



**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÇOK
FAKTÖRLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİNDEN
BULANIK ENTROPİ TEMELLİ COPRAS VE
MULTIMOORA TEKNİKLERİ İLE BÖLGESEL
BAZDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK

**Doktora Tezi
Ekonometri Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ömer ALKAN
2019**

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÇOK FAKTÖRLÜ
KARAR VERME TEKNİKLERİNDEN BULANIK ENTROPİ
TEMELLİ COPRAS VE MULTIMOORA TEKNİKLERİ İLE
BÖLGESEL BAZDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Doç. Dr. Ömer ALKAN

ERZURUM – 2019



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ BEYAN FORMU



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÇOK FAKTÖRLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİNDEN BULANIK ENTROPİ TEMELLİ COPRAS VE MULTIMOORA TEKNİKLERİ İLE BÖLGESEL BAZDA DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

*Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim *.*

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay**, patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

26.04.2019

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK

*** LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi MADDE 6– (1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**



TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Ömer ALKAN danışmanlığında, Özlem KARADAĞ ALBAYRAK tarafından hazırlanan bu çalışma 26/04/2019 tarihinde aşağıda isimleri yazılı jüri tarafından Ekonometri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Aşır GENÇ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Erkan OKTAY

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Selahattin YAVUZ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ömer ALKAN

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Ziya Çağlar YUTTANÇIKMAZ

İmza: 
İmza: 
İmza: 
İmza: 
İmza: 

Prof. Dr. Sait UYLAŞ

Enstitü Müdürü

F-85/01/21.10.2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
KISALTMALAR DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
ÖNSÖZ.....	XIII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI ve YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1. ENERJİ DÜNYASINA GENEL BAKIŞ.....	6
1.2. ENERJİ KAYNAKLARI	8
1.2.1. Dünyadaki Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Durumu	12
1.2.2. Türkiye’deki Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Durumu	16
1.2.3. Türkiye’de Elektrik Üretimi	18
1.2.3.1. Lisanslı Kurulu Güç ve Üretim	18
1.2.3.2. Lisanssız Kurulu Güç ve Üretim	20
1.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	22
1.3.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri	24
1.3.1.1. Enerji Arzının Sürekliliği	25
1.3.1.2. Sosyal ve Ekonomik Nedenler	25
1.3.1.3. Çevresel Nedenler	29
1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK TÜRLERİ.....	31
1.4.1. Güneş Enerjisi	32
1.4.2. Rüzgâr Enerjisi	34
1.4.3. Jeotermal Enerji.....	36
1.4.4. Biyokütle Enerjisi.....	39
1.4.5. Hidroelektrik Enerji.....	42
1.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DURUMU	44

1.5.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu	44
1.5.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu	45
1.5.2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi	49
1.5.2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi	51
1.5.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerjisi	54
1.5.2.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi	57
1.5.2.5. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji	58
1.5.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırımları ve Destekleri	58

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	62
2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Genel Olarak Değerlendirilmesi ve Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri	63
2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Bölgesel Olarak Değerlendirilmesi ve Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri	66
2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	72
2.2.1. Teknik Kriterler	77
2.2.1.1. Enerji Verimliliği (BEV)	77
2.2.1.2. Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli (BEÜP)	78
2.2.1.3. Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları (BBETO)	87
2.2.1.4. Bölgesel Teknolojik Olgunluk (BTRL)	88
2.2.2. Ekonomik Kriterler	91
2.2.2.1. Ekonomik Ömür (EÖ)	91
2.2.2.2. Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (LCOE)	92
2.2.2.3. Devlet Teşvikleri (DT)	94
2.2.2.4. Yatırım Geri Dönüş Süresi (YGDS)	96
2.2.3. Sosyal Kriterler	97
2.2.3.1. Sosyal Kabul Edilebilirlik (SK)	97
2.2.3.2. Yeşil İstihdam (Yİ)	98

2.2.4. Çevresel Kriterler	101
2.2.4.1. Sera Gazı Emisyon Miktarı (SGEM).....	101
2.2.4.2. Alan Gereksinimi (AG)	104

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM YÖNTEMLER

3.1. ÇOK FAKTÖRLÜ KARAR VERME	106
3.2. BULANIK KÜME TORİSİ.....	109
3.3. BULANIK ENTROPİ.....	111
3.4. COPRAS YÖNTEMİ.....	115
3.5. BULANIK COPRAS YÖNTEMİ	117
3.6. MULTIMOORA YÖNTEMİ.....	119
3.6.1. Moora Oran Yöntemi	120
3.6.2. Moora Referans Noktası Yaklaşımı	120
3.6.3. Moora Önem Katsayısı Yaklaşımı	121
3.6.4. Moora Tam Çarpım Yaklaşımı	121
3.7. BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMİ	123

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM UYGULAMA

4.1. BULANIK ENTROPİ YÖNTEMİ İLE KRİTER AĞIRLIKLARININ HESAPLANMASI	127
4.2. BULANIK COPRAS YÖNTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ	133
4.3. BULANIK COPRAS YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK SIRALAMALARI	136
4.4. BULANIK MULTIMOORA YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ.....	136
4.5. BULANIK MULTIMOORA YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK SIRALAMALARI	141
4.6. BULANIK COPRAS VE BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN SIRALAMALAR ARASINDAKİ KORELASYON	141

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	143
KAYNAKÇA	151
EKLER.....	178
EK 1. I. Bölümün Ekleri	178
EK 2.II. Bölümün Ekleri.....	185
EK 3. IV. Bölümün Ekleri	197
ÖZGEÇMİŞ.....	201



ÖZET
DOKTORA TEZİ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÇOK FAKTÖRLÜ KARAR
VERME TEKNİKLERİNDEN BULANIK ENTROPİ TEMELLİ COPRAS VE
MULTIMOORA TEKNİKLERİ İLE BÖLGESEL BAZDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Özlem KARADAĞ ALBAYRAK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer ALKAN

2019, 201 sayfa

Jüri: Doç. Dr. Ömer ALKAN (Danışman)
Prof. Dr. Aşır GENÇ
Prof. Dr. Erkan OKTAY
Doç. Dr. Selahattin YAVUZ
Dr. Öğr. Üyesi Ziya Çağlar YURTTANÇIKMAZ

Yenilenemez enerji kaynaklarının sınırlı olması, ekonomik olmaması ve çevreye karşı olumsuz etkileri olması gibi nedenler ile bu kaynakların yerine kullanılacak yeni kaynak arayışları ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları dünyada enerji ve elektrik elde etmek için kullanılan yenilenemez enerji kaynaklarının tek alternatifidir. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik, gelgit, dalga ve hidrojen kaynakları olarak sınıflandırılır.

