sağlaması ve özellikle ısı enerjisinin daha uygun fiyatlarla tüketicilere sunulması, jeotermalin sosyal kabul edilebilirliğini artırmaktadır. Diğer taraftan, iklim değişikliği, sera gazı emisyonları, katı atık, arıtma gereksinimi ve gürültü gibi çevresel faktörler açısından en avantajlı yenilenebilir enerji kaynağı güneştir.

Yukarıdaki sıralamalar enerji kaynaklarının farklı boyutlardaki performansları göz önüne alınarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi birlikte düşünüldüğünde; Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş; en uygun ikinci yenilenebilir enerji kaynağının ise rüzgâr olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye’de yapılan çalışmalar incelendiğinde, enerji kaynaklarının sıralamasında farklılıklar görülmektedir. Ancak, genel eğilimlere bakıldığında, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinin ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Örneğin, Kahraman, Kaya ve Çebi’nin (2009) çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralaması rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik şeklindedir. Benzer şekilde, Kahraman ve Kaya’nın (2010) çalışmasında da rüzgâr, güneş, biyokütle enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır. Yine Kahraman, Kaya ve Çebi’nin (2010) çalışmasında rüzgâr ve güneş enerjisi ilk sıralarda yer alırken, hidroelektrik enerjisi son sırada yer almaktadır. Ayrıca, Demirtaş’ın (2013) çalışmasında rüzgâr enerjisi birinci sırada yer alırken, güneş enerjisi ikinci sırada yer almakta; Çelikkilek ve Tüysüz’ün (2016) çalışmasında ise güneş enerjisi ilk sırada yer alırken, rüzgâr enerjisi ikinci sırada yer almaktadır. Erdoğan’ın (2013) çalışmasında da rüzgâr ve güneş enerjisi ilk sıralarda yer almaktadır. Büyüközkan ve Güler’ün (2017) çalışmasında ise jeotermal ve biyogaz enerjileri ön plana çıkmaktadır.

Türkiye özelinde yapılan akademik çalışmalara bakıldığında, rüzgâr ve güneş enerjisi genellikle ilk sırada yer almakta ve Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynakları olarak görülmektedir. Diğer taraftan, hidroelektrik ve jeotermal enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralamasında genellikle orta sıralarda

yer almaktadır. Biyokütle enerjisi ise bazı çalışmalarda ilk sıralarda yer alırken (örneğin bkz. Demirtaş, 2013; Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Derse ve Yontar, 2020) genellikle son sıralarda (örneğin bkz. Kahraman, Kaya ve Çebi, 2010; Ertay, Kahraman ve Kaya, 2013; Çelikkalek ve Tüysüz, 2016; Özkale ve öte., 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018; Karaca ve Ulutaş, 2018; Karaarslan ve Aydın, 2020; Kayahan Karakul, 2020) yer almaktadır.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi birlikte düşünüldüğünde; Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş; en uygun ikinci yenilenebilir enerji kaynağının ise rüzgâr olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında da genel olarak güneş ve rüzgâr enerjisinin en çok tercih edilen ve öncelikli olarak değerlendirilmedi gereken yenilenebilir enerji kaynakları olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Günümüzde, insan faaliyetleri sonucu meydana gelen çevresel sorunlar, sınırlı kaynakların tükenmesi ve toplumsal eşitsizlik gibi sorunlar dünya genelinde artarak devam etmektedir. Bu durum, kalkınmanın sadece ekonomik büyüme ile ölçülebileceği yaklaşımın sorgulanmasına neden olmuş ve sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kalkınma; ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin bir arada ele alınarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve toplumsal adaleti hedeflemektedir. Sürdürülebilir bir kalkınma için gerekli olan en önemli kaynakların başında ise enerji gelmektedir. Çünkü enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bunun için günümüz modern toplumlarında enerjiye büyük ilgi duyulmaktadır. Ancak, meydana gelen iklim değişikliği ve çevresel sorunlar, fosil enerji kaynakları için önlem alınması mecburiyetini doğurmuştur. Buradan hareketle, artık enerji kaynakları tercih edilirken sadece enerjinin çıktı miktarına değil, çevreye olan etkilerine ve sürdürülebilir olmalarına da dikkat edilmektedir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji talebi hızla artmaktadır. Artan enerji talebi enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve çevresel etkilerini daha da önemli hale getirmektedir. Buna ek olarak Türkiye, enerji talebini karşılamak için yüksek oranda ithal enerji kullanmakta ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji ve çevreyle ilgili sorunlara çözüm olabileceği düşüncesinden yola çıkılarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilirlik açısından analiz edilmiştir.

Yenilenebilir enerji hakkında yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde; çalışmaların çoğunluğunun "yenilenebilir enerji kaynakları-ekonomi ilişkisi" ve "yenilenebilir enerji kaynakları-çevre ilişkisi" konularında yapıldığı görülmektedir. "Yenilenebilir enerji kaynakları-sosyal konular" ve "yenilenebilir enerji kaynakları-sürdürülebilir kalkınma" konuları diğerlerine göre daha az çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar ise oldukça sınırlı kalmıştır. Diğer taraftan, araştırmacılar sürdürülebilirlik performansını

değerlendirirken, enerji, ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin etkilerini ve sosyal sürdürülebilirlik faktörünü genellikle görmezden gelmişlerdir. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak için çalışmanın ikinci bölümünde OECD ülkeleri için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan sürdürülebilir kalkınma endeksi hesaplanmıştır. Analize maksimum sayıda ülkenin dâhil edilebilmesi için 3 boyut altında 17 kriter belirlenmiştir. 5 ülkenin (Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Hollanda ve Slovakya) verisine ulaşamadığı için bu ülkeler analiz dışında tutulmuş ve çalışmaya 33 OECD ülkesi ile devam edilmiştir. Ayrıca, seçilen OECD ülkelerinin verilerinde ortak bir dönem sağlanabilmesi için 2000-2019 dönemi seçilmiştir. Diğer taraftan, bu bölümde en yaygın kullanıma ve en yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmiş ve analize rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrikle devam edilmiştir. Kriterlerin belirlenmesi, 5 ülkenin analiz dışında tutulması, dönem seçimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırlandırılması bu çalışmanın kısıtlarını oluşturmaktadır.

Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde, sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilmiştir. Bu çalışmada hem yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri tespit edilmiş hem de Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmaya en fazla katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilerek literatüre katkıda bulunulmuştur.

Oluşturulan ekonomik sürdürülebilirlik endekslerine bakıldığında; 2000-2019 döneminde pozitif gelişme sağlayan ülkelerin başında İsveç, İsviçre, Lüksemburg ve Estonya gelirken; negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında ise Avusturya, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti gelmektedir. Ekonomik sürdürülebilirlik endeksi, bir ülkenin ekonomik kalkınmasının sadece kısa vadede değil uzun vadede de sürdürülebilir olup olmadığını göstermektedir. Bu endeks, bir ülkenin ekonomik politikalarının, yatırım kararlarının ve kaynak dağılımının gelecek nesillerin

yaşam kalitesini etkileyebileceği gerçeğini yansıtmaktadır. Bu yüzden, ekonomik sürdürülebilirlik endeksinde düşüş yaşayan ülkelerin ekonomik sürdürülebilirliğe yönelik tedbirler almaları ve bu endeksi yükseltmeye odaklanmaları gerekmektedir.

İsveç, Almanya ve Norveç sosyal sürdürülebilirlikte pozitif gelişme yaşayan ülkelerin başında gelirken; Danimarka, Lüksemburg ve Türkiye negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında gelmektedir. Bu ülkelerde yaşam kalitesi, sosyal haklar ve fırsatlar konusunda sorunlar yaşanmaktadır. Bu ülkelerin, sosyal sürdürülebilirlik konusunda daha fazla çalışma yapmaları gerekmektedir. Özellikle, sosyal sürdürülebilirlik endeksinde ortalamaların altında kalan ülkelerin, sağlık harcamaları, gıda harcamaları, beşeri sermaye yatırımları, gelir dağılımında adalet ve doğumda beklenen yaşam süresi gibi kritik konulara daha fazla önem vermesi ve gerekli önlemleri alması gerekmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik endekslerine göre, en başarılı ülkelerin başında Estonya, Avustralya, Avusturya, Almanya ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Meksika, Kore Cum. ve Yeni Zelanda gelmektedir. Artan sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve doğal kaynakların kötü yönetimi gibi faktörler çevresel sürdürülebilirlik endeksini düşürürken; yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre koruma yasalarının sıkı bir şekilde uygulanması gibi faktörler ise çevresel sürdürülebilirlik endeksini artırmaktadır. Bu nedenle, çevresel sürdürülebilirlik endeksinde ortalamanın altında kalan ülkelerin çevresel performanslarını iyileştirmek için daha fazla yatırım yapmaları ve sıkı çevre koruma politikaları uygulamaları gerekmektedir.

2000-2019 döneminde sürdürülebilir kalkınma endeksi sıralamasında en başarılı ülkelerin başında Almanya, Norveç, İsveç, İsviçre ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Çek Cum., Danimarka, Fransa ve Portekiz gelmektedir. Genellikle, yüksek enerji tüketimi, çevresel kirlilik, yüksek karbon salınımı ve düşük yenilenebilir enerji kullanımı gibi faktörler sürdürülebilir kalkınma endeksinin düşük kalmasına neden olmaktadır. Bu veriler, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ülkelerin sadece ekonomik büyüme ve sosyal gelişmeyi değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurması gerektiğini göstermektedir.

Elde edilen ekonomik sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji toplamı, jeotermal ve rüzgâr enerjisi uzun dönemde ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki ederken; hidroelektrik, güneş ve biyokütle enerjisi negatif etki etmektedir. Bunlara ek olarak, bütün modellerde sanayi üretim endeksinin ekonomik sürdürülebilirliğe pozitif katkı yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir. Bu durum, sanayi üretiminin ekonomik sürdürülebilirliğe katkı yaptığı anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, kentsel nüfus ve dışa açıklık oranındaki artışın ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde genel olarak negatif etki yaptığı; enflasyondaki artışın ise pozitif etki yaptığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ekonomik sürdürülebilirliğin enflasyonla birlikte arttığını göstermektedir. Ancak, dışa açıklığın artması ekonomik sürdürülebilirliği azaltmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak ve sanayi üretimini artırmak ekonomik sürdürülebilirliği artırmak için iyi bir seçenek olarak görülmektedir. Ayrıca, dışa açıklık ve kentsel nüfus artışı kontrol edilerek ekonomik sürdürülebilirliğin korunması sağlanabilir.

Sosyal sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji toplamı, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi uzun dönemde sosyal sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki ederken; jeotermal ve rüzgâr enerjisi negatif etki etmektedir. Bunlara ek olarak, bütün modellerde sanayi üretim endeksinin sosyal sürdürülebilirliğe negatif etki yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir. Ayrıca, kentsel nüfus oranındaki ve enflasyondaki artış sosyal sürdürülebilirliği genellikle olumsuz yönde etkilerken; dışa açıklık oranındaki artışın sosyal sürdürülebilirliğe pozitif katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çevresel sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonucunda, uzun dönemde çevresel sürdürülebilirlik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olan tek yenilenebilir enerji kaynağının güneş olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, güneş enerjisinden elektrik üretiminin toplam elektrik üretimine oranında meydana gelen %1'lik artış, çevresel sürdürülebilirliği yaklaşık %7 artırmaktadır. Dolayısıyla, güneş enerjisinden yararlanma oranının artması çevresel sürdürülebilirliği daha fazla artıracak ve doğal kaynakların

verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, uzun dönemde enflasyon ve sanayi üretim endeksindeki %1'lik artışın çevresel sürdürülebilirliği sırasıyla %0,2 ve %0,04 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Bu durum “Kirlilik Sığınağı Hipotezi” ile açıklanmaktadır. Kirlilik sığınağı hipotezi, çevre kirliliğine neden olan endüstri kollarının ve etkin olmayan üretim tekniklerini kullanan birimlerin gelişmiş ülkelere kaymasını ifade etmektedir. Buna ek olarak, gelişmiş ülkeler zehirli atıklarını doğrudan gelişmekte olan ülkelere ihraç etmektedir. Diğer taraftan, dışa açıklık oranındaki %1'lik bir artışın çevresel sürdürülebilirliği %0,14 oranında azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, dışa açıklığın çevre üzerindeki olumsuz etkilerine işaret etmekte ve ticari faaliyetlerin çevre dostu uygulamaları benimsemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Buradan hareketle, doğal kaynakların verimli kullanımı ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelim, çevresel sürdürülebilirliği artırmak için atılacak adımların başında gelmektedir. Ayrıca, sanayi ve ticaret gibi diğer faktörlerin de çevre üzerindeki etkileri göz ardı edilmemelidir.

Sürdürülebilir kalkınma endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonucuna göre, yenilenebilir enerji toplamı, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi uzun dönemde sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif etki yaparken; hidroelektrik ve jeotermal enerjisi negatif etki yapmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olduğu için, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, hidroelektrik ve jeotermal enerjisi, sürdürülebilir kalkınmaya negatif etki yapmaktadır. Özellikle hidroelektrik santralleri baraj yapımıyla doğal alanların sular altında kalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, yerel halkın yaşam alanlarını kaybetmesine, flora ve fauna kaybına ve ekosistemlerdeki diğer olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Ayrıca, baraj yapımı süreci de genellikle büyük ölçekte madencilik, ağaç kesimi ve toprak hareketlerine neden olabilmektedir. Diğer taraftan, jeotermal enerji santralleri, çevre kirliliği ve toprak erozyonu gibi çevresel etkilere neden olabilmektedir. Ayrıca, jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı, yeraltı sularının ve jeolojik yapıların etkilendiği bazı bölgelerde yerel halkın yaşam alanlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı dikkatli bir şekilde planlanmalı ve yenilenebilir enerji politikaları oluşturulurken bu kaynakların

etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlara ek olarak, enflasyon, kentsel nüfus ve dışa açıklık oranındaki artışın sürdürülebilir kalkınmaya pozitif katkı yaptığı; sanayi üretim endeksindeki artışın ise negatif etki yaptığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, sanayileşmenin doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırdığını ve çevresel sorunları derinleştirdiğini göstermektedir. Sanayi üretim endeksindeki artış, genellikle doğal kaynakların kullanımını arttırarak, çevre kirliliği, iklim değişikliği, su kıtlığı, erozyon ve biyoçeşitlilik kaybı gibi çevresel sorunların artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, sanayi üretimi arttıkça, genellikle çevresel kaynakların tüketimi de artmaktadır. Bununla birlikte, üretim sürecinde kullanılan hammaddelerin büyük bir kısmı yenilenebilir olmayan kaynaklardan elde edilmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedefleri için doğal kaynakların kullanımını azaltan ve yenilenebilir kaynaklara yönelen daha yeşil ve sürdürülebilir bir üretim süreci benimsenmesi gerekmektedir. Bu nedenlerle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için, sanayi üretiminin çevresel ve sosyal etkileri göz önünde bulundurulmalı ve sürdürülebilirlik ilkesine uygun bir şekilde yönetilmelidir.

Elde edilen sonuçlar, OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma açısından önemli olduğunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının sürdürülebilir kalkınma için gerekli olduğunu teyit etmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma için birçok fayda sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

İlk olarak, yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir kalkınmanın bir temel unsuru olan çevreyi koruma için son derece önemlidir. Bu kaynaklar, fosil yakıtlara kıyasla oldukça çevre dostudur. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çevresel sorunlarla mücadelede önemli bir rol oynayacaktır.

İkinci olarak, yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ekonomik açıdan önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynakları, daha sürdürülebilir bir enerji tedarikine olanak sağlayacak ve enerji güvenliğini arttıracaktır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji tüketim maliyetlerini düşürerek, ekonomik büyümeyi destekleyecektir.

Üçüncü olarak, yenilenebilir enerji kaynakları sosyal açıdan da fayda sağlamaktadır. Bu kaynakların kullanımı, yerel toplulukların kalkınmasına ve ekonomik faaliyetlere olanak sağlayarak iş imkânları yaratmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yerel hava kirliliği ve sağlık sorunlarına karşı koruma sağlayarak toplumsal refahı arttıracaktır.

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için son derece önemlidir. Bu kaynaklar, çevrenin korunması, ekonomik kalkınma ve sosyal fayda sağlayarak sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan unsurları sunmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sürdürülebilir kalkınmanın anahtar unsurlarından biri olarak görülmektedir. Ancak, hidroelektrik ve jeotermal kaynakların negatif etkisinin OECD ülkelerinde sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle çatıştığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilmiştir.

Üçüncü bölümün sonuçlarına göre, Türkiye’deki enerji yatırımlarında dikkat edilen boyutların önem sıralaması ekonomik boyutlar > siyasi boyutlar > teknik boyutlar > çevresel boyutlar > sosyal boyutlar şeklindedir. Ekonomik ve siyasi boyutlar daha önemli görülüp ilk sıralarda yer alırken; çevresel ve sosyal boyutlar daha geri planda kalmaktadır. Çünkü, gelişmekte olan ülkelerin, çevre politikalarını gelişmiş ülkelerin seviyesine çıkarabilmeleri için teşvik ve destek mekanizmalarını kurmaları veya mevcut mekanizmaları geliştirmeleri gerekmektedir. Bu durum ise ülke ekonomisi için ekstra bir maliyeti ifade etmektedir. Bu nedenlerden dolayı, gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de çevresel ve sosyal boyutlar geri plana atılmaktadır. Buna ek olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki istihdam yaratma politikaları da çevresel kaygıları ikinci plana atmaktadır. Çünkü, büyük ölçekli ekonomik aktivitelerin istihdam

yaratma etkisi çevre kirliliği kaygılarından daha ağır basmaktadır. Bu yüzden, söz konusu boyutların ağırlık katsayıları görece düşük kalmaktadır.

Ekonomik boyutlar dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve biyokütle; siyasi boyut dikkate alındığında rüzgâr ve güneş; teknik boyut dikkate alındığında güneş ve hidroelektrik; çevresel boyut dikkate alındığında güneş ve sosyal boyut dikkate alındığında ise güneş ve jeotermaldir. Güneş enerji santrallerinin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması ve biyokütle enerji santrallerinde yatırımın geri dönüş sürelerinin kısa olması bu enerji kaynaklarının ekonomik olarak ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan, güneş enerji santralleri yeterli güneş ışını alan bölgelere rahatlıkla kurulabilmekte, kurulumu için jeotermal ve hidroelektrik santralleri gibi spesifik bir coğrafyaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu da güneş enerji santrallerinin pazar payını yükseltmektedir. Analiz sonuçlarına göre de pazar payı bakımından en avantajlı enerji kaynakları güneş ve rüzgârdır. Buna göre, yapılan analizin kendi içinde de tutarlı olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin rüzgâr ve güneş bakımından oldukça büyük bir potansiyele sahip olması ve bu potansiyelin değerlendirilmesi için devlet tarafından teşvik verilmesi, bu enerji santrallerini siyasi boyutlara göre ön plana çıkarmaktadır. Bunun sonucunda, rüzgâr ve güneş enerji kaynakları ulusal enerji politikasıyla uyumluluk ile mali destek ve teşvik kriterlerine göre avantajlı konuma geçmektedir. Ayrıca, güneş enerjisi santrallerinin kurulumunun diğer enerji santrallerine göre basit ve kısa olması güneş enerji santrallerini teknik boyutlar açısından da ön plana çıkarmaktadır. Diğer taraftan, hidroelektrik santralleri diğer enerji kaynaklarına göre büyük projelerdir ve bu santraller için çok büyük yatırımlar gerekmektedir. Bu yüzden, tesisin teslim süreleri diğer enerji kaynaklarına göre oldukça uzundur. Ancak, hidroelektrik santrallerinin yapım sürelerinin uzun olduğu kadar, bu santrallerin hizmet ömürleri de uzundur. Ayrıca, hidroelektrik santrallerinin, tarihi diğer enerji santrallerine göre daha eskiye dayandığı için, teknoloji olgunluğu daha fazladır. Bu nedenlerden dolayı, hidroelektrik santralleri teknik boyutlara göre ikinci en avantajlı enerji kaynağı konumundadır. Genellikle kırsal veya izole bölgelerde bulunarak yerel ekonomiye katkı sağlaması ve özellikle ısı enerjisinin daha uygun fiyatlarla tüketicilere

sunulması, jeotermal enerji santrallerinin sosyal kabul edilebilirliğini artırmaktadır. Diğer taraftan, iklim değişikliği, sera gazı emisyonları, katı atık, arıtma gereksinimi ve gürültü gibi çevresel faktörler açısından en avantajlı yenilenebilir enerji kaynağı güneştir.

Yukarıdaki sıralamalar enerji kaynaklarının farklı boyutlardaki performansları göz önüne alınarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi birlikte düşünüldüğünde; Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş; en uygun ikinci yenilenebilir enerji kaynağının ise rüzgâr olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye'nin güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelinin yüksek olması sürdürülebilir kalkınma hedefleri için büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu potansiyelin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıdaki politika önerileri sunulmaktadır:

Yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik teşvikler: Türkiye’de yenilenebilir enerji santralleri için gümrük vergisi ve KDV muafiyeti, satın alma garantisi ve şebeke bağlantı öncelikleri olmak üzere birtakım teşvikler verilmektedir. Bunlara ek olarak, yenilenebilir enerji santrallerinin lisans ücretlerinde de teşvikler verilip prosedürlerinde kolaylık sağlanmalıdır. Çünkü, mevcut lisans ücretleri yatırımların finansmanını zorlaştırmaktadır. Türkiye için en önemli husus ise verilen teşviklerin siyasi söylemlerle çok sık değiştirilmesidir. Bunun önüne geçilmeli ve yatırımcıların uzun vadeli plan yapmasına yardımcı olunmalıdır. Ayrıca, yabancı yatırımcıları da Türkiye’ye çekmek için uygun yatırım ortamı oluşturulmalıdır.

Güneş enerji santrallerine yönelik düzenlemeler: Güneş enerjisi potansiyeli bakımından zengin bölgelerde, özellikle Güney Doğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin güney kısımlarında güneş panelleri ile GES projelerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir. Ayrıca, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verileri kullanılarak, uygun alanlarda güneş panelleri kurulumuna yönelik teşvikler de sağlanmalıdır.

Rüzgâr enerji santrallerine yönelik düzenlemeler: Rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından zengin bölgelerde, özellikle Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarında rüzgâr türbinleri ile RES projelerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir. Ayrıca, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) verileri

kullanılarak, uygun alanlarda rüzgâr türbini kurulumuna yönelik teşvikler de sağlanmalıdır.

Hibrit sistemlerin kullanımı: Güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi birbirlerini tamamlayan özelliklere sahiptirler. Güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri bir arada kullanıldığında daha kesintisiz ve daha çok elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Bu nedenle, güneş ve rüzgâr potansiyeline aynı anda sahip özel bölgeler belirlenmeli ve bu bölgelerde hibrit santrallere yönelik yatırım yapılması kolaylaştırılmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için altyapının geliştirilmesi: Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin dağıtımı için altyapı geliştirilmelidir. Bu altyapı; enerjinin depolanması, dağıtılması ve tüketilmesi için gereken altyapıyı içermelidir.

Yerli üretim için Ar-Ge yatırımları: Türkiye yenilenebilir enerji üretimi için gerekli teknolojilerin büyük bir kısmını ithal etmektedir. Bu durum, enerji maliyetlerini arttırmakta ve enerji arz güvenliği açısından risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, yerli üretim kapasitesinin artırılması için Ar-Ge çalışmalarına yatırım yapılmalı veya yatırım yapanlara uygun ortam sağlanmalıdır.

Eğitim ve bilinçlendirme: Enerji verimliliği, enerji tüketimini azaltarak hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlayan önemli bir konudur. Türkiye, enerji verimliliği politikalarını benimseyerek ve bu konuda halkı bilinçlendirerek hem enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini artırılabilir hem de enerji maliyetlerini düşürülebilir. Ayrıca, halkın yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi sahibi olması ve bu kaynakların kullanımının önemi konusunda farkındalık yaratılması önemlidir. Bu amaçla halka yönelik eğitim programları düzenlenmeli ve kamuoyu bilinçlendirme faaliyetleri yapılmalıdır.

Sonuç olarak, Türkiye için önerilen politika; güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarını aktif bir şekilde kullanarak enerji üretimini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve enerji altyapısını modernize etmek gibi çeşitli adımları içermektedir. Bu politikaların uygulanması Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasına yardımcı olacaktır. Bu önerilerin uygulanması için ise güçlü bir politik irade ve iş birliği gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Adu, D. T., & Denkyirah, E. K. (2019). Economic growth and environmental pollution in West Africa: Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40(2), 281-288.
- Afsordegan, A., Sánchez, M., Agell, N., Zahedi, S., & Cremades, L. V. (2016). Decision making under uncertainty using a qualitative TOPSIS method for selecting sustainable energy alternatives. *International journal of environmental science and technology*, 13(6), 1419-1432.
- Ağayev, S. (2010). Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Geçiş Ekonomileri Örneğinde Panel Eştümleşme ve Panel Nedensellik Analizleri. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1), 159-184.
- Ahmad, M., Muslija, A., & Satrovic, E. (2021). Does economic prosperity lead to environmental sustainability in developing economies? Environmental Kuznets curve theory. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(18), 22588-22601.
- Ahmad, S., & Tahar, R. M. (2014). Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia. *Renewable energy*, 63, 458-466.
- Ahmed, M. (2010). Economic dimensions of sustainable development, the fight against poverty and educational responses. *International Review of Education*, 56(2), 235-253.
- Akbostancı, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2005). İmalat sanayi ve kirlilik: bir kirli endüstri sığınağı olarak Türkiye. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60(01), 3-28.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Al Garni, H., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D., & Al-Haddad, K. (2016). A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. *Sustainable energy technologies and assessments*, 16, 137-150.

- Alizadeh, R., Soltanisehat, L., Lund, P. D., & Zamanisabzi, H. (2020). Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method. *Energy Policy*, 137, 111174.
- Alkan, Ö., & Albayrak, Ö. K. (2020). Ranking of renewable energy sources for regions in Turkey by fuzzy entropy based fuzzy COPRAS and fuzzy MULTIMOORA. *Renewable Energy*, 162, 712-726.
- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions?. *Ecological indicators*, 113, 106187.
- Amer, M., & Daim, T. U. (2011). Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan. *Energy For Sustainable Development*, 15(4), 420-435.
- Angulo, A., Atwi, M., Barberán, R., & Mur, J. (2018). CO2 Kuznets curve revisited: from cross-sections to panel data models. *Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research*, (40), 169-196.
- Ansari, M. A. (2022). Re-visiting the Environmental Kuznets curve for ASEAN: A comparison between ecological footprint and carbon dioxide emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112867.
- Ansari, M. A., Haider, S., & Khan, N. A. (2020). Environmental Kuznets curve revisited: An analysis using ecological and material footprint. *Ecological Indicators*, 115, 106416.
- Apak, S., Göğüş, G. G., & Karakadılar, İ. S. (2012). An analytic hierarchy process approach with a novel framework for luxury car selection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 58, 1301-1308.
- Apergis N, Jebli MB, Youssef SB. (2018). Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. *Rene Energy*. 127:1011–1016.