Bu çalışmada, yenilenemez enerji kaynakları yerine kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidrolik enerji kaynaklarının bölgesel bazda uygunlukları değerlendirilmiştir. TUIK tarafından Düzey-2 olarak sınıflandırılan 26 bölge için yenilenebilir enerji kaynak değerlendirilmesi yapılmış ve her bölge için uygun kaynak sıralaması verilmiştir.

Çalışmada analiz yöntemi olarak değerlendirme kriterlerinin önem derecelerinin farklılıklarını objektif olarak ortaya koyacak Bulanık Entropi yöntemi kullanılmıştır. Nihai değerlendirme için Bulanık COPRAS ve Bulanık MULTIMOORA yöntemleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Bölgesel Değerlendirme, Bulanık Entropi, Bulanık COPRAS, Bulanık MULTIMOORA

ABSTRACT**Ph. D. DISSERTATION****EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES WITH FUZZY ENTROPY BASED COPRAS AND MULTIMOORA TECHNIQUES, ONE OF THE MULTIFACTOR DECISION MAKING TECHNIQUES, IN REGIONAL BASIS****Özlem KARADAĞ ALBAYRAK****Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer ALKAN****2019, Page: 201**

Jury: Assoc. Prof. Dr. Ömer ALKAN (Advisor)
Prof. Aşır GENÇ
Prof. Erkan OKTAY
Assoc. Prof. Selahattin YAVUZ
Assist. Prof. Ziya Çağlar YURTTANÇIKMAZ

Some reasons, such as the limitation of non-renewable energy sources, not being economical and some negative environmental influences, cause searching for new sources that might be used instead of these sources. Renewable energy sources are the unique alternatives of the non-renewable energy sources that can be used to generate energy and electricity in the world. Renewable energy sources are classified as solar, wind, geothermal, biomass, hydroelectric, flux and reflux, wave and hydrogen sources.

In this study, the convenience of some renewable energy sources such as solar, wind, geothermal, biomass and hydraulic energy sources in regional basis instead of non-renewable energy sources was evaluated.

Evaluation of renewable energy sources for 26 regions, which was classified as Level-2, was carried out by Turkish Statistical Institute and rankings of appropriate sources for each region were given.

In the study, fuzzy entropy method that can reveal objectively the differences of the levels of importance of the evaluation criteria was used as an analysis method. Fuzzy CORPAS and Fuzzy MULTIMOORA methods were used for ex-post evaluation.

Key Words: Renewable Energy Sources, Regional Evaluation, Fuzzy Entropy, Fuzzy COPRAS, Fuzzy MULTIMOORA

KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	: Analytic Network Process
BİST	: Borsa İstanbul
BP	: British Petroleum
COPRAS	: Complex Proportional Assesment
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇFKV	: Çok Faktörlü Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
DSİ	: Devlet Su İşleri
DEMATEL	: The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Realite
EPDK	: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EU	: Avrupa Birliği
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerji santrali
GtCO ₂	: Gigaton Karbondioksit-Eşleniği
GW	: GigaWatt
GWh	: GigaWattsaat
HES	: Hidroelektrik Santrali
İBBS	: İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması
İEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	: The Intergovernmental Panel on Climate Change
IRENA	: The International Renewable Energy Agency
JES	: Jeotermal Enerji Santrali
kW	: KiloWatt
kWe	: KiloWattenerji
kWh	: KiloWattsaat
LCOE	: Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti
MACBETH	: Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique

MOORA	: The Multi-Objektive Optimization on the basis of Ratio Analysis
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MULTIMOORA	: Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis Plus The Full Multiplicative From
MW	: MegaWatt
MWt	: MegaWattthermal
MWh	: MegaWattsaat
MEe	: MegaWattenerji
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NETL	: The National Energy Technology Laboratory
NREL	: Amerika Ulusal Enerji Laboratuvarı
OECD:	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations
REN 21	: 21. Yüzyıl Yenilenebilir Enerji Politika Ağı
REPA	: Türkiye Rüzgar Enerjisi potansiyel Atlası
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TWh	: TereWattsaat
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VİKOR	: VİseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WEC	: World Energy Council
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Desteklenme Mekanizması
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Özellikleri	9
Tablo 1.2. Yenilenemez Enerji kaynaklarının Rezervleri (2016).....	13
Tablo 1.3. Ülkelerin Enerji Tüketim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı (MTEP)- 2017.	14
Tablo 1.4. Ülkelerin Enerji Üretim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı (Twh)- 2017.....	15
Tablo 1.5. 2016-2017 Yıllarında Lisanslı Kurulu Gücün Kaynak Bazında Gelişimi.	19
Tablo 1.6. 2016-2107 Yıllarında Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Gelişimi.	20
Tablo 1.7. 2016-2017 Yıllarında Lisanssız Kurulu Gücün Kaynak Bazında Gelişimi.	21
Tablo 1.8. 2016-2107 Yıllarında Lisanssız Üretimin Kaynak Bazında Gelişimi.	21
Tablo 1.9. Bölgelerin Gelir Gruplarına Göre Sınıflandırılması (2011).....	27
Tablo 1.10. Gayri Safi Bölgesel Hasıla (2004- 2014).....	28
Tablo 1.11. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkilere Göre Karşılaştırılması.	31
Tablo 1.12. Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları.	32
Tablo 1.13. Termal Suların Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri.	38
Tablo 1.14. Biyokütle Kaynakları Kullanılan Çevrim Teknikleri, Bu Teknikler Kullanılarak Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları.	41
Tablo 1.15. Türkiye’deki Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2006-2016).	47
Tablo 1.16. İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS- 2. Düzey).....	48
Tablo 1.17. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji için Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi. ...	59
Tablo 2.1. Kalkınma Ajansları Listesi.....	68
Tablo 2.2. Kalkınma Ajansları Tarafından Hazırlanan YEK Raporları.	70
Tablo 2.3. Değerlendirme Kriterleri.	76
Tablo 2.4. Şehirleri Kaynaklara Göre Kurulu Güç Miktarları.	90
Tablo 2.5. Kaynaklara Göre Santrallerin Ekonomik Ömürleri.	92
Tablo 2.6. Kaynaklara Göre Santrallerin Toplam Yatırım Maliyetleri, Kapasite Faktörler ve Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyetleri.....	94

Tablo 2.7. Kaynaklar Bazında Yenilenebilir Enerji Santrallerindeki Devlet Teşvikleri.....	96
Tablo 2.8. Enerji Santralleri için Yatırım Gei Dönüş Süreleri (Yıl).	97
Tablo 2.9. Kaynakların Sosyal Kabul Değerleri.	98
Tablo 2.10. Bölgelerin İşsizlik Oranları (2017).	99
Tablo 2.11. Yenilenebilir Enerji Santrallerinin yaratacağı Yeşil İstihdam Miktarları (Kişi /50 MW).....	101
Tablo 2.12. Elektrik Üretimi Kaynaklarının Yaşam Döngüsü Boyunca Yayacakları Sera Gazı Emisyonlarını (ton CO₂e/GWh).....	103
Tablo 2.13. Elektrik Üretimi Kaynaklarının Alan Gereksinim Miktarları (m²/MWh)	105
Tablo 4.1. TR 21 Bölgesi için Bulanık Karar Matrisi.	129
Tablo 4.2. TR 21 Bölgesi için Aralık Veriler Tablosu.....	130
Tablo 4.3. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Aralık Veriler Tablosu.....	131
Tablo 4.4. TR21 Bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralığın Entropisi Tablosu.	131
Tablo 4.5. TR21 Bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralık Değişiklik Değerleri Tablosu.....	132
Tablo 4.6. TR21 Bölgesi için Kriter Ağırlıklarının Alt ve Üst Değerleri Tablosu. ...	132
Tablo 4.7. TR21 Bölgesi için Ortalama Kriter Ağırlıklarının Değerleri Tablosu.....	132
Tablo 4.8. TR21 Bölgesi için Durulaştırılmış Karar Matrisi Tablosu.....	134
Tablo 4.9. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.	134
Tablo 4.10. TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.....	135
Tablo 4.11. TR21 Bölgesi Alternatiflerin Sıralaması Tablosu.....	135
Tablo 4.12. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.	137
Tablo 4.13. TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.....	138
Tablo 4.14. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Oran Yöntemi Sıralama Tablosu.	139
Tablo 4.15. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Referans Noktası Yöntemi Sıralama Tablosu.....	139
Tablo 4.16. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Tam Çarpım Yöntemi Sıralama Tablosu.....	140

Tablo 4.17. TR21 Bölgesi için Bulanık Multimoora Sıralama Tablosu.....	141
Tablo 4.18. Sıra Değerlerine Ait Korelasyon Katsayıları	141



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	8
Şekil 1.2. Türkiye’deki Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2006-2016).....	46
Şekil 1.3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA).....	50
Şekil 1.4. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) (Rüzgâr Güç yoğunluğu Haritası 50 m Yükseklik).....	52
Şekil 1.5. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) (Rüzgâr Hızı Haritası 50 m Yükseklik).	53
Şekil 1.6. Dünyadaki Jeotermal Enerji Kurulu Güç Kapasitesine Göre Ülkeler (MW)- 2017).	54
Şekil 1.7. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kaynak Dağılımı ve Uygulama Haritası.	55
Şekil 1.8. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.	56
Şekil 1.9. Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyel Atlası (BEPA).	57
Şekil 2.1. Türkiye’de 2000-2017 yılları arasında karbon dioksit emisyonları (milyon metrik ton CO ₂).	102
Şekil 2.2. Türkiye’de 2000-2017 yılları arasında karbon dioksit emisyonları (milyon metrik ton CO ₂).	103

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında ve lisansüstü eğitim sürecimin her aşamasında maddi/manevi katkılarıyla her türlü desteği sağlayan, değerli bilgi ve önerileri ile yardımlarını esirgemeyen kıymetli ve saygı değer hocalarım Doç. Dr. Ömer ALKAN'a ve Prof. Dr. Erkan OKTAY'a çok teşekkür ederim. Çalışmam sırasında benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Mukaddes YEŞİLKAYA'ya, ablam Prof. Dr. Ebru KARADAĞ SARI'ya ve eniştem Prof. Dr. Barış SARI'ya, Sevilay GÜNGÖR'e son olarakta her zaman yanımda olan sevgili eşim Yavuz ALBAYRAK ve oğlum Gökdeniz ALBAYRAK'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Erzurum-2019**Özlem KARADAĞ ALBAYRAK**

GİRİŞ

Enerji, ülkelerin kalkınmasında önemli bir güç olarak kabul edilen stratejik bir olgudur. Kalkınma ile birlikte gelişen sanayi sektörü ve artan nüfus, enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Artan bu ihtiyacın güvenli bir şekilde ve zamanında karşılanabilmesi sürdürülebilir kalkınma açısından önem arz etmektedir. Yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları açısından yerli kaynak potansiyeli yeterli olmayan bizim gibi ülkeler, enerji talebindeki artışa cevap verebilme sorunu ile karşı karşıyadır. Ülkeler bu soruna çözüm olarak, ucuz enerji kaynağı kabul edilen fosil enerji kaynaklarının ithalatını arttırmaktadırlar. Bu da özellikle gelişmekte olan ülkeleri enerji bağımlısı ülkeler haline getirmektedir. Dünyada fosil yakıtlarının tükenmekte olması, çevreye verdiği zararlar ve enerjide dışa bağımlılığa neden olması gibi sebepler de göz önünde bulundurulduğunda, enerji üretiminde sürdürülebilir kaynak potansiyeli açısından sorunsuz kaynaklar olan çevre dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarının ön plana çıkarılması gerekmektedir.

British Petroleum (BP) 2018 raporuna göre dünya çapında enerji talebi 2035'e kadar yaklaşık %30 artacaktır. Fosil kaynaklarının rezervleri sınırlıdır ve bir gün bitecektir. Bununla birlikte fosil kaynakların ekosistem üzerinde olumsuz etkileri de vardır. Örneğin, atmosferdeki Karbondioksit (CO₂) fazlasının, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,5 derece arttırdığı tahmin edilmektedir. Fosil kaynakların neden olduğu sosyal, çevresel, ekonomik olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına dayanan büyüme, ekonomik olarak güvenli, karlı, sosyal ve çevresel olarak sorumlu büyümeyi beraberinde getirecektir.