- Apergis N, Payne JE. (2010). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy E.* 32:1392-1397.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Armeanu, D., Vintilă, G., Andrei, J. V., Gherghina, Ș. C., Drăgoi, M. C., & Teodor, C. (2018). Exploring the link between environmental pollution and economic growth in EU-28 countries: Is there an environmental Kuznets curve?. *PloS one*, 13(5), e0195708.
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. (2017). Carbon dioxide emissions, GDP per capita, industrialization and population: An evidence from Rwanda. *Environmental engineering research*, 22(1).
- Aşıcı, A. A., & Şahin, Ü. (Eds.). (2021). *Yeşil ekonomi* (Vol. 52). Yeni İnsan Yayınevi.
- Atmaca, E., & Basar, H. B. (2012). Evaluation of power plants in Turkey using Analytic Network Process (ANP). *Energy*, 44(1), 555-563.
- Atvur, S. (2009). Yerel Gündem 21 ve Çevre: Antalya Kent Konseyi Örneği. *CÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 35(2), 231-241.
- Baker, S. (2006). The concept of sustainable development. In *Sustainable development* (pp. 29-60). Routledge.
- Balin, A., & Baraçlı, H. (2017). A fuzzy multi-criteria decision making methodology based upon the interval type-2 fuzzy sets for evaluating renewable energy alternatives in Turkey. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(5), 742-763.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (Cilt III). West Sussex, England: John Wiley and Sons Ltd.
- Barra, C., & Zotti, R. (2018). Investigating the non-linearity between national income and environmental pollution: international evidence of Kuznets curve. *Environmental Economics and Policy Studies*, 20, 179-210.

- Barua, A., & Khataniar, B. (2016). Strong or weak sustainability: A case study of emerging Asia. *Asia-Pacific Dev. J*, 22, 1-31.
- Basiago, A. D. (1995). Methods of defining ‘sustainability’. *Sustainable development*, 3(3), 109-119.
- Başkaya, F. (2020). *Gençlerle Baş Başa: İklim Krizi ve Ekolojik Yıkım*. Yordam kitap.
- Batı, O. (2014) Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınmaya etkisi konusunda bir alan araştırması. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), 27-38.
- Beccali, M., Cellura, M. ve Mistretta, M., (2003). “Decision-making in Energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology”, *Renewable Energy*, 28:2063–2087.
- Bernardini, O., & Galli, R. (1993). Dematerialization: long-term trends in the intensity of use of materials and energy. *Futures*, 25(4), 431-448.
- Beyene, S., & Kotosz, B. (2020). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis: an empirical study for East African countries. *International Journal of Environmental Studies*, 77(4), 636-654.
- Bilgili, M. Y. (2017). Ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınma. *Journal of International Social Research*, 10(49).
- Bircan, İ. (2003). Kamuda stratejik yönetim ve AB politikaları. *Kamu Yönetiminde Kalite*, 3, 413-419.
- Boldeanu, F. T., & Constantinescu, L. (2015). The main determinants affecting economic growth. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Economic Sciences. Series V*, 8(2), 329.
- Bora, İ., & Atasoy, B. (2018). Finansal gelişmenin ve enerji tüketiminin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisinin çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde değerlendirilmesi. *Journal of Management and Economics Research*, 16(1), 145-160.

- Boran, F. E. (2018). A new approach for evaluation of renewable energy resources: A case of Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13(3), 196-204.
- Bozlağan, R. (2005). Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı. In *Journal of Social Policy Conferences* (No. 50, pp. 1011-1028).
- BP, (2021). Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-all-data.xlsx>
- Brundtland Commission. (1987). Our common future, Chapter 2: Towards sustainable development. *World Commission on Environment and Development (WCED)*. Geneva: United Nation.
- Bulut, U. (2021). Environmental sustainability in Turkey: an environmental Kuznets curve estimation for ecological footprint. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28(3), 227-237.
- Buriti, R. (2019). “Deep” or “Strong” Sustainability. *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education*, 376-385.
- Büyüközkan, G., & Güler, S. (2017). Evaluation of Renewable Energy Resources in Turkey using an integrated MCDM approach with linguistic interval fuzzy preference relations. *Energy*, 123, 149-163.
- Büyüközkan, G., Karabulut, Y., & Güler, M. (2018). Strategic renewable energy source selection for turkey with hesitant fuzzy MCDM method. In *Energy management—collective and computational intelligence with theory and applications* (pp. 229-250). Springer, Cham.
- Büyüközkan, G., Karabulut, Y., & Mukul, E. (2018). A novel renewable energy selection model for United Nations' sustainable development goals. *Energy*, 165, 290-302.
- Chaiboonsri, C., Sriboonjit, J., Sriwichailamphan, T., Chaitip, P., & Sriboonchitta, S. (2010). A panel cointegration analysis: An application

- to international tourism demand of Thailand. *Annals of the University of Petrosani Economics*, 10(3).
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Chang, Y. H. (2011). A path towards strong sustainability. *Status Review and Foundation Stakeholders Interviews: A Report*. Brisbane: University of Queensland and Michigan Institute of Technology, June.
- Chen, T., Wang, Y. T., Wang, J. Q., Li, L., & Cheng, P. F. (2020). Multistage decision framework for the selection of renewable energy sources based on prospect theory and PROMETHEE. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(5), 1535-1551.
- Cheng, C. H. (1996). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European journal of operational research*, 96(2), 343-350.
- Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of international money and Finance*, 20(2), 249-272.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Smyth, R., & Zhang, X. (2019). R&D intensity and carbon emissions in the G7: 1870–2014. *Energy Economics*, 80, 30-37.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2003). Trade and the Environment: Theory and Environment. *Princeton University Publishing House*.
- Costantini, V., & Monni, S. (2005). Sustainable human development for European countries. *Journal of Human Development*, 6(3), 329-351.
- Çakır, E., & Özdemir, M. (2016). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde uygulanması. *Business & Economics Research Journal*, 7(2).
- Çelikkbilek, Y., & Tüysüz, F. (2016). An integrated grey based multi-criteria decision making approach for the evaluation of renewable energy sources. *Energy*, 115, 1246-1258.

- Çolak, M., & Kaya, İ. (2017). Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, 80, 840-853.
- D'alisa, G, F. Demaria ve G. Kallis (der.) (2020) Küçülme, Yeni Bir Çağ İçin Kavram Dağarcığı, Metis yayınları, İstanbul.
- Damgacı, E. (2016). Alternatif enerji kaynaklarının sezgisel bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Damgacı, E., Boran, K., & Boran, F. E. (2017). Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(3), 628-637.
- Daniela-Mihaela, N. & Oana-Georgiana, C. (2015). Correlations between human development and economic growth. *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series*, 1, 118-122.
- Darende, P. (2019). *Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel yatırımlarının sezgisel bulanık mantık yöntemi ile incelenmesi* (Master's thesis, TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Demirtas, O. (2013). Evaluating the best renewable energy technology for sustainable energy planning. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(4S), 23-33.
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., & Brown, C. (2011). The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. *Sustainable development*, 19(5), 289-300.
- Derse, O., & Yontar, E. (2020). SWARA-TOPSIS yöntemi ile en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 31(3), 389-419.
- DESAUN. (2007). Department of Economic and Social Affairs United Nations. *The United Nations Development Agenda: development for all; goals, commitments and strategies agreed at the United Nations World Conferences and summits since 1990*. UN.

- Despotovic, D., Cvetanovic, S., Nedic, V., & Despotovic, M. (2016). Economic, social and environmental dimension of sustainable competitiveness of European countries. *Journal of environmental planning and management*, 59(9), 1656-1678.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2020). Disaggregated renewable energy consumption and environmental pollution nexus in G-7 countries. *Renewable energy*, 151, 1298-1306.
- Destek, M. A., Ulucak, R., & Dogan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387-29396.
- Deveci, K., Cin, R., & Kağızman, A. (2020). A modified interval valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to multi-criteria selection among renewable energy alternatives in Turkey. *Applied Soft Computing*, 96, 106660.
- DFID, G. B. (2008). Growth: building jobs and prosperity in developing countries. *London: Department for International Development*.
- Dhami, I., Deng, J., Strager, M., Conley, J. (2016). Suitability-Sensitivity Analysis of Nature-Based Tourism Using Geographic Information Systems and Analytic Hierarchy Process. *Journal of Ecotourism* 15(1): 1-28.
- Dietz, S., & Neumayer, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological economics*, 61(4), 617-626.
- Dinçer, B., Özaslan, M., & Kavasoğlu, T. (2003). İllerin ve bölgelerin sosyoekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması (2003)(Yayın No DPT 2671). *Ankara: TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü*.
- Dinçer, H., & Karakuş, H. (2020). Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir ekonomik kalkınma üzerindeki etkisi: BRICS ve MINT ülkeleri üzerine

- karşılaştırmalı bir analiz. *Esam Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 100-123.
- Dinçer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 4(2), 157-175.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.
- Doğan, H., & Uludağ, A. S. (2018). Yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi ve uygun tesis yeri seçimi: Türkiye’de bir uygulama. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14(2), 157-180.
- DPT. (2010). Devlet T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilâtı Müsteşarlığı. "Binyıl Kalkınma Hedefleri Raporu: Türkiye 2010" https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/tr/UNDP-TR-TR-2010-MDG-Report_TR.pdf Erişim: 07.10.2022.
- Duke, J. M. & Hyde, R. A. (2002). Identifying Public Preferences for Land Preservation Using The Analytic Hierarchy Process. *Ecological Economics* 42(1-2): 131- 145.
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Duran, D. C., Artene, A., Gogan, L. M., & Duran, V. (2015). The objectives of sustainable development-ways to achieve welfare. *Procedia Economics and Finance*, 26, 812-817.
- Ediger, V. Ş. (2009). Türkiye’nin sürdürülebilir enerji gelişimi. *TÜBA, Günce*, 39, 18-25.
- Ediger, V. Ş., & Huvaz, O. (2006). Examining the sectoral energy use in Turkish economy (1980–2000) with the help of decomposition analysis. *Energy Conversion and Management*, 47(6), 732-745.
- Elghamry, R., Hassan, H., & Hawwash, A. A. (2020). A parametric study on the impact of integrating solar cell panel at building envelope on its power, energy consumption, comfort conditions, and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119374.

- Engin, O., Sarucan, A., & Baysal, M. E. (2018). Türkiye için çok kriterli karar verme yöntemleri ile yenilenebilir enerji alternatiflerinin analizi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research*, 5(23), 1223-1231.
- Erataş, F., & Uysal, D. (2014). Çevresel Kuznets eğrisi yaklaşımının “BRICT” ülkeleri kapsamında değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 64(1), 1-25.
- Erdoğan, S. (2020). Analyzing the environmental Kuznets curve hypothesis: the role of disaggregated transport infrastructure investments. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102338.
- Erdoğan, M. (2013). Enerji alternatiflerinin bulanık çok ölçütlü değerlendirilmesi ve Türkiye için bir yol haritası. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.
- Erol, Ö. ve Kılış, B., (2012). “An energy source policy assessment using analytical hierarchy process”, *Energy Conversion and Management* 63:245–252.
- Ersungur, Ş. M., Kızıltan, A., & Polat, Ö. (2007). Türkiye’de Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması: Temel Bileşenler Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 55-66.
- Ertay, T., Kahraman, C., & Kaya, İ. (2013). Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(1), 38-62.
- Feldman, M., Hadjimichael, T., Lanahan, L., & Kemeny, T. (2016). The logic of economic development: A definition and model for investment. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 34(1), 5-21.
- Fisher. R. A. (1932). *Statistical Methods for Research Workers* (4. edition). Edinburgh: Oliver & Boyd.

- Fotis, P., & Polemis, M. (2018). Sustainable development, environmental policy and renewable energy use: A dynamic panel data approach. *Sustainable Development*, 26(6), 726-740.
- Frodyma, K., Papież, M., & Śmiech, S. (2022). Revisiting the environmental Kuznets curve in the European Union countries. *Energy*, 241, 122899.
- Galdeano-Gómez, E., Pérez-Mesa, J. C., & Godoy-Durán, Á. (2016). The social dimension as a driver of sustainable development: The case of family farms in southeast Spain. *Sustainability Science*, 11(2), 349-362.
- Gao, C., Zhu, S., An, N., Na, H., You, H., & Gao, C. (2021). Comprehensive comparison of multiple renewable power generation methods: A combination analysis of life cycle assessment and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111255.
- Gibbs, D. C., Longhurst, J., & Braithwaite, C. (1998). 'Struggling with sustainability': weak and strong interpretations of sustainable development within local authority policy. *Environment and Planning A*, 30(8), 1351-1365.
- Glasure, Y. U., & Lee, A. R. (1998). Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy:: The case of South Korea and Singapore. *Resource and Energy Economics*, 20(1), 17-25.
- Göksu, A. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Görez, T. ve Alkan, A. (2005), "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin, 19-21.
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Greenpeace. (2022). Atık oyunları-geri dönüşümsüz hayatlar. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-turkey-stateless/2022/02/>

1b359d83-atik-oyunlari-plastik-atiklarin-cevre-ve-saglik-etkisi-greenpeace-rapor-2022.pdf (erişim: 08.10.2022).

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," NBER Working Papers 3914, National Bureau of Economic Research, Inc.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.

Güler, B. A. (2003). Devlette Reform, Kamu Yönetimi Dünyası. *Türkiye Mimarlar Odası Sunuşu, Ankara*.

Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 389-397.

Güney, T. (2020). Renewable energy consumption and sustainable development in high-income countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-10.

Güney, T. (2021). Solar energy and sustainable development: Evidence from 35 countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-9.

Güney, T., & Kantar, K. (2020). Biomass energy consumption and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(8), 762–767.

Gürak, H. (2006). *Ekonomik büyüme ve küresel ekonomi*. Ekin Kitabevi.

Gürlük, S. (2010). Sürdürülebilir kalkınma gelişmekte olan ülkelerde uygulanabilir mi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(2), 85-99.

Hediger, W. (2006). Weak and strong sustainability, environmental conservation and economic growth. *Natural Resource Modeling*, 19(3), 359-394.

- Hedlund-de Witt, A. (2014). Rethinking sustainable development: Considering how different worldviews envision “development” and “quality of life”. *Sustainability*, 6(11), 8310-8328.
- Henderi, H., Wahyuningsih, T., & Rahwanto, E. (2021). Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer. *International Journal of Informatics and Information Systems*, 4(1), 13-20.
- Hillebrand, B., Buttermann, H. G., Behringer, J. M., & Bleuel, M. (2006). The expansion of renewable energies and employment effects in Germany. *Energy Policy*, 34(18), 3484-3494.
- Howarth, R. B. (2012). Sustainability, well-being, and economic growth. *Minding Nature*, 5(2), 32-39.
- Hsiao, C. (2014). Analysis of Panel Data (Cilt III). New York, USA: Cambridge University Press.
- Ibimilua, F. O. (2011). Linkages between poverty and environmental degradation. *African Research Review*, 5(1).
- Im, K. S., Pesaran, M. H. & Shin, Y. (1997). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels, Mimeo, *Department of Applied Economics*, University of Cambridge.
- Im, K., Pesaran, M. H. & Shin, Y. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.
- Ishfaq, S., Ali, S., & Ali, Y. (2018). Selection of optimum renewable energy source for energy sector in Pakistan by using MCDM approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 2(1), 61-71.
- Jackson, T. (2009). Prosperity without growth?: The transition to a sustainable economy.

- Jin, H., Qian, X., Chin, T., & Zhang, H. (2020). A global assessment of sustainable development based on modification of the human development index via the entropy method. *Sustainability*, 12(8), 3251.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12(2-3), 231-254.
- John, T. J., & Abel, R. (2002). Sustainable development and health: an Indian perspective. *The Lancet*, 360(9333), 638-639.
- Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. (5th. Ed). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (1992). Applied multivariate statistical analysis. *New Jersey*, 405.
- Jolliffe, I. T. (2002). Principal component analysis for special types of data (pp. 338-372). Springer New York.
- Kabak, M., & Dağdeviren, M. (2014). Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. *Energy conversion and management*, 79, 25-33.
- Kabir, A. B. M. Z., & Shihan, S. M. A. (2003). Selection of renewable energy sources using analytic hierarchy process. In *International symposium on the analytic hierarchy process, Bali*.
- Kahraman, C., & Kaya, İ. (2010). A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives. *Expert systems with applications*, 37(9), 6270-6281.
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*.
- Kahraman, C., Kaya, I., & Çebi, S. (2010). Renewable energy system selection based on computing with words. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3(4), 461-473.
- Kahraman, C., Kaya, İ., & Cebi, S. (2009). A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using

- fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*, 34(10), 1603-1616.
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of econometrics*, 90(1), 1-44.
- Kar, M. & Taban, S. (2014). Kalkınma Ekonomisi, 1. Basım, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Karaaslan, A., & Aydın, S. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarının çok kriterli karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi: Türkiye örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(4), 1351-1375.
- Karaca, C., & Ulutaş, A. (2018). Entropi ve Waspa yöntemleri kullanılarak Türkiye için uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi. *Ege Academic Review*, 18(3), 483-494.
- Karaca, C., Ulutaş, A., & Eşgünoğlu, M. (2017). Türkiye’de optimal yenilenebilir enerji kaynağının COPRAS yöntemiyle tespiti ve yenilenebilir enerji yatırımlarının istihdam artırıcı etkisi. *Maliye Dergisi*, 172, 111-132.
- Karadağ Albayrak, Ö. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri ve değerlendirme kriterlerinin incelenmesi: 2017-2020. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(4), 1287-1310.
- Karakaş, E. (2019). Evaluation of renewable energy alternatives for Turkey via modified fuzzy AHP.
- Karakaş, E., & Yıldırım, O. V. (2019). Evaluation of Renewable Energy Alternatives for Turkey via Modified Fuzzy AHP. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 31–39.
- Karakış, E. (2019). Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS ile bütünleşik karar destek modeli önerisi: Özel okullarda öğretmen seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (53), 112-137.

- Karatop, B., Taşkan, B., Adar, E., & Kubat, C. (2021). Decision analysis related to the renewable energy investments in Turkey based on a Fuzzy AHP-EDAS-Fuzzy FMEA approach. *Computers & Industrial Engineering*, 151, 106958.
- Kartal, H. M., Acaroğlu, H., & Márquez, F. P. G. (2022). The Validity of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Through Energy Intensity in Turkey, Iran, and Bulgaria. In *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Management Science and Engineering Management–Volume 2* (pp. 526-535). Cham: Springer International Publishing.
- Kaya Kanlı, N., & Küçükefe, B. (2022). Is the environmental Kuznets curve hypothesis valid? A global analysis for carbon dioxide emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 1-29.
- Kaya, İ., & Kahraman, C. (2011). Evaluation of green and renewable energy system alternatives using a multiple attribute utility model: the case of Turkey. In *Soft computing in green and renewable energy systems* (pp. 157-182). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kaya, T., & Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, 35(6), 2517-2527.
- Kayahan Karakul, A. (2020). Bulanık AHP yöntemi ile yenilenebilir enerji kaynağı seçimi. *Journal of Social Sciences Institute/Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(19).
- Kayakutlu, G. ve Ercan, S. (2015), “Regional Energy Portfolio Construction: Case Studies in Turkey. In *Sustainable Future Energy Technology and Supply Chains*”, Springer International Publishing, 107-126.
- Keçek, Y. & Yıldırım, A. (2010). Kurumsal kaynak planlama (ERP) sisteminin analitik hiyerarşi süreci (ahp) ile seçimi: otomotiv sektöründe bir uygulama . Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 15 (1) , 193-211 .

- Kenny, R., Law, C. ve Pearce, J.M. (2010), “Towards Real Energy Economics: Energy Policy Driven by Life-Cycle Carbon Emission”, *Energy Policy*, 38(4), 1969-1978.
- Kılıç, M., 2015. Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Bulanık Tabanlı Bir Yaklaşım. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kohli, M. (2016). Social dimension of sustainable development. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 6(3), 275-279.
- Koilo, V. (2019). Evidence of the Environmental Kuznets Curve: Unleashing the opportunity of industry 4.0 in emerging economies. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(3), 122.
- Kong, Y., & Khan, R. (2019). To examine environmental pollution by economic growth and their impact in an environmental Kuznets curve (EKC) among developed and developing countries. *PloS one*, 14(3), e0209532.
- Kuru, A. & Akın, B. (2012). Entegre yönetim sistemlerinde çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanımına yönelik yaklaşımlar ve uygulamaları . *Öneri Dergisi* , 10 (38), 129-144 .
- Kuşkaya, S. (2022). Residential solar energy consumption and greenhouse gas nexus: Evidence from Morlet wavelet transforms. *Renewable Energy*, 192, 793-804.
- Kwatra, S., Kumar, A., & Sharma, P. (2020). A critical review of studies related to construction and computation of Sustainable Development Indices. *Ecological Indicators*, 112, 106061.
- Lee, H. C., & Chang, C. T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable Energy sources in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 883-896.
- Lemke, C., & Bastini, K. (2020). Embracing multiple perspectives of sustainable development in a composite measure: The Multilevel

- Sustainable Development Index. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118884.
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*, 108(1), 1-24.
- Li, F., Liu, X., Hu, D., Wang, R., Yang, W., Li, D., & Zhao, D. (2009). Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City. *Landscape and urban planning*, 90(3-4), 134-142.
- Li, X., Zhu, S., Yüksel, S., Dinçer, H., & Ubay, G. G. (2020). Kano-based mapping of innovation strategies for renewable energy alternatives using hybrid interval type-2 fuzzy decision-making approach. *Energy*, 211, 118679.
- Ligus, M., & Peternek, P. (2018). Determination of most suitable low-emission energy Technologies development in Poland using integrated fuzzy AHP-TOPSIS method. *Energy Procedia*, 153, 101-106.
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117.
- Lisowski, A. (2018). Constructing Indicators for Measuring Provincial Sustainable Development Index in Vietnam. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 35, p. 06003). EDP Sciences.
- Liu, J., Qu, J., & Zhao, K. (2019). Is China's development conforms to the Environmental Kuznets Curve hypothesis and the pollution haven hypothesis?. *Journal of Cleaner Production*, 234, 787-796.
- Ma, X., Ahmad, N. ve Oei, PY (2021). Fransa ve Almanya'da çevresel Kuznets eğrisi: Yenilenebilir ve yenilenemez enerjinin rolü. *Yenilenebilir Enerji* , 172 , 88-99.

- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 631-652.
- Maddala, G.S. ve Shaowen Wu (1999). “A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test”. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 61 (1): 631-652.
- Mania, E. (2020). Export diversification and CO2 emissions: an augmented environmental Kuznets curve. *Journal of International Development*, 32(2), 168-185.
- Markandya, A., Harou, P., Bellu, L. G., & Cistulli, V. (2002). *Environmental economics for sustainable growth: A handbook for practitioners*. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Massagony, A., & Budiono. (2022). Is the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis valid on CO2 emissions in Indonesia?. *International Journal of Environmental Studies*, 1-12.
- Mathur, J., Bansal, N. K., & Wagner, H. J. (2002). Energy and environmental correlation for renewable energy systems in India. *Energy Sources*, 24(1), 19-26.
- McConnell, C. R., Brue, S. L., & Flynn, S. M. (1987). *Economics: Principles, problems, and policies* (No. 330 M3.). New York: McGraw-Hill.
- Meadows, D. (1978). Ekonomik Büyümenin Sınırları (Çev./Kemal Tosun) İstanbul Üniversitesi Yayını.
- Menegaki, A. N. (2019). The ARDL method in the energy-growth nexus field; best implementation strategies. *Economies*, 7(4), 105.
- Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent social sciences*, 5(1), 1653531.
- Mignaqui, V. (2014). Sustainable development as a goal: social, environmental and economic dimensions. *The International Journal of Social Quality*, 4(1), 57-77.

- Missimer, M. (2015). *Social sustainability within the framework for strategic sustainable development* (Doctoral dissertation, Blekinge Tekniska Högskola).
- Morsünbül Parmaksız, T. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirliklerinin önceliklendirmesi: çoklu kriterli karar verme yaklaşımı. *Hacettepe Çevre Mühendisliği Bölümü. Doktora Tezi, Ankara.*
- Mourmouris, J. C., & Potolias, C. (2013). A multi-criteria methodology for energy planning and developing renewable energy sources at a regional level: A case study Thassos, Greece. *Energy Policy*, 52, 522-530.
- Munasinghe, M. (2009). Sustainable development in practice. *Cambridge: New York, NY, USA.*
- Murshed, M., Ferdaus, J., Rashid, S., Tanha, MM ve İslam, MJ (2021). Bangladeş'teki ormansızlaşma için Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi: çoklu yapısal kırılmalara sahip bir ARDL analizi. *Enerji, Ekoloji ve Çevre* , 6 (2), 111-132.
- Murshed, M., Haseeb, M., & Alam, M. S. (2021). The environmental Kuznets curve hypothesis for carbon and ecological footprints in South Asia: the role of renewable energy. *GeoJournal*, 87(3), 2345-2372.
- Narasimhan, R. (1983). An analytical approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Materials management*, 19(4), 27-32.
- Neumayer, E. (2001). The human development index and sustainability—a constructive proposal. *Ecological Economics*, 39(1), 101-114.
- Nigim, K., Munier, N., & Green, J. (2004). Pre-feasibility MCDM tools to aid communities in prioritizing local viable renewable energy sources. *Renewable energy*, 29(11), 1775-1791.
- Niu, D., Zhen, H., Yu, M., Wang, K., Sun, L., & Xu, X. (2020). Prioritization of renewable energy alternatives for China by using a hybrid FMCDM methodology with uncertain information. *Sustainability*, 12(11), 4649.

- Oakley, P., & Garforth, C. (1985). *Guide to extension training* (No. 11). Food & Agriculture Org.(FAO) Training series, No:11. Rome, Italy.
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, 28, 494-499.
- OECD. (2008). Joint Research Centre-European Commission. (2008). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. OECD publishing.
- Olale, E., Ochuodho, T. O., Lantz, V., & El Armali, J. (2018). The environmental Kuznets curve model for greenhouse gas emissions in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 184, 859-868.
- Omann, I., & Spangenberg, J. H. (2002). Assessing social sustainability the social dimension of sustainability in a socio-economic scenario.
- Onifade, S. T. (2022). Retrospecting on resource abundance in leading oil-producing African countries: how valid is the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in a sectoral composition framework?. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(35), 52761-52774.
- O'Sullivan, M. ve Edler, D. (2020). Almanya'daki yenilenebilir enerji endüstrisindeki brüt istihdam etkileri—2000'den 2018'e bir girdi-çıktı analizi. *Sürdürülebilirlik* , 12 (15), 6163.
- Ozcan, B., Apergis, N., & Shahbaz, M. (2018). A revisit of the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey: new evidence from bootstrap rolling window causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32381-32394.
- Örnek, İ., & Türkmen, S. (2019). Gelişmiş ve yükselen piyasa ekonomilerinde çevresel Kuznets eğrisi hipotezi'nin analizi. *Journal of the Cukurova University Institute of Social Sciences*, 28.