Türkiye bölgeler düzeyinde nüfus yapısı ve gelişmişlik farklarının oldukça belirgin olduğu bir yapıya sahiptir. Özellikle belli bölgelerden batıya doğru tek taraflı göç devam etmektedir. Bu da bölgesel farklılıkları gittikçe daha belirgin hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlar bu anlamda doğrudan bölgesel kalkınmaya dolayısı ile de göçe karşı bir çare olabilecektir.

2 Kasım 2011'de 662 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı olan kurulan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), ülkemizin hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biokütle, deniz ve diğer

yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve enerjinin etkin ve verimli tüketilmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bununla birlikte, rüzgâr, güneş, biokütle ve deniz enerjisi potansiyellerini belirlemekte, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması için gereken politikaların geliştirilmesi, mevzuat ve temelinin oluşturulması doğrultusunda çalışmaktadır.

Bunun yanında Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve bu sektöre yapılan yatırımların yaygınlaştırılması için çeşitli destek mekanizmaları geliştirilmiştir. Yenilenebilir kaynakların değerlendirilmesi için Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasının (YEKDEM) kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amacıyla 2011 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Desteklenmesi Mekanizması (YEKDEM)'e ilişkin yönetmelik hazırlanmıştır. Bu yönetmelikte en son Mayıs 2016'da güncelleme yapılmıştır.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması için yapılan destek çalışmalarının yanında, kaynak değerlendirmeleri de pek çok faktör dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu anlamda yapılan kaynak değerlendirme çalışmaları, genel olarak Türkiye ve dünya ülkeleri için farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi şeklinde yapılmış ve bu değerlendirme sonucunda uygun bulunan kaynak için uygun yer/şehir veya bölge belirtilmemiştir. Bunun yanında, bu tür değerlendirmelerde ülkelerin geneli için sadece potansiyel kriteri veya birden fazla farklı kriter ile değerlendirilme yapıldığı görülmüştür. Bölgesel değerlendirilme çalışmalarında ise, genellikle tek başına potansiyel kriteri dikkate alınmış veya tek bir Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) alternatifi farklı kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, bu iki farklı yaklaşım birleştirilmiştir. Her bölge için yenilenebilir enerji kaynak alternatifleri değerlendirilirken, bölgesel potansiyel kriteri de dâhil olmak üzere karar vericiler için önemli olan ve literatürde yaygın olarak kullanılan farklı kriterlere göre değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışmada Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından oluşturulmuş İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) ile Düzey-2 olarak tanımlanan 26 bölge için değerlendirme yapılacaktır. Bu bölgeler için yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik ve biokütle enerji alternatifleri,

sosyal, ekonomik, teknik ve çevresel kriterlere göre elektrik üretimi alanında kullanımına göre değerlendirilmiş ve o bölge için uygun olan kaynaklar potansiyelleri sıralanmıştır. Böylece, bölgesel olarak hem kaynakların potansiyelleri ortaya çıkarılabilmiş hem de hangi bölge için hangi YEK alternatifinin daha uygun olduğu belirlenebilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları da diğer tüm enerji kaynakları gibi doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik üretimi, ısıtma, soğutma, ulaşım vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir kaynaklar elektrik enerjisi üretme potansiyellerine göre değerlendirilmiştir. Bunun yanında, dolaylı olarak ısıtma, soğutma, termal gibi diğer kullanım alanları ile ilgili de bilgi verilmiş olacaktır.

Çalışma sonuçları bölgesel kalkınmada yatırım kararları için yararlanılacak bir kaynak olabilecektir. Bölgesel YEK alternatifleri enerji yatırımları için bir kılavuz olabilecektir. Yatırımcıların yanında kalkınma ajansları içinde bir gösterge olacaktır. Bununla birlikte, bu çalışmanın yerel üreticiler ve kendi ihtiyaçlarını gidermek için çok yaygın olarak kullanılan lisanssız enerji üreticileri (üretim kapasitesi 1 MegaWatt'ın (MW) altı olan santraller) için teşvik edici olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada YEK alternatiflerinin bölgesel değerlendirmesi çok farklı kriterin etkisi altında olan bir karar problemi olarak düşünülmüştür. Gerçek hayat problemlerinde veya karar verme problemlerinde de nihai karara varabilmek için pek çok faktör aynı anda etkilidir. Bu karar noktasında, hangi faktörün ya da başka bir ifade ile karar kriterinin, ne kadar önemli olduğu, yani önem ağırlıkları oldukça önemlidir. Çünkü bu ağırlıklar birbirlerinden farklıdır. Çalışmada bölgesel değerlendirmede kullanılacak kriterlerlerinin ağırlıklarını (önem derecelerini) belirleyebilmek için, objektif değerlendirme yapılmak istendiğinden, sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri yerine objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden Bulanık Entropi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, değerler arasındaki farklılıkların büyüklüklerine göre önem düzeylerini ortaya koymaktadır. Bulanık Entropi yöntemindeki “Bulanıklık” ifadesi bir belirsizlik ifadesidir ve üçgen veya yamuk sayılar ile ifade edilmektedir. Bu sayılar belirli bir aralıkta gerçek sayılardır.

Entropi yönteminin temel fikri, bilginin veri kümeleri arasındaki karışıklıklardan geldiğidir. Buna göre, niteliklerin nesnel ağırlıkları, alternatiflerin her niteliğe göre

çıktılarının (performans puanlarının) ne kadar ayrı veya farklılaşmış olduğu yani “karşıtlılığının yoğunluğu” tarafından belirlenir. Her bir YEK alternatifinin bölgesel uygunlukları bu kriter ağırlıklarına bağlı olarak hesaplanmıştır. Yine bu kriterlerin tamamı objektif değerlendirme kriterleri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada da değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri veya ağırlıkları diğer gerçek hayat problemlerini değerlendirirken olduğu gibi birbirinde farklı çıkmıştır. Bu yöntemle ağırlıklar belirlenirken her bir bölge için ağırlık değerleri bölgenin kendine ait veri değerleri nedeni ile farklı çıkmıştır. Ağırlık değerleri her bölge için hem üçgen bulanık sayı hem de kesin (crisp) sayı olarak ifade edilmiştir.

Bölgeler için uygun yenilenebilir enerji kaynak alternatifleri belirlenirken de Çok Faktörlü Karar Verme (ÇFKV) tekniklerinden Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis Plus The Full Multiplicative From (MULTİMOORA) tekniklerinin bulanık uygulamaları kullanılmıştır. Bulanık COPRAS yönteminde, alternatifler birbirleriyle karşılaştırılarak diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğu yüzde olarak belirlenir. Bulanık MULTİMOORA yönteminde ise, tüm amaçlar dikkate ve değerlendirmeye alınarak, alternatifler ve amaçlar arasındaki tüm etkileşimler bölüm bölüm değil aynı anda göz önüne alarak değerlendirme yapılır. Bulanık COPRAS ve Bulanık MULTİMOORA tekniklerinin sonuçları her bir bölge için etkinlik açısından değerlendirilip sonuçlar sunulmuştur.

Bu tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, enerji kaynakları ve enerji kaynaklarının sınıflandırılmaları, enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye’deki genel durumu, yenilenebilir enerji kavramı ve yenilenebilir enerji kaynak türleri açıklanmıştır. Ülkemizde ve dünyada YEK kullanımına ilişkin teşvikler hakkında bilgi verilmiştir. Yine Türkiye’deki elektrik üretiminde ve tüketiminde farklı kaynaklarla birlikte YEK alternatiflerinin kullanımı ve potansiyelleri açıklanmıştır. Bunların ötesinde yenilenemez enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme nedenleri geniş bir çerçevede açıklanmıştır.

İkinci bölümde, YEK alternatiflerinin değerlendirmesi ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Değerlendirme kriterleri, Bölgesel Enerji Verimliliği, Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli, Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları,

Bölgesel Teknolojik Olgunluk, Ekonomik Ömür, Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti, Devlet Teşvikleri, Yatırım Geri Dönüş Süresi, Sosyal Kabul Edilebilirlik, Yeşil İstihdam, Sera Gazı Emisyon Miktarı, Alan Gereksinimi olarak belirlenmiştir. Bu bölümde her bir değerlendirme kriteri için, hangi verilerin kullanıldığı, verilerin nasıl elde edildiği ve bu kriterlerin değerlendirme için neden önemli olduğu ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde metodolojik olarak değerlendirme aşamalarında kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. Genel olarak çok faktörlü karar verme tekniklerinin kullanım alanları ve çeşitleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Kriter önem dereceleri yani kriter ağırlıkları bulanık Entropi yöntemi ile hesaplanacağından önce bulanıklık kavramı bulanık küme teorisi başlığı altında açıklanmıştır. Daha sonra bulanık entropi yöntemi tanıtılmış ve çözüm adımları açıklanmıştır. Çok faktörlü karar verme tekniklerinden COPRAS, bu çalışmada değerlendirme için kullanılacak bulanık COPRAS, MULTİMOORA ve bu çalışmada değerlendirme için kullanılacak Bulanık MULTİMOORA teknikleri açıklanmıştır. Bu yöntemlerin çözüm adımları formülleri ile birlikte verilmiştir.

Dördüncü bölümde, uygulama aşamasına geçilmiştir. Uygulamada, ilk olarak veriler üçgen bulanık sayı olarak ifade edilmiştir ve her bölge için bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra, bulanık entropi yöntemi ile elde edilen veriler kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu kriter ağırlıkları kullanılarak, bölgeler için farklı YEK alternatiflerinin değerlendirilmesi yani sıralanması hem bulanık COPRAS hem de bulanık MULTİMOORA teknikleri ile belirlenmiştir. Bu yöntemlerin sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında ise genel bir değerlendirme yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Şunu da belirtmek gerekir ki tez metninde adı geçen Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü 10 Temmuz 2018 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile (Kararname Numarası: 1) kaldırılmıştır ve yenilenebilir enerji Enerji İşleri Genel Müdürlüğü’nün görev ve yetki alanına girmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI ve YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1. ENERJİ DÜNYASINA GENEL BAKIŞ

Enerji, üretimin temel faktörü olarak ülkelerin gelişmişlik düzeylerini arttıran bir unsurdur ve hayatın her alanında kullanılır. Tüm endüstriyel faaliyetlerin yanında hayatımızın merkezinde bulunan tüm aletlerin çalışması enerji sayesinde mümkündür. Enerji bir sistemin iş ve ısı verme yeteneğidir (Acaroğlu, 2013). Kelime kökeni olarak anlamı iç-iş olan enerji, makinelerin, elektrikli aletlerin kısacası günlük yaşantımızı kolaylaştırmak için kullandığımız onlarca aletin çalışması, iş yapabilmesi için gerekli olan kaynaktır (Adıyaman, 2012). Enerji elektrik, ısı, mekanik (potansiyel ve kinetik), kimyasal ve nükleer gibi farklı kaynaklarda bulunur, çeşitli yöntemlerle bir türden diğerine dönüşebilir ve farklı şekillerde sınıflandırılabilir (Koç ve Kaya, 2015).

Enerji, ülkelerin ekonomik kalkınmaları ve sosyal refah seviyelerini arttırmalarını doğrudan etkileyen çok önemli bir faktördür (Çapık, Yılmaz ve Çavuloğlu, 2012). Modern toplumlar enerjiden bağımsız var olamazlar. Öyle ki, bir ulusun ilerlemesi kişi başına ne kadar enerji tükettiğiyle ilişkilendirilebilir. Toplumlar ekonomik olarak ilerleme sağlandıkça daha fazla enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Fakat fosil kaynakların tükeneceği gerçeği ve çevre üzerindeki kirletici etkisi enerji sağlama, çevre koruma ve ekonomik kalkınma amaçlarını güçleştirmektedir (Tükenmez ve Demireli, 2012).

Enerjiye olan talep özellikle sanayileşmenin etkisi ile 19. Yüzyıldan beri sürekli olarak artmıştır ve dolayısı ile enerjiye, enerji kaynaklarına ve enerji yollarına ulaşmak çok önemli bir konu haline gelmiştir (Kınacı, 2017). Evren, ekonomi ve gelişim için muazzam etkileri olan enerji talebini karşılamak dünya çapındaki en büyük sorunlardan biridir (Mourmouris ve Potolias, 2013).

Artan enerji talebine cevap verebilmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla oranda yararlanmak ve rezervleri sınırlı olan yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının planlanabilmesi için dünyada ve Türkiye’de var olan enerji kaynaklarının durumu tespit edilmelidir (Koç ve Şenel, 2013).