- Öymen, G. (2020). Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik üzerindeki rolü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 1069-1087.
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Tamer, Eren, T. (2017). ANP ve TOPSIS yöntemleriyle Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 204-219.
- Özgün, K. (2020). Towards a sustainability assessment model for urban public space renewable energy infrastructure. *Energies*, 13(13), 3428.
- Özkale, C., Celik, C., Turkmen, A. C., & Cakmaz, E. S. (2017). Decision analysis application intended for selection of a power plant running on renewable energy sources. *Renewable and sustainable energy reviews*, 70, 1011-1021.
- Özşahin, Ş. (2012). Türkiye ekonomisinde finansal liberalizasyon ve ekonomik büyüme etkileşiminin ARDL yöntemi ile analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(23), 379-413.
- Öztürk, B. (2011). *Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Öztürk, L. (2007). Sürdürülebilir kalkınma. *Ankara: İmaj Yayıncılık*, 34, 128.
- Pabuçcu, H. ve Ayan, T. Y. (2013). Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 89-110.
- Paksoy, T., Pehlivan, N. Y., & Kahraman, C. (2012). Organizational strategy development in distribution channel management using fuzzy AHP and hierarchical fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2822-2841.

- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. World Employment Programme Research. *ILO: Geneva, Switzerland*.
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(3), 1513-1524.
- Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392.
- Paul, B. D. (2008). A history of the concept of sustainable development: literature review. *The Annals of the University of Oradea, Economic Sciences Series*, 17(2), 576-580.
- Paul, B. P. (2014). Testing export-led growth in Bangladesh: An ARDL bounds test approach. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 5(1), 1-5.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 653-670.
- Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econometric theory*, 20(3), 597-625.
- Pelling, M. (2008). 6.3 The Rio Earth Summit. *The Companion to Development Studies*.
- Perelet, R., Mason, P., Markandya, A., & Taylor, T. (2014). *Dictionary of environmental economics*. Routledge.
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1999). *An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis* (Vol. 9514). Cambridge, UK: Department of Applied Economics, University of Cambridge.

- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Petrini, M. A., Rocha, J. V., Brown, J. C., Bispo, R. C. (2016). Using an Analytic Hierarchy Process Approach to Prioritize Public Policies Addressing Family Farming in Brazil. *Land Use Policy* 51: 85-94.
- Pınar, M., Cruciani, C., Giove, S., & Sostero, M. (2014). Constructing the FEEM sustainability index: A Choquet integral application. *Ecological Indicators*, 39, 189-202.
- Pisano, U., Endl, A., & Berger, G. (2012). The Rio+ 20 Conference 2012: Objectives, processes and outcomes. *ESDN Quarterly Report*, 25.
- Price, C. (1997). *Sustainable development and health: concepts, principles and framework for action for European cities and towns* (No. EUR/ICP/POLC060305a). World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Prieur, F. (2009). The environmental Kuznets curve in a world of irreversibility. *Economic Theory*, 40(1), 57-90.
- Qubaisi, A., Badri, M., Mohaidat, J., Al Dhaheri, H., Yang, G., Al Rashedi, A., & Greer, K. (2016). An analytic hierarchy process for school quality and inspection: Model development and application. *International Journal of Educational Management* 30(3): 437-459.
- Rahma, H., Fauzi, A., Juanda, B., & Widjojanto, B. (2019). Development of a composite measure of regional sustainable development in Indonesia. *Sustainability*, 11(20), 5861.
- Rahman, M. M., & Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy*, 147, 399-408.
- Rani, P., Mishra, A. R., Mardani, A., Cavallaro, F., Alrasheedi, M., & Alrashidi, A. (2020). A novel approach to extended fuzzy TOPSIS

- based on new divergence measures for renewable energy sources selection. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120352.
- Rani, P., Mishra, A. R., Pardasani, K. R., Mardani, A., Liao, H., & Streimikiene, D. (2019). A novel VIKOR approach based on entropy and divergence measures of Pythagorean fuzzy sets to evaluate renewable energy technologies in India. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117936.
- Raza, S. A., Shah, N., & Khan, K. A. (2020). Residential energy environmental Kuznets curve in emerging economies: the role of economic growth, renewable energy consumption, and financial development. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 5620-5629.
- Raza, S. S., Janajreh, I., & Ghenai, C. (2014). Sustainability index approach as a selection criteria for energy storage system of an intermittent renewable energy source. *Applied Energy*, 136, 909-920.
- Razmi, J., Rahnejat, H. ve Khan, M. K. (2002), “The New Concept of Manufacturing “DNA” within an Analytic Hierarchy Process-Driven Expert System”, *European Journal of Innovation Management*, 3(4): 199-211.
- Ren, J., & Sovacool, B. K. (2015). Prioritizing lowcarbon energy sources to enhance China’s Energy security. *Energy Conversion And Management*, 92, 129-136.
- Restifo, F. & Grasso, C. T. (2013). Franciscans International “Development: Sustainable for whom?” Reflections to Understand Contemporary Challenges. Franciscans International. Geneva.
- Robles Algarin, C. A., Polo Llanos, A., & Ospino Castro, A. (2017). An Analytic Hierarchy Process Based Approach for Evaluating Renewable Energy Sources. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(4), 38–47.

- Rosen, M. A. (2018). Issues, concepts and applications for sustainability. *Glocalism: Journal of Culture, Politics and Innovation*, 3, 1-21.
- Ruan, D., Lu, J., Laes, E., Zhang, G., Ma, J. ve Meskens, G., (2010). “Multicriteria Group Decision Support with Linguistic Variables in Long-term Scenarios for Belgian Energy Policy”, *Journal of Universal Computer Science*, 16:103-120.
- Rutovitz, J. (2010). South African Energy Sector Jobs to 2030. Greenpeace Africa by the Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney, Greenpeace Africa, Johannesburg.
- Rutovitz, J. ve Harris, S. (2012). Calculating Global Energy Sector Jobs: 2012 Methodology. Prepared for Greenpeace International by the Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney.
- Saaty, T. L. (1990). How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 9-26.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process Mcgraw Hill, New York. *Agricultural Economics Review*, 70.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. RWS publications.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making with The Analytic Hierarchy Process. *International Services Sciences* 1(1): 83-98.
- Saaty, T. L., & Tran, L. T. (2007). On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8), 962-975.
- Sadeghi, A., Larimian, T., & Molabashi, A. (2012). Evaluation of renewable energy sources for generating electricity in province of Yazd: a fuzzy MCDM approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 1095-1099.

- Sağır, H., & Doğanalp, B. (2016). Bulanık çok kriterli karar verme perspektifinden Türkiye için enerji kaynakları Değerlendirmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 233-256.
- San Cristóbal, J. R. (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The VIKOR method. *Renewable energy*, 36(2), 498-502.
- Saraç B, Alptekin N (2017) Türkiye’de İllerin Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerine Göre Değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi* 13(1): 19-49.
- Sarkodie, S. A., & Ozturk, I. (2020). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Kenya: a multivariate analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109481.
- SDR, (2022), Sustainable Development Report 2022: From Crisis to Sustainable Development: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond, Bertelsmann Stiftung. doi.org/10.1017/9781009210058
- Seydioğulları, H. S. (2013). Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji. *Planlama Dergisi*, 23(1), 19-25.
- Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford economic papers*, 757-773.
- Shah, S. A. A., Zhou, P., Walasai, G. D., & Mohsin, M. (2019). Energy security and environmental sustainability index of South Asian countries: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 106, 105507.
- Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of environmental Kuznets curve for CO2 emission: role of renewable energy generation in India. *Renewable energy*, 119, 703-711.
- Sitorus, F., & Brito-Parada, P. R. (2020). A multiple criteria decision making method to weight the sustainability criteria of renewable Energy

- technologies under uncertainty. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109891.
- Sohn, L. B. (1973). Stockholm declaration on the human environment, the. *Harv. Int'l. LJ*, 14, 423.
- Solangi, Y. A., Longsheng, C., Shah, S. A. A., Alsanad, A., Ahmad, M., Akbar, M. A., ... & Ali, S. (2020). Analyzing renewable energy sources of a developing country for sustainable development: an integrated fuzzy based-decision methodology. *Processes*, 8(7), 825.
- Solangi, Y. A., Tan, Q., Mirjat, N. H., Valasai, G. D., Khan, M. W. A., & Ikram, M. (2019). An integrated Delphi-AHP and fuzzy TOPSIS approach toward ranking and selection of renewable energy resources in Pakistan. *Processes*, 7(2), 118.
- Soubbotina, T. P. (2004). *Beyond economic growth: An introduction to sustainable development*. World Bank Publications.
- Spaiser, V., Scott, K., Owen, A., & Holland, R. (2019). Consumption-based accounting of CO2 emissions in the sustainable development goals agenda. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(4), 282–289.
- Stein, E.W. (2013), “A Comprehensive Multi-Criteria Model to Rank Electric Energy Production Technologies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 640-654.
- Stern, D., & Cleveland, C. J. (2004). Energy and Economic Growth (Rensselaer Working Papers in Economics). *Rensselaer Polytechnic Institute, Department of Economics*.
- Stojanović, M. (2013). Multi-Criteria decision-making for selection of Renewable Energy Systems. *Safety engineering*, 3(2), 115-120.
- Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. J. (2017). Assessment of the economic, social and environmental dimensions of the indicators for sustainable development. *Sustainable development*, 25(3), 242-253.

- Sun, H., Mohsin, M., Alharthi, M., & Abbas, Q. (2020). Measuring environmental sustainability performance of South Asia. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119519.
- Şahin, D. K. (2018). Yeşil Ekonomi Ve Sürdürülebilir Büyüme İlişkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri İçin Ampirik Analiz. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(18), 561-573.
- Şanlı, İ. D., & Armağan, R. (2017). Sürdürülebilir kalkınma perspektifinden yenilenebilir enerji: kamu politikalarının gerekliliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(19), 93-109.
- Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V., & Şengül, A. B. (2015). Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. *Renewable energy*, 75, 617-625.
- Tasri, A., & Susilawati, A. (2014). Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. *Sustainable energy technologies and assessments*, 7, 34-44.
- Tatlıdil, H. (2002). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, Akademi Matbaası, Ankara.
- TCSBB. (2019). TC Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı. "Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu." *Ankara: TC Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Yönetim Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bilgi ve Belge Yönetimi Dairesi Başkanlığı*.
- Tiba, S., & Belaid, F. (2021). Modeling the nexus between sustainable development and renewable energy: The African perspectives. *Journal of Economic Surveys*, 35(1), 307-329.
- Toklu, M. C., & Taşkın, H. (2018). A fuzzy hybrid decision model for renewable energy sources selection. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN)*, 4(1), 6-10.

- Tomislav, K. (2018). The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics & Business*, 21(1), 67-94.
- Topçu, Y.i. ve Ülengin, F., (2004). “Energy for the future: An integrated decision aid for the case of Turkey”, *Energy* 29:137–154.
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 147-160.
- Troldborg, M., Heslop, S., & Hough, R. L. (2014). Assessing the sustainability of renewable energy technologies using multi-criteria analysis: Suitability of approach for national-scale assessments and associated uncertainties. *Renewable and sustainable energy reviews*, 39, 1173-1184.
- Tsoutsos, T., Drandaki, M., Frantzeskaki, N., Iosifidis, E., & Kiosses, I. (2009). Sustainable Energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy policy*, 37(5), 1587-1600.
- Tsurumi, T., & Managi, S. (2010). Decomposition of the environmental Kuznets curve: scale, technique, and composition effects. *Environmental Economics and Policy Studies*, 11(1), 19-36.
- Tuş Işık, A. (2011). Bütünleşik Üretim Planlamasında Bulanık Mantık ve Bir Uygulama. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Aydın.
- Türkşen, İ. B. (2015). Dereceli (Bulanık) Sistem Modelleri. Abaküs. İstanbul.
- Tzeremes, P. (2019). Does the environmental Kuznets curve exist in the Chinese regions?. *Global Economic Review*, 48(4), 363-377.
- Ulucak, R., & Erdem, E. (2014). Çevre-iktisat ilişkisi ve Türkiye’de çevre politikalarının etkinliği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 4(6), 78-98.
- Ulutaş, B.H., (2005). “Determination of the appropriate energy policy for Turkey”, *Energy*, 30: 1146–1161.

- Ünal, Ö. F. (2012). Performans değerlemede analitik hiyerarşi prosesi (AHP) uygulamaları. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 37-55.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
- Wang, B., Kocaoglu, D.F., Daim, T.U. ve Yang, J. (2010). “A decision model for energy resource selection in China”, *Energy Policy*, 38:7130–7141.
- Wang, G. (2001). *Product-enabled design and evaluation of manufacturing supply chain: an integrated multi-criteria decision-based methodology*. The University of Toledo.
- Wang, Y., Xu, L., & Solangi, Y. A. (2020). Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101861.
- WCED (1987), Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (Erişim tarihi: 01.10.2022)
- Yakıcı Atan, T. Ve Pabuçcu, H. (2013). Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 89-110.
- Yandle, B., Bhattarai, M., & Vijayaraghavan, M. (2004). Environmental Kuznets curves: a review of findings, methods, and policy implications.
- Yaylı, H. (2007). Sürdürülebilir Kalkınmanın Sürdürülebilirliği. In *International Conference On Advances In Natural & Applied Sciences*.
- Yazdani-Chamzini, A., Fouladgar, M. M., Zavadskas, E. K., & Moini, S. H. H. (2013). Selecting the optimal renewable energy using multi criteria

- decision making. *Journal of Business Economics and Management*, 14(5), 957-978.
- Yeni, O. (2014). Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma: bir yazın taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 181-208.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2012). Panel Veri Ekonometrisi. İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Yıldırım, B. F., & Önder, E. (2014). İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel Ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. *Dora Yayınları, Bursa*.
- Yıldız, A. (2013). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi ve Ekonomik Sipariş Miktarının Tespiti: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yılğör, M., Özekin A. ve Yılmaz, M. (2017). G8 Ülkelerinde Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla ve İhracat İlişkisi: Bir Panel Veri Analizi. *Route Educational and Social Science Journal*, 4(8), 413-427.
- Yılmaz, E. A., & Can Öziç, H. (2018). Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli ve gelecek hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535.
- Yi, S. K., Sin, H. Y., & Heo, E. (2011). Selecting sustainable renewable energy source for energy assistance to North Korea. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(1), 554-563.
- Yılan, G., Kadirgan, M. N., & Çiftçioğlu, G. A. (2020). Analysis of electricity generation options for sustainable energy decision making: The case of Turkey. *Renewable Energy*, 146, 519-529.
- Yu, E. S., & Choi, J. Y. (1985). The causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *The Journal of Energy and Development*, 249-272.