Yenilenemeyen enerji kaynakları elektrik üretimi, ısıtma ve soğutma ve taşıt yakıtları olarak kullanılırlar. Bu kaynaklar doğrudan bu amaçlar için kullanıldığı gibi elektrik üretimi ile dolaylı olarak da kullanılabilirler. Yenilenemeyen yani fosil kaynakların doğrudan nihai amacı ısıtma, elektrik üretimi ve hareket gücü sağlamaktır (Gedik, 2015).

Yenilenebilir enerji kaynakları enerji hizmetleri açısından fosil yakıtlar gibi ısıtma, soğutma, ulaşım ve elektrik üretimi amaçları ile kullanılabilirler (Tükenmez ve Demireli, 2012). Yenilenebilir enerji kaynakları petrol ve doğal gaz gibi doğrudan kullanım yerine elektrik üretimi ile taşıma, ısıtma (yüksek sıcaklıkta pişirme ve ısıtma dâhil) ve soğutma alanlarında kullanılmaktadır (Jacobson ve Delucchi, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi, ısıtma, soğutma ve ulaşım alanlarındaki birincil kullanımları dışında farklı kullanım alanları daha detaylı olarak açıklanabilir. Güneş enerjisi, aktif ısınmada ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Bununla birlikte doğrudan, kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu suyu ısıtma, kaynatma ve pişirme, acı ve tuzlu suların distilasyonları, sıcak hava motorları ile diğer termodinamik ısı çevrimlerin üretilmesi, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirmesi, elektroliz yöntemi ile güneş enerjisinden hidrojen gazı elde edilmesi alanlarında da kullanılır.

Jeotermal enerji, yine elektrik üretimin yanında, konut ısıtılmasında, üretimde proses ısı olarak, absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, tarımda, seracılıkta, kültür balıkçılığında, saunalarda, kaldırımlarda karların eritilmesinde kullanılmaktadır (www.msxlabs.org).

Rüzgâr enerjisi, elektrik üretiminin yanında su depolama, taşımacılık, soğutma, haberleşme amacıyla da kullanılır. Hidroelektrik santraller, elektrik üretimin yanında balıkçılığı geliştirmede, ulaşımı kolaylaştırmada, su taşkınlıklarını önlemede ve sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır (www.ulusaltarim.com).

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş (Fotovoltaik- PV), rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle elektrik üretimi alanında değerlendirilmiştir. Türkiye’de ilk elektrik üretim faaliyeti 1902 yılında Tarsus’ta kurulan 2 kW güce sahip su değirmeni ile çalışan dinamo ile başlamıştır ve bu sektör sürekli gelişme halindedir.

Elektrik üretim santralleri kullanılan kaynağa göre sınıflandırılmaktadır. Genel hatları ile santraller; yüksekte inen suyun potansiyel enerjisinin su türbinleri yardımı ile elektrik ürettiği hidroelektrik santraller ve yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinden buhar türbinleri yardımı ile elektrik üreten termik santraller olarak gruplandırılır (Kocaman, 2003).

Bu sınıflandırmanın yanında; akan suyun gücü kullanılarak elektrik üreten santrallere Hidroelektrik Santraller (HES), güneş ile elektrik üreten santrallere Güneş Enerjisi Santralleri (GES), rüzgâr ile elektrik üreten santrallere Rüzgâr Enerjisi Santralleri (RES) denir. Bununla birlikte, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazları kullanılarak elektrik üreten santraller Jeotermal Enerji Santralleri (JES) ve organik atıklar, bitkiler, otlar, yosunlar ve algler kullanılarak elektrik üreten santrallere Biyokütle Elektrik Santralleri (BES) denilmektedir (geturkiyeblog.com, 2016).

1.2. ENERJİ KAYNAKLARI

Ekonomik anlamda değişik yöntemlerle enerji elde edilen kaynaklar, enerji kaynakları olarak isimlendirilmektedir. Enerji kaynakları kullanılışları ve dönüştürülebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılabilir (Şekil 1.1).

Enerji Kaynakları	
Kullanılışlarına Göre	Dönüştürülebilirliklerine Göre
A) Yenilenemez (Tükenir)	A) Birincil (Primer)
a) Fosil Kaynaklı - Kömür - Petrol - Doğal Gaz b) Çekirdek Kaynaklı - Uranyum - Toryum	- Kömür - Petrol - Doğal Gaz - Nükleer - Biyokütle - Hidrolik - Güneş - Rüzgâr - Dalga, Gel-Git
B) Yenilenebilir (Tükenmez)	B) İkincil (Sekonder)
- Hidrolik - Güneş - Biyokütle - Rüzgâr - Jeotermal - Dalga, Gel-Git - Hidrojen	- Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin - İkincil Kömür - Kok, Petrokok - Hava Gazı - Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Kaynak: Koç ve Şenel, 2013

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Kullanışlarına göre enerji kaynaklarının yenilenebilir ve yenilenemez olmaları tükenibilme öngörüsüne bağlıdır. Yenilenemez enerji kaynaklarının tükeneyeceği kabul edilirken, buna karşılık yenilenebilir enerji kaynakları çok uzun süre tükenmeden kalabilen ve kendini yenileyebilen kaynak olarak kabul edilir. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklı kömür (taşkömürü ve linyit kömürü), petrol, doğal gaz ve çekirdek kaynaklı uranyum ve toryumdur. Bu kaynaklar çeşitli reaksiyonlarla yapılarında bulunan enerjiyi dışarıya verir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, biokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır (Gezen ve Karaaslan, 2015).

Döndürülebilirlikleri açısından birinci veya diğer adı ile primer enerji kaynakları, enerjiyi bünyesinde hiçbir şekilde değişim ya da dönüşüme uğramamış halde bulunduran kaynaklardır. Bu kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz, nükleer kaynaklar, güneş, rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik gibi kaynaklardır. İkincil (sekonder) enerji kaynakları, birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilir ve elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarından (Şenel, 2012). Yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılaştırılabilir özellikleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Özellikleri.