- Yu, J., Tang, Y. M., Chau, K. Y., Nazar, R., Ali, S., & Iqbal, W. (2022). Role of solar-based renewable energy in mitigating CO₂ emissions: evidence from quantile-on-quantile estimation. *Renewable Energy*, 182, 216-226.
- Yuan, J., Li, C., Li, W., Liu, D., & Li, X. (2018). Linguistic hesitant fuzzy multi-criterion decision-making for renewable energy: A case study in Jilin. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3201-3214.
- Yücel, G., & Kurnaz, L. (2021). *Yeni Gerçeğimiz Sürdürülebilirlik*. Yeni İnsan Yayınevi.
- Yücenur, G. N., Çaylak, Ş., Gönül, G., & Postalcioglu, M. (2020). An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy*, 145, 2587-2597.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets. *Information And Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L. A., Bellman, R. E., 1970. Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 17(4), B141-B164.
- Zhao, J., Patwary, A. K., Qayyum, A., Alharthi, M., Bashir, F., Mohsin, M., ... & Abbas, Q. (2022). The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy. *Energy*, 238, 122029.
- Zhao, W., Liu, Y., & Huang, L. (2022). Estimating environmental Kuznets Curve in the presence of eco-innovation and solar energy: an analysis of G-7 economies. *Renewable Energy*, 189, 304-314.
- Zheng, G., & Wang, X. (2020). The comprehensive evaluation of renewable energy system schemes in tourist resorts based on VIKOR method. *Energy*, 193, 116676.
- Zhu, L., Fang, W., Rahman, S. U., & Khan, A. I. (2023). How solar-based renewable energy contributes to CO₂ emissions abatement? Sustainable environment policy implications for solar industry. *Energy & Environment*, 34(2), 359-378.

EKLER

EK 1: Sürdürülebilir Kalkınma Endeksinde Kullanılan Kriterler

EK-Tablo 1: Endeks Oluşturulmasında Kullanılan Kriterler

Sürdürülebilirlik Boyutları	Göstergeler	Açıklama	Kaynak
Ekonomik Boyut	Ar-Ge	Ar-Ge harcamaları/GSYİH	Pınar ve öte., 2014; Despotovic ve öte., 2016; Lisowski, 2018; Sun ve öte., 2020; Lemke ve Bastini, 2020.
	Yabancı Yatırımlar	Doğrudan Yabancı Yatırım, Net Girişler (GSYİH İçerisindeki Yüzdesi)	Pınar ve öte., 2014; Despotovic ve öte., 2016; Lemke ve Bastini, 2020;
	Kişi başına GSYİH	GSYİH/nüfus	Ahmed, 2010; Pınar ve öte., 2014; Lisowski, 2018; Lemke ve Bastini, 2020.
	Kamu Borcu	Kamu borcu/GSYİH	Ahmed, 2010; Pınar ve öte., 2014; Strezov, Evans ve Evans, 2017.
	İstihdam	15+ İstihdamın Nüfusa Oranı (%)	Galdeano-Gómez, Pérez-Mesa ve Godoy-Durán, 2016; Lisowski, 2018.
	Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu	GSYİH İçerisindeki Yüzdesi	Lisowski, 2018; Lemke ve Bastini, 2020; Li ve öte., 2009.
Sosyal Boyut	Nüfus yoğunluğu	Ülkenin toplam nüfusu/toplam alanı	Pınar ve öte., 2014; Missimer, 2015; Kohli, 2016.
	Sağlık	Sağlık harcamaları/GSYİH	Pınar ve öte., 2014; Missimer, 2015; Strezov, Evans ve Evans, 2017; Lisowski, 2018.
	Gıda Harcaması	Gıda Harcamaları/Toplam Harcamalar	Omann ve Spangenberg, 2002; Pınar ve öte., 2014; Kohli, 2016.
	Beşeri Sermaye	Beşeri Sermaye Endeksi	Dempsey ve öte., 2011; Galdeano-Gómez, Pérez-Mesa ve Godoy-Durán, 2016
	Gelir Dağılımında Adalet	Gini	Ahmed, 2010; Dempsey ve öte., 2011; Mignaqui, 2014; Missimer, 2015; Strezov, Evans ve Evans, 2017;
	Doğumda Beklenen Yaşam Süresi	Toplam (Yıl)	Ahmed, 2010; Dempsey ve öte., 2011; Mignaqui, 2014; Missimer, 2015; Strezov, Evans ve Evans, 2017;
Çevresel Boyut	Co2 Emisyonu	Co2 Emisyonu/ Nüfus	Pınar ve öte., 2014; Lisowski, 2018; Sun ve öte., 2020; Lemke ve Bastini, 2020.
	Metan Emisyonu	Metan Emisyonu/ Nüfus	Dempsey ve öte., 2011; Strezov, Evans ve Evans, 2017; Sun ve öte., 2020.
	Enerji Yoğunluğu	Toplam Birincil Enerji Arzu/GSYİH	Pınar ve öte., 2014; Strezov, Evans ve Evans, 2017; Sun ve öte., 2020.
	Orman Alanı Oranı	Arazi Alanının Yüzdesi	Strezov, Evans ve Evans, 2017; Lisowski, 2018; Sun ve öte., 2020; Jin ve öte., 2020.
	Katı atık (Kg)	Kişi Başına Üretilen Belediye Atığı	Strezov, Evans ve Evans, 2017; Lisowski, 2018; Lemke ve Bastini, 2020.

EK 2: Panel Veri Analizi Korelasyon Matrisi

EK-Tablo 2: Korelasyon Matrisi

	ECOSI	SOCSI	ENVSI	SDI	OPEN	INF	URBAN	INDRY	TOTAL	HYDRO	GEOT	SOLAR	WIND	BIOMASS
ECOSI	1.000													
SOCSI	0.036	1.000												
ENVSI	0.059	0.276***	1.000											
SDI	0.366***	0.413***	0.500***	1.000										
OPEN	0.005	0.014	0.134***	0.080**	1.000									
INF	0.025	0.025	-0.186***	-0.133***	-0.073*	1.000								
URBAN	0.135***	0.052	0.027	0.082**	-0.008	0.158***	1.000							
INDRY	0.203***	0.108***	0.309***	0.354***	0.137***	-0.137***	-0.006	1.000						
TOTAL	-0.014	0.06	0.177***	0.094**	0.107***	-0.034	0.081**	0.015	1.000					
HYDRO	-0.032	-0.001	-0.025	-0.024	-0.087**	0.038	0.077**	-0.103***	0.867***	1.000				
GEOT	0.005	0.015	0.008	0.015	-0.078**	0.087**	0.149***	-0.113***	0.432***	0.397***	1.000			
SOLAR	0.075*	0.035	0.376***	0.256***	0.361***	-0.123***	0.065*	0.085**	0.221***	-0.109***	-0.081**	1.000		
WIND	-0.009	0.141***	0.372***	0.170***	0.261***	-0.138***	-0.023	0.270***	0.295***	-0.161***	-0.100**	0.455***	1.000	
BIOMASS	0.042	0.073*	0.297***	0.200***	0.449***	-0.148***	-0.035	0.180***	0.373***	-0.047	-0.135***	0.576***	0.625***	1.000
***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.														

EK 3: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler

EK-Tablo 3: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler

Ana Kriter	Alt Kriterler	Referans
Teknik Boyutlar	Verimlilik	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Görez ve Alkan, 2005; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkbilek ve Tüysüz, 2016; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2018; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Güvenli Olma	Beccali ve öte., 2003; Raza ve öte., 2014; Solangi ve öte., 2019; Ligus ve Peternek 2018; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Sağır ve Doğanalp, 2016; Kahraman ve Kaya, 2010; Ulutaş, 2005; Ruan ve öte., 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erol ve Kılıkış, 2012; Erdoğan, 2013; Darende, 2019; Doğan ve Uludağ, 2018; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkbilek ve Tüysüz, 2016; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017.
	Kurulu Güç Kapasitesi	Kayahan Karakul, 2020; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Görez ve Alkan, 2005; Doğan ve Uludağ, 2018; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Büyüközkan ve Güler, 2017; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020.
	Teknoloji Olgunluğu	Demirtaş, 2013; Ren ve Sovacool, 2015; Özkale ve öte., 2017; Derse ve Yontar, 2020; Wang, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Boran, 2018; Çelikkbilek ve Tüysüz, 2016; Alkan ve Albayrak, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2017; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017.
	Rezerv Miktarı	Sağır ve Doğanalp, 2016; Karaca ve Ulutaş, 2018; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Görez ve Alkan, 2005; Doğan ve Uludağ, 2018; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Boran, 2018; Alkan ve Albayrak, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2017.
	Tesisin Teslim Süresi	Wang ve öte., 2020; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Doğan ve Uludağ, 2018; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çolak ve Kaya, 2017.
	Tesisin Hizmet Ömrü	Zheng ve Wang 2020; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Görez ve Alkan, 2005; Doğan ve Uludağ, 2018; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Alkan ve Albayrak, 2020; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017.
	Kurulumun ve Üretimin Basitliği	Raza ve öte., 2014; Derse ve Yontar, 2020; Karatop ve öte., 2021; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkbilek ve Tüysüz, 2016; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017.
	Kaynağa Erişim Kolaylığı	Erol ve Kılıkış, 2012; Erdoğan, 2013; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkbilek ve Tüysüz, 2016; Çolak ve Kaya, 2017.

EK-Tablo 4: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler (devamı)

Ana Kriter	Alt Kriterler	Referans
Ekonomik Boyutlar	İlk Yatırım Maliyeti	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Raza, Janajreh ve Ghenai, 2014; Yücenur, Çaylak, Gönül ve Postalcıoğlu, 2020; Alizadeh, Soltanisehat, Lund ve Zamanisabzi, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Sağır ve Doğanalp, 2016; Ulutaş, 2005; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kenny, Law ve Pearce, 2010; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	İşletme ve Bakım Maliyeti	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Raza, Janajreh ve Ghenai, 2014; Yücenur, Çaylak, Gönül ve Postalcıoğlu, 2020; Alizadeh, Soltanisehat, Lund ve Zamanisabzi, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Sağır ve Doğanalp, 2016; Ulutaş, 2005; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kenny, Law ve Pearce, 2010; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Elektrik Üretim Maliyeti	Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kenny, Law ve Pearce, 2010; Doğan ve Uludağ, 2018; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Pazar Büyüklüğü	Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021.
	Ülke Ekonomisindeki Önemi	Kayahan Karakul, 2020; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karatop ve öte., 2021; Çolak ve Kaya, 2017.
	Yerel Ekonomiye Katkısı	Karakosta ve öte., 2009; Erdoğan, 2013; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Alkan ve Albayrak, 2020.
	Enerji Üretim Devamlılığı	Karatop ve öte., 2021; Boran, 2018; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Büyüközkan ve Güler, 2017; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Yatırımın Geri Dönüş Süresi	Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kenny, Law ve Pearce, 2010; Doğan ve Uludağ, 2018; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Alkan ve Albayrak, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017.

EK-Tablo 5: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler (devamı)

Ana Kriter	Alt Kriterler	Referans
Siyasi Boyutlar	Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık	Nigim ve Munier, 2004; Ren ve Sovacool, 2015; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Derse ve Yontar, 2020; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Toklu ve Taşkın, 2018; Büyüközkan ve Güler, 2017; Yılan, Kadirgan ve Çiftçi, 2020.
	Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk	Kahraman ve Kaya; Erdoğan, 2013; Doğan ve Uludağ, 2018; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Boran, 2018; Büyüközkan ve Güler, 2017.
	Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk	Kahraman ve Kaya; Erdoğan, 2013; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2017; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Mali Destek ve Teşvik Mekanizması	Nigim ve Munier, 2004; Ren ve Sovacool, 2015; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Darende, 2019; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Alkan ve Albayrak, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2017; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.

EK-Tablo 6: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler (devamı)

Ana Kriter	Alt Kriterler	Referans
Sosyal Boyutlar	Sosyal Kabul Edilebilirlik	Tsoutsos ve öte., 2009; Kahraman, Kaya ve Cebi, 2009; Demirtaş, 2013; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Lee ve Chang, 2018; Rani ve öte., 2019; Derse ve Yontar, 2020; Kayahan Karakul, 2020; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Darende, 2019; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçi, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	İş Yaratma	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Kaya ve Kahraman, 2010; Amer ve Daim, 2011; Kabak ve Dağdeviren, 2014; Şengül, Eren, Shiraz, Gezder ve Şengül, 2015; Lee ve Chang, 2018; Solangi ve öte., 2019; Wang, Xu ve Solangi, 2020; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Kayahan Karakul, 2020; Kahraman ve Kaya, 2010; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçi, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.