YENİLENEMEZ	YENİLENEBİLİR
İstenilen miktarlarda süresiz saklanabilir (Kaynağında bırakılır)	Sadece birkaç yenilenebilir teknoloji yığın depolama (büyük hidro barajlar, biyokütle) izin verir, diğerleri ya hiç ya da sadece küçük miktarlarda saklanabilir
Ekstraksiyon gerekir	Kullanıma Hazırdır
Sınırlı Rezerve sahiptir	Rezerv sürekli yenilenir
Katı bir şekilde Meteorolojik faktörlerin etkisinde değildir.	Meteorolojik ve iklimsel şartlara tabidir
Tedarik zincirinin yerel parçalarına bağımlılık (limanlar, boru hatları, rafineriler ve konvansiyonel elektrik santralleri)	Merkezileşmeden üretimde büyük potansiyel (çatı, akan nehir hidro, orta ölçekli rüzgâr parkları ve küçük biyoenerji tesisleri)
Sömürü miktarı büyüktür. Ekstraksiyon sahasında özel altyapı tahsis edilir	Sömürü mikro düzeyde (küçük güneş paneli) büyük ölçekli (büyük hidro) kaynaklara kadar sömürü yoktur.
Yaygın olarak birincil kaynağın uzun mesafe taşınma faaliyetleri	Birincil kaynağın uzun mesafe taşınma faaliyetlerinin (biyokütle hariç) olmaması

Kaynak: International Energy Agency, 2011

Kömür, hayvansal ve bitkisel kalıntıların, genellikle bataklık bölgelerindeki bitkilerin üzerlerinin su ve kirli tabakalarla kapanarak milyonlarca yıl ısı ve basınç etkisi ile dönüşüme uğraması ile oluşur (Turan, 2018). Kömür bir kaynak olarak değerlendirildiğinde, geniş coğrafi dağılımı, kararlı ve öngörülebilir maliyetleri ve yeni teknolojilerle verimliliği ve çevresel performansının artması ile avantajlı bir kaynakken, CO₂ parçacıklarının ve diğer kirleticilerin yüksek emisyonları, yüksek yerlerde üretim için uygun olmaması ve termal tesislerdeki olumsuz etkileri nedeni ile avantajlı olmayan bir kaynak olarak kabul edilir (World Energy Council [WEC], 2013).

Ham petrol, yerküre içindeki organik maddelerden oluşur ve kayaçlar içinde depolanmış sıvı hidrokarbonlardır. Ham petrol rafinelerde bileşenlerine ayrılır ve günlük kullanıma sunulur (Şentürk, 2018). Petrol hammadde veya doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Alemdaroğlu, 2007). Petrolün bir kaynak olarak avantajlı kabul edilmesinin nedenleri; karayolu taşımacılığı ve petrokimya endüstrileri için vazgeçilmez olması, önde gelen bir ticari emtia olması ve taşınması kolay bir yakıt olmasıdır. Fakat yüksek fiyat oynaklığı, en büyük rezerv alanları ile ilgili jeopolitik gerginlikler ve önde gelen petrol üreticilerin hakim olduğu pazar yapısı nedeni ile dezavantajlı kabul edilir (WEC, 2013). Teknoloji, ısınma ve elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynaklar petrole alternatif olabilmektedir. Ulaşım sektöründe ise petrole alternatif olarak hidrojen kaynağı gösterilmektedir (Alemdaroğlu, 2007).

Doğal gaz, metan, etan ve propan içeren yeraltında tek başına ya da petrole birlikte bulunabilen ve kayaçlardaki gözeneklerde bulunan bir kaynaktır (Şentürk, 2018). Doğal gaz, fosil yakıtlar içinde en temiz olması, güç üretiminde esnek ve verimli yakıt olması ve artan yedek rezervler ile (tekrar kullanım gibi) avantajlı bir kaynaktır. Buna karşılık rezervlerin genellikle uzak bölgelerde olması, nakliye ve dağıtım sistemi için yüksek ön yatırım ihtiyacı ve giderek daha uzun tedarik yolları ve yüksek altyapı maliyeti ile dezavantajlı konuma düşmektedir (WEC, 2013).

Bir diğer yenilenemez enerji kaynağı türü nükleer enerjidir. Bu kaynaklar radyoaktif özellik taşırlar ve atom çekirdeklerinin parçalanması sonucu “fısyon” ve “füzyon” tepkimeleri ile meydana gelirler. Bu parçalanma esnasında ortaya çıkan ısı elektrik enerjisine dönüştürülür. Nükleer enerjinin hammadde rezervi sınırlıdır ve

doğada yer kabuğu altında bulunur (Ağaçbiçer, 2010). Nükleer santrallerin hammaddesi uranyum ve toryumdur. Fakat toryuma dayalı nükleer santraller henüz ekonomik boyutta devreye girmemiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2018b). Nükleer enerji yüksek verim, servis ömrü boyunca makul ve öngörülebilir elektrik maliyeti ve yaşam döngüsü boyunca CO₂ emisyonunun olmaması özellikleri ile avantajlı bir kaynaktır. Fakat yüksek CAPEX (ürünlerin ya da sistemlerin tüketilemeyen parçalarının sağlanması ve geliştirilmesi maliyetidir) ve artan uyum maliyetleri, operasyon ve nihai atık bertaraf edilmesi hakkında kamu endişeleri ve nükleer kaza durumunda yükümlülükler ile dezavantajlı bir kaynak olarak kabul edilmektedir (WEC, 2013).

Dünya üzerindeki enerji talebinin, 2035 yılında %30 artacağı tahmin edilmektedir. Bu tarihlerde özellikle fosil kaynaklar yani yenilenemez enerji kaynakları birincil kaynak olma özelliklerini devam ettireceklerdir, fakat YEK kullanım oranı neredeyse dört kat artacaktır (Dalmış, 2017). ExxonMobil tarafından yayımlanan ve 2040 yılına kadar enerji arz ve talebi ile ilgili beklentileri değerlendirdiği “Outlook for Energy” raporuna göre, özellikle doğalgaz sahip olduğu yüksek rezerv ile elektrik üretiminde esneklik sağladığından 2040’a kadar giderek daha fazla enerji ihtiyacına cevap verecektir. Bununla birlikte kömüre alternatif olarak daha düşük karbon salınımına neden olacaktır. Bu tarihe kadar doğalgaza talep %40 artacaktır ve tüm kaynaklar içindeki doğalgaz payının %26’ya çıkması öngörülmektedir. Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından farklı senaryolara göre yapılan talep tahminlerine göre talep artışı yıllık ortalama %3 ile %6 oranında artmaktadır (TEİAŞ, 2018a). Bu talebi karşılamak için ülkemizde birincil kaynak olarak petrol, kömür ve doğal gazdan oluşan konvansiyonel (fosil) kaynaklar kullanılmaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları tüketilerek öngörülen enerji ihtiyacı önemli seviyede karşılanacaktır (Gökmen, 2015).