EK-Tablo 7: AHP Yönteminde Kullanılan Kriterler (devamı)

Ana Kriter	Alt Kriterler	Referans
Çevresel Boyutlar	Sera Gazı Emisyonu	Beccali ve öte., 2003; Lee ve Chang, 2018; Sitorus ve Parada 2020; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Kayahan Karakul, 2020; Wang ve öte., 2010; Ruan ve öte., 2010; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kayakutlu ve Ercan, 2015; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Boran, 2018; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	İklim Değişikliği Üzerine Etkisi	2020; Sağır ve Doğanalp, 2016; Wang ve öte., 2010; Ruan ve öte., 2010; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kayakutlu ve Ercan, 2015; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Büyüközkan ve Güler, 2017; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017.
	Arazi Kullanım Gereksinimi	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Beccali ve öte., 2003; Rani, Mishra, Pardasani, Mardani, Liao ve Streimikiene, 2019; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Kayahan Karakul, 2020; Ruan ve öte., 2010; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Morsünbül Parmaksız, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Alkan ve Albayrak, 2020; Karakaş, 2019; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Yılan, Kadirgan ve Çiftçioğlu, 2020; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi	Kayahan Karakul, 2020; Wang ve öte., 2010; Ruan ve öte., 2010; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Kahraman ve Kaya, 2010; Doğan ve Uludağ, 2018; Pabuçcu ve Ayan, 2013; Karaaslan ve Aydın, 2020; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Deveci, Cin ve Kağızman, 2020; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Çolak ve Kaya, 2017.
	Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi	Nigim ve Munier, 2004; Zheng ve Wang 2020; Derse ve Yontar, 2020; Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017; Kayahan Karakul, 2020; Sağır ve Doğanalp, 2016; Wang ve öte., 2010; Ruan ve öte., 2010; Kahraman ve Kaya, 2010; Kaya ve Kahraman, 2011; Erdoğan, 2013; Karaca ve Ulutaş, 2018; Darende, 2019; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Kayakutlu ve Ercan, 2015; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Boran, 2018; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Büyüközkan ve Güler, 2017; Şengül, 2015; Çolak ve Kaya, 2017; Büyüközkan, Karabulut ve Güler, 2018.
	Gürültü	Damgacı, Boran ve Boran, 2017; Solangi ve öte., 2019; Zheng ve Wang 2020; Derse ve Yontar, 2020; Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017; Stein, 2013; Rutovitz ve Harris, 2012; Rutovitz, 2010; Karadağ Albayrak, 2020; Karatop ve öte., 2021; Çelikkilek ve Tüysüz, 2016; Çolak ve Kaya, 2017.
	Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği	Özkale ve öte., 2017; Derse ve Yontar, 2020; Kahraman ve Kaya, 2010; Erdoğan, 2013; Topçu ve Ülengin, 2004; Erol ve Kılıks, 2012; Karatop ve öte., 2021; Toklu ve Taşkın, 2018; Büyüközkan ve Güler, 2017; Çolak ve Kaya, 2017.

EK 4: AHP Yöntemi Matrisleri

EK-Tablo 8: Ana Kriterlerin Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
K1	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
K2	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
K3	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00
K4	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
K5	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17	0,14	0,17	0,20	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00

EK-Tablo 9: Teknik Boyutlar Kriterinin Matrisi

	K1.1			K1.2			K1.3			K1.4			K1.5			K1.6			K1.7			K1.8			K1.9		
K1.1	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
K1.2	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
K1.3	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50
K1.4	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
K1.5	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
K1.6	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33
K1.7	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
K1.8	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00
K1.9	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00

EK-Tablo 10: Ekonomik Boyutlar Kriterinin Matrisi

	K2.1			K2.2			K2.3			K2.4			K2.5			K2.6			K2.7			K2.8		
K2.1	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
K2.2	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
K2.3	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
K2.4	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25
K2.5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
K2.6	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
K2.7	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
K2.8	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00

EK-Tablo 11: Siyasi Boyutlar Kriterinin Matrisi

	K3.1			K3.2			K3.3			K3.4		
K3.1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25
K3.2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
K3.3	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50
K3.4	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00

EK-Tablo 12: Sosyal Boyutlar Kriterinin Matrisi

	K4.1			K4.2		
K4.1	1,00	1,00	1,00	0,11	0,11	0,13
K4.2	8,00	9,00	9,00	1,00	1,00	1,00

EK-Tablo 13: Çevresel Boyutlar Kriterinin Matrisi

	K5.1			K5.2			K5.3			K5.4			K5.5			K5.6			K5.7		
K5.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33
K5.2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00
K5.3	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50
K5.4	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00
K5.5	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00
K5.6	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
K5.7	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

EK 5: Alt Kriterlere Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisleri ve Ağırlık Katsayıları

EK-Tablo 14: Güvenli Olma (K1.2) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,106
A2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,270
A3	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,164
A4	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,270
A5	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,189
Tutarlılık Oranı: 0,066																

EK-Tablo 15: Kurulu Güç Kapasitesi (K1.3) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,273
A2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,368
A3	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,081
A4	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,076
A5	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,202
Tutarlılık Oranı: 0,088																

EK-Tablo 16: Teknoloji Olgunluğu (K1.4) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,219
A2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	0,176
A3	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	0,141
A4	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,081
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,382
Tutarlılık Oranı: 0,061																

EK-Tablo 17: Rezerv Miktarı (K1.5) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,261
A2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,439
A3	0,25	0,33	0,50	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,057
A4	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,090
A5	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,152
Tutarlılık Oranı: 0,087																

EK-Tablo 18: Tesisin Teslim Süresi (K1.6) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	0,294
A2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	0,429
A3	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	0,095
A4	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,118
A5	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,065
Tutarlılık Oranı: 0,079																

EK-Tablo 19: Tesisin Hizmet Ömrü (K1.7) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,17	0,20	0,25	0,075
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,17	0,20	0,25	0,075
A3	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,134
A4	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,177
A5	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,538
Tutarlılık Oranı: 0,097																

EK-Tablo 20: Kurulumun ve Üretimin Basitliği (K1.8) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	0,274
A2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	0,438
A3	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	0,119
A4	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,104
A5	0,20	0,25	0,33	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,065
Tutarlılık Oranı: 0,086																

EK-Tablo 21: Kaynağa Erişim Kolaylığı (K1.9) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,245
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,294
A3	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,084
A4	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,083
A5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	0,20	1,00	1,00	0,294
Tutarlılık Oranı: 0,077																

EK-Tablo 22: Teknik Boyutlar (K1) Ana Kriterine Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K1.1	K1.2	K1.3	K1.4	K1.5	K1.6	K1.7	K1.8	K1.9	Ağırlık Katsayıları
A1	0,22	0,106	0,273	0,219	0,261	0,294	0,075	0,274	0,245	0,214
A2	0,166	0,27	0,368	0,176	0,439	0,429	0,075	0,438	0,294	0,276
A3	0,166	0,164	0,081	0,141	0,057	0,095	0,134	0,119	0,084	0,120
A4	0,134	0,27	0,076	0,081	0,09	0,118	0,177	0,104	0,083	0,121
A5	0,314	0,189	0,202	0,382	0,152	0,065	0,538	0,065	0,294	0,268
Alt Kriterlerin Ağırlıkları	0,139	0,06	0,043	0,144	0,105	0,038	0,153	0,196	0,122	

EK-Tablo 23: İlk Yatırım Maliyeti (K2.1) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,224
A2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,363
A3	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	0,093
A4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,243
A5	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,076
Tutarlılık Oranı: 0,096																

EK-Tablo 24: İşletme ve Bakım Maliyeti (K2.2) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,275
A2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,430
A3	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,061
A4	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,124
A5	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,110
Tutarlılık Oranı: 0,095																

EK-Tablo 25: Elektrik Üretim Maliyeti (K2.3) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	0,115
A2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,072
A3	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,125
A4	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,293
A5	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,395
Tutarlılık Oranı: 0,06																

EK-Tablo 26: Pazar Büyüklüğü (K2.4) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,300
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,300
A3	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,055
A4	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,072
A5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,274
Tutarlılık Oranı: 0,052																

EK-Tablo 27: Ülke Ekonomisindeki Önemi (K2.5) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	0,230
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	0,243
A3	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,074
A4	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,067
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,386
Tutarlılık Oranı: 0,057																

EK-Tablo 28: Yerel Ekonomiye Katkısı (K2.6) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,147
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,169
A3	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,294
A4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,169
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,222
Tutarlılık Oranı: 0,055																

EK-Tablo 29: Enerji Üretiminin Devamlılığı (K2.7) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,145
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,145
A3	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,290
A4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,167
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,253
Tutarlılık Oranı: 0,043																

EK-Tablo 30: Yatırımın Geri Dönüş Süresi (K2.8) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,245
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	4,00	5,00	6,00	0,256
A3	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	2,00	3,00	4,00	0,110
A4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,323
A5	0,33	0,50	1,00	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,066
Tutarlılık Oranı: 0,084																

EK-Tablo 31: Ekonomik Boyutlar (K2) Ana Kriterine Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K2.1	K2.2	K2.3	K2.4	K2.5	K2.6	K2.7	K2.8	Ağırlık Katsayıları
A1	0,224	0,275	0,115	0,300	0,230	0,147	0,145	0,245	0,195
A2	0,363	0,430	0,072	0,300	0,243	0,169	0,145	0,256	0,222
A3	0,093	0,061	0,125	0,055	0,074	0,294	0,290	0,110	0,142
A4	0,243	0,124	0,293	0,072	0,067	0,169	0,167	0,323	0,222
A5	0,076	0,110	0,395	0,274	0,386	0,222	0,253	0,066	0,219
Alt Kriterlerin Ağırlıkları	0,131	0,086	0,219	0,043	0,083	0,042	0,181	0,215	

EK-Tablo 32: Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık (K3.1) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,113
A2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,214
A3	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,123
A4	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,306
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,245
Tutarlılık Oranı: 0,051																

EK-Tablo 33: Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk (K3.2) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,225
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,196
A3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,171
A4	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,149
A5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,259
Tutarlılık Oranı: 0,043																

EK-Tablo 34: Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk (K3.3) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,227
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,261
A3	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,111
A4	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,102
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,299
Tutarlılık Oranı: 0,059																

EK-Tablo 35: Mali Destek ve Teşvik Mekanizması (K3.4) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,349
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,273
A3	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,126
A4	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,126
A5	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,126
Tutarlılık Oranı: 0,05																

EK-Tablo 36: Siyasi Boyutlar (K3) Ana Kriterine Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K3.1	K3.2	K3.3	K3.4	Ağırlık Katsayıları
A1	0,113	0,225	0,227	0,349	0,276
A2	0,214	0,196	0,261	0,273	0,248
A3	0,123	0,171	0,111	0,126	0,133
A4	0,306	0,149	0,102	0,126	0,141
A5	0,245	0,259	0,299	0,126	0,202
Alt Kriterlerin Ağırlıkları	0,080	0,229	0,207	0,484	

EK-Tablo 37: Sosyal Kabul Edilebilirlik (K4.1) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,341
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	0,290
A3	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107
A4	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,163
A5	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,099
Tutarlılık Oranı: 0,056																

EK-Tablo 38: İş Yaratma (K4.2) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,148
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,148
A3	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,257
A4	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,224
A5	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,224
Tutarlılık Oranı: 0,059																

EK-Tablo 39: Sosyal Boyutlar (K4) Ana Kriterine Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K4.1	K4.2	Ağırlık Katsayıları
A1	0,341	0,148	0,167
A2	0,29	0,148	0,162
A3	0,107	0,257	0,242
A4	0,163	0,224	0,218
A5	0,099	0,224	0,212
Alt Kriterlerin Ağırlıkları	0,100	0,900	

EK-Tablo 40: Sera Gazı Emisyonu (K5.1) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,317
A2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,232
A3	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,074
A4	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,084
A5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,293
Tutarlılık Oranı: 0,09																

EK-Tablo 41: İklim Değişikliği Üzerine Etkisi (K5.2) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,380
A2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	0,265
A3	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,096
A4	0,25	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,088
A5	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,171
Tutarlılık Oranı: 0,074																

EK-Tablo 42: Arazi Kullanım Gereksinimi (K5.3) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,230
A2	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,098
A3	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,212
A4	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,321
A5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,140
Tutarlılık Oranı: 0,067																

EK-Tablo 43: Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi (K5.4) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00	0,335
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00	0,335
A3	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	0,082
A4	0,14	0,17	0,20	0,14	0,17	0,20	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,048
A5	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,201
Tutarlılık Oranı: 0,046																

EK-Tablo 44: Ekosistem, Tarım Alanları ve Su Üzerindeki Etkisi (K5.5) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	0,329
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,304
A3	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,100
A4	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,092
A5	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,174
Tutarlılık Oranı: 0,066																

EK-Tablo 45: Gürültü (K5.6) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	0,047
A2	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,337
A3	2,00	3,00	4,00	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,182
A4	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,232
A5	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,202
Tutarlılık Oranı: 0,071																

EK-Tablo 46: Kaynakların Sürdürülebilirliği ve Öngörülebilirliği (K5.7) Alt Kriterine Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Katsayıları

	A1			A2			A3			A4			A5			Ağırlık Katsayıları
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,256
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,256
A3	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,147
A4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,194
A5	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,147
Tutarlılık Oranı: 0,065																

EK-Tablo 47: Çevresel Boyutlar (K5) Ana Kriterine Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K5.1	K5.2	K5.3	K5.4	K5.5	K5.6	K5.7	Ağırlık Katsayıları
A1	0,317	0,380	0,230	0,335	0,329	0,047	0,256	0,289
A2	0,232	0,265	0,098	0,335	0,304	0,337	0,256	0,261
A3	0,074	0,096	0,212	0,082	0,100	0,182	0,147	0,127
A4	0,084	0,088	0,321	0,048	0,092	0,232	0,194	0,149
A5	0,293	0,171	0,140	0,201	0,174	0,202	0,147	0,176
Alt Kriterlerin Ağırlıkları	0,063	0,115	0,138	0,217	0,135	0,042	0,290	

EK-Tablo 48: Tüm Kriterlere Göre Alternatif Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	K1	K2	K3	K4	K5	Ağırlık Katsayıları
(A1) Rüzgâr	0,214	0,195	0,276	0,167	0,289	0,23
(A2) Güneş	0,276	0,222	0,248	0,162	0,261	0,24
(A3) Jeotermal	0,120	0,142	0,133	0,242	0,127	0,14
(A4) Biyokütle	0,121	0,222	0,141	0,218	0,149	0,18
(A5) Hidroelektrik	0,268	0,219	0,202	0,212	0,176	0,22
Ana Kriterlerin Ağırlıkları	0,125	0,416	0,353	0,046	0,060	