Fosil kaynakların çoğunun yerli olmaması ülke ekonomisi açısından bir darboğaza neden olmaktadır. Bu kaynakların sahip olduğu sınırlı rezervlerin bir gün biteceği ifade edilmektedir. Hatta rezervler azaldıkça fiyatları da yükselecektir. Bununla birlikte bu kaynakların ekosistem üzerinde olumsuz etkileri vardır. Sera etkisi nedeniyle küresel ısınmanın başlıca sorumlusu olarak görülen CO₂ emisyonunun azaltılması amacıyla bütün dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına artan bir ilgi

duyulmaktadır. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tarafından Ulusal Sera Gazı Envanterleri Kılavuzunda (2006) listelenen "Yanma için Varsayılan CO₂ Emisyonu Faktörleri" ne dayanarak hesaplanan ve yanma ile ilgili faaliyetler için petrol, gaz ve kömür tüketimi ile ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarı 2007 yılında 30.078,7 Milyon Ton Karbondioksit iken 2017 yılında bu rakam tüm dünyada 33.444 Milyon Ton Karbondioksit olarak gerçekleşmiştir (British Petroleum [BP], 2018).

Ayrıca sürdürülebilir gelişmişlik için de yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının önemi ve kullanım zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Rüzgâr, hidroelektrik, biyogaz ve biokütle, jeotermal, güneş enerjisi ve güneş enerjisi enerji sistemleri, bölgesel sürdürülebilir kalkınma programları kapsamında kırsal enerji arzı için teşvik edilen en yaygın yenilenebilir enerji teknolojileridir (Nalan, Murat ve Nuri, 2009). Bu alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi, gelecekteki enerji krizlerinin hafifletilmesi ve kirleticilerin çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması için kritik öneme sahiptir (Tasri ve Susilawati, 2014). Önümüzdeki yıllarda kaynak çeşitliliğinin artırılması, enerji arz güvenliğini artırırken aynı zamanda dışa bağımlılığı da azaltabilecektir.

Ülkemizdeki yüksek yenilenebilir enerji (Rüzgâr, Güneş, Biokütle, Hidroelektrik, Jeotermal) potansiyelinin mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir. Fakat kaynakların yapıları ve potansiyelleri nedeni ile yenilenebilir enerji kaynaklarının her bölge için yatırım uygunluk dereceleri aynı değildir. Yenilenebilir enerji yatırımlarından hangi kaynağa ne miktarda yatırım yapılacağına karar vermek için yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu teknik, ekonomik, çevresel ve toplumsal özellikler dikkate alınarak etkinlik analizinin yapılması gerekmektedir (Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu 2017).

1.2.1. Dünyadaki Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Durumu

Birincil enerji tüketiminin dünyada sürekli olarak artmasının başlıca nedenleri nüfus ve gelirdeki artıştır. Açıklamalara göre dünyada fosil yakıtlar, toplam tüketimdeki oranları 2040 yılına kadar azalsa da hakim kaynak olmaya devam edeceklerdir. Yenilenebilir kaynakların ise 2040 yılındaki payının toplam tüketimin

%16,1'i olacağı beklenmektedir. Bununla birlikte 2040 yılına kadar küresel bazda enerji talebinin %80 oranında artacağı beklenmektedir (ETKB, 2018a).

Dünyadaki yenilenemez enerji kaynakları rezervlerine bakıldığında; petrolün 40 yıl, doğal gazın 62 yıl, kömürün ise 216 yıl yetecek kadar rezervi kaldığı bilinmektedir (Ürün ve Soyu, 2016). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı rakamlarına göre ise 2017 yılında dünyada kalan fosil kaynak rezervleri kömür için 114 yıl, doğalgaz için 53 yıl, petrol 51 yıldır. Bu kaynak rezervleri kimi çevrelere göre alarm seviyesinde görünmemekle birlikte, asıl sorunun bu kaynakların yetip yetmeyeceğinden ziyade yakıtların dünya yüzeyinde coğrafi anlamda eşit olmayan bir dağılım göstermesi olduğu ifade edilmektedir. Tablo 1.2'de dünya üzerindeki yenilenemez enerji kaynaklarının 2016 yılı itibari ile rezerv miktarları verilmiştir.

Tablo 1.2. Yenilenemez Enerji kaynaklarının Rezervleri (2016).

PETROL			
	814	milyar varil	Ortadoğu Ülkeleri
	328	milyar varil	Güney ve Orta Amerika Ülkeleri
	228	milyar varil	Kuzey Amerika Ülkeleri
Toplam	1707	milyar varil	
DOĞALGAZ			
	79	trilyon m3	Ortadoğu Ülkeleri
	57	trilyon m3	Avrupa ve Avrasya Ülkeleri
	32	trilyon m3	Afrika/ Asya Ülkeleri
Toplam	168	trilyon m3	
KÖMÜR			
	310,5	milyar ton	Avrupa ve Avrasya Ülkeleri
	288,3	milyar ton	Afrika/ Asya Pasifik Ülkeleri
	245	milyar ton	Kuzey Amerika Ülkeleri
	33	milyar ton	Afrika-Doğu Akdeniz Ülkeleri
	14,6	milyar ton	Orta ve Güney Amerika Ülkeleri
Toplam	891,4	milyar ton	
URANYUM			
	2,6	milyar ton	Dünya
Not: Kanada ve Avusturalya' da yüksek tenörlü, üretim maliyetleri çok düşük uranyum yatakları bulunmaktadır.			

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018b

Enerji tüketim seyrine bakılırsa, dünyada enerjiye olan ihtiyacın artması ile enerji tüketimi de sürekli olarak artmaktadır. British Petroleum tarafından yayımlanan enerji raporuna göre 2017 yılında küresel bazda birincil enerji tüketimindeki büyüme oranı 2013'ten bu yana %2,2 ile en yüksek büyüme rakamına ulaşmıştır. Bu tüketim

artışı sırası ile doğal gaz, yenilenebilir enerji ve petrol kaynaklıdır. Çin bir önceki yıla göre %3,1 oranı