EK 6: Kaynaklara Göre Alt Kriterlerin Ağırlık Katsayıları

EK-Tablo 49: Teknik Boyutlar (K1) Ana Kriterine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	(A1) Rüzgâr	(A2) Güneş	(A3) Jeotermal	(A4) Biyokütle	(A5) Hidroelektrik
(K1.1) Verimlilik	0,220	0,166	0,166	0,134	0,314
(K1.2) Güvenli Olma	0,106	0,270	0,164	0,270	0,189
(K1.3) Kurulu Güç Kapasitesi	0,273	0,368	0,081	0,076	0,202
(K1.4) Teknoloji Olgunluğu	0,219	0,176	0,141	0,081	0,382
(K1.5) Rezerv Miktarı	0,261	0,439	0,057	0,090	0,152
(K1.6) Tesisin Teslim Süresi	0,294	0,429	0,095	0,118	0,065
(K1.7) Tesisin Hizmet Ömrü	0,075	0,075	0,134	0,177	0,538
(K1.8) Kurulumun ve Üretimin Basitliği	0,274	0,438	0,119	0,104	0,065
(K1.9) Kaynağa Erişim Kolaylığı	0,245	0,294	0,084	0,083	0,294
(K1) Teknik Boyutlar	0,214	0,276	0,120	0,121	0,268

EK-Tablo 50: Ekonomik Boyutlar (K2) Ana Kriterine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	(A1) Rüzgâr	(A2) Güneş	(A3) Jeotermal	(A4) Biyokütle	(A5) Hidroelektrik
(K2.1) İlk Yatırım Maliyeti	0,224	0,363	0,093	0,243	0,076
(K2.2) İşletme ve Bakım Maliyeti	0,275	0,430	0,061	0,124	0,110
(K2.3) Elektrik Üretim Maliyeti	0,115	0,072	0,125	0,293	0,395
(K2.4) Pazar Büyüklüğü	0,300	0,300	0,055	0,072	0,274
(K2.5) Ülke Ekonomisindeki Önemi	0,230	0,243	0,074	0,067	0,386
(K2.6) Yerel Ekonomiye Katkısı	0,147	0,169	0,294	0,169	0,222
(K2.7) Enerji Üretiminin Devamlılığı	0,145	0,145	0,290	0,167	0,253
(K2.8) Yatırımın Geri Dönüş Süresi	0,245	0,256	0,110	0,323	0,066
(K2) Ekonomik Boyutlar	0,195	0,222	0,142	0,222	0,219

EK-Tablo 51: Siyasi Boyutlar (K3) Ana Kriterine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	(A1) Rüzgâr	(A2) Güneş	(A3) Jeotermal	(A4) Biyokütle	(A5) Hidroelektrik
(K3.1) Dışa ve Yabancı Firmalara Bağımlılık	0,113	0,214	0,123	0,306	0,245
(K3.2) Siyasi ve Yasal Durumla Uyumluluk	0,225	0,196	0,171	0,149	0,259
(K3.3) Ulusal Enerji Politikası ile Uyumluluk	0,227	0,261	0,111	0,102	0,299
(K3.4) Mali Destek ve Teşvik Mekanizması	0,349	0,273	0,126	0,126	0,126
Siyasi Boyutlar (K3)	0,276	0,248	0,133	0,141	0,202

EK-Tablo 52: Sosyal Boyutlar (K4) Ana Kriterine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	(A1) Rüzgâr	(A2) Güneş	(A3) Jeotermal	(A4) Biyokütle	(A5) Hidroelektrik
(K4.1) Sosyal Kabul Edilebilirlik	0,341	0,290	0,107	0,163	0,099
(K4.2) İş Yaratma	0,148	0,148	0,257	0,224	0,224
(K4) Sosyal Boyutlar (K4)	0,167	0,162	0,242	0,218	0,212

EK-Tablo 53: Çevresel Boyutları (K5) Ana Kriterine Göre Enerji Kaynaklarının Ağırlık Katsayıları

	(A1) Rüzgâr	(A2) Güneş	(A3) Jeotermal	(A4) Biyokütle	(A5) Hidroelektrik
(K5.1) Sera Gazı Emisyonu	0,317	0,232	0,074	0,084	0,293
(K5.2) İklim Değişikliği Üzerine Etkisi	0,380	0,265	0,096	0,088	0,171
(K5.3) Arazi Kullanım Gereksinimi	0,230	0,098	0,212	0,321	0,140
(K5.4) Katı Atık ve Arıtım Gereksinimi	0,335	0,335	0,082	0,048	0,201
(K5.5) Ekosistem, Tarım Alan. ve Su Üzer. Etkisi	0,329	0,304	0,100	0,092	0,174
(K5.6) Gürültü	0,047	0,337	0,182	0,232	0,202
(K5.7) Kaynakların Sürdür. ve Öngörülebilirliği	0,256	0,256	0,147	0,194	0,147
Çevresel Boyutları (K5)	0,289	0,261	0,127	0,149	0,176

ÖZET

Sanayi devriminden sonra üretim ve tüketimdeki artıştan kaynaklanan yüksek enerji talebinin neden olduğu çevresel sorunlar, gelinen noktanın sürdürülemez olduğunun anlaşılmasını sağlamış ve sürdürülebilir kalkınma kavramını gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, doğal kaynakların etkili ve verimli kullanımını, çevrenin korunmasını, sosyal ve ekonomik kalkınmayı dengeleyen bir yaklaşımı içermektedir. Bu yaklaşım, gelecek nesillerin de doğal kaynaklardan yararlanabilmesini ve yaşayabileceği sağlıklı bir çevrenin korunmasını hedeflemektedir.

Günümüz modern ve endüstrileşmiş toplumlarda teknolojik gelişme, ekonomik göstergeler ve savunma gibi faktörler ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemektedir. Sürdürülebilir bir kalkınma için gerekli olan en önemli kaynakların başında ise enerji gelmektedir. Çünkü enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bunun için günümüz modern toplumlarda enerjiye büyük ilgi duyulmaktadır. Ancak meydana gelen iklim değişikliği ve çevresel sorunlar, fosil enerji kaynakları için önlem alınması mecburiyetini doğurmuştur. Bu nedenle günümüzde enerji kaynakları tercih edilirken sadece enerjinin çıktı miktarına değil, çevreye olan etkisine ve sürdürülebilir olmalarına da dikkat edilmektedir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, enerji talebi hızla artmaktadır. Artan enerji talebi, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve çevresel etkilerini daha da önemli hale getirmektedir. Türkiye, enerji talebini karşılamak için yüksek oranda ithal enerji kullanmakta ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, Türkiye gibi ülkelerin sürdürülebilir enerji kaynaklarına yatırım yapması hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin enerji ve çevreyle ilgili sorunlarına çözümü olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden çalışmada, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilerek sürdürülebilirlik açısından avantajları ve dezavantajları analiz edilmiştir.

Yenilenebilir enerji hakkında yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların çoğunluğunun “yenilenebilir enerji kaynakları-ekonomi ilişkisi” ve “yenilenebilir enerji kaynakları-çevre ilişkisi” konularında yapıldığı görülmektedir. “Yenilenebilir enerji kaynakları-sosyal konular” ve “yenilenebilir enerji kaynakları-sürdürülebilir kalkınma” konuları diğer konulara göre daha az çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar ise oldukça sınırlı kalmıştır. Diğer taraftan araştırmacılar, sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken enerji, ekonomik ve çevresel faktörlerin birleştirilmesinin etkilerini ve sosyal sürdürülebilirlik faktörünü genellikle görmezden gelmişlerdir. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak için çalışmanın ikinci bölümünde OECD ülkeleri için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan sürdürülebilir kalkınma endeksi hesaplanmıştır. Analize maksimum sayıda ülkenin dâhil edilebilmesi için 3 boyut altında 17 kriter belirlenmiştir. 5 ülkenin (Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Hollanda ve Slovakya) verisine ulaşamadığı için bu ülkeler analiz dışında tutulmuş ve çalışmaya 33 OECD ülkesi ile devam edilmiştir. Ayrıca seçilen OECD ülkelerinin verilerinde ortak bir dönem sağlanabilmesi için 2000-2019 dönemi seçilmiştir. Diğer taraftan, bu bölümde en yaygın kullanıma ve en yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmiş ve analize rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrikle devam edilmiştir. Kriterlerin belirlenmesi, 5 ülkenin analiz dışında tutulması, dönem seçimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırlandırılması bu çalışmanın kısıtlarını oluşturmaktadır.

Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilmiştir. Bu çalışmada hem yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri tespit edilmiş hem de Türkiye’de sürdürülebilir kalkınmaya en fazla katkı

sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilerek literatüre katkıda bulunulmuştur.

Oluşturulan ekonomik sürdürülebilirlik endekslerine bakıldığında, 2000-2019 döneminde pozitif gelişme sağlayan ülkelerin başında İsveç, İsviçre, Lüksemburg ve Estonya gelirken, negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında ise Avusturya, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti gelmektedir. Sosyal sürdürülebilirlik endekslerine göre İsveç, Almanya ve Norveç pozitif gelişme sağlayan ülkelerin başında gelirken; Danimarka, Lüksemburg ve Türkiye ise negatif gelişme yaşayan ülkelerin başında gelmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik endekslerine göre, en başarılı ülkelerin başında Estonya, Avustralya, Avusturya, Almanya ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Meksika, Kore Cum. ve Yeni Zelanda gelmektedir. 2000-2019 döneminde sürdürülebilir kalkınma endeksi sıralamasında en başarılı ülkelerin başında Almanya, Norveç, İsveç, İsviçre ve Slovenya gelirken; en başarısız ülkelerin başında ise Çek Cum., Danimarka, Fransa ve Portekiz gelmektedir.

Elde edilen ekonomik sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji toplamı, jeotermal ve rüzgâr enerjisi, uzun dönemde ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki ederken; hidroelektrik, güneş ve biyokütle enerjisi negatif etki etmektedir. Bunlara ek olarak bütün modellerde sanayi üretim endeksinin ekonomik sürdürülebilirliğe pozitif katkı yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir.

Sosyal sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji toplamı, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi uzun dönemde sosyal sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etki ederken; jeotermal ve rüzgâr enerjisi negatif etki etmektedir. Bunlara ek olarak bütün modellerde sanayi üretim endeksinin sosyal sürdürülebilirliğe negatif etki yaptığı ve sonuçlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir. Ayrıca kentsel nüfus oranındaki ve enflasyondaki artış sosyal sürdürülebilirliği genellikle olumsuz yönde etkilerken, dışa açıklık

oranındaki artışın ise sosyal sürdürülebilirliğe pozitif katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çevresel sürdürülebilirlik endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonucunda, uzun dönemde çevresel sürdürülebilirlik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olan tek yenilenebilir enerji kaynağının güneş olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, güneş enerjisinden elektrik üretim oranında meydana gelen %1'lik artış, çevresel sürdürülebilirliği yaklaşık %7 artırmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisinden yararlanma oranının artması, çevresel sürdürülebilirliği daha fazla artıracak ve doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, uzun dönemde enflasyon ve sanayi üretim endeksindeki %1'lik artışın çevresel sürdürülebilirliği sırasıyla %0,2 ve %0,04 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, dışa açıklık oranındaki %1'lik bir artışın çevresel sürdürülebilirliği %0,14 oranında azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma endeksleri ile yapılan Panel Veri Analizi sonucuna göre, yenilenebilir enerji toplamı, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi uzun dönemde sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif etki ederken; hidroelektrik ve jeotermal enerjisi negatif etki etmektedir. Bunlara ek olarak enflasyon, kentsel nüfus ve dışa açıklık oranındaki artışın sürdürülebilir kalkınmaya pozitif katkı yaptığı; sanayi üretim endeksindeki artışın ise negatif etki yaptığı tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için son derece önemli olduğunu göstermektedir. Bu kaynaklar, çevrenin korumasını, ekonomik kalkınmayı ve sosyal faydayı sağlayarak, sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan unsurları sunmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, sürdürülebilir kalkınmanın anahtar unsurlarından biri olarak görülmektedir. Ancak, hidroelektrik ve jeotermal kaynakların negatif etkisinin sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle çatıştığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörlere dikkat edilerek planlanması gerektiği sonucuna

ulaşılmıştır. Buradan hareketle, çalışmanın üçüncü bölümünde sürdürülebilir kalkınma için Türkiye’de yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağı araştırılmıştır. Böylece, kaynak türüne ve bölgeye özgü faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir kalkınmaya en çok katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynağı tespit edilecektir.

Üçüncü bölümün sonuçlarına göre, Türkiye’deki enerji yatırımlarında dikkat edilen boyutların önem sıralaması ekonomik boyutlar > siyasi boyutlar > teknik boyutlar > çevresel boyutlar > sosyal boyutlar şeklindedir. Ekonomik ve siyasi boyutlar daha önemli görülüp ilk sıralarda yer alınırken çevresel ve sosyal boyutlar daha geri planda kalmaktadır.

Ekonomik boyutlar dikkate alındığında en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve biyokütle, siyasi boyut dikkate alındığında rüzgâr ve güneş, teknik boyut dikkate alındığında güneş ve hidroelektrik, çevresel boyut dikkate alındığında güneş ve sosyal boyut dikkate alındığında ise güneş ve jeotermaldir. Ekonomik, sosyal, siyasi, teknik, çevresel ve sosyal boyutların hepsi birlikte düşünüldüğünde; Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma için yatırım yapılması gereken en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş; en uygun ikinci yenilenebilir enerji kaynağının ise rüzgâr olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Emre AKUSTA

İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Maliye bölümünden 2015 yılında mezun oldu. 2019 yılında Kırklareli Üniversitesi İktisat bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2019 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamlayarak Kırklareli Üniversitesi İktisat Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2019 yılından bu yana Kırklareli Üniversitesi İİBF İktisat bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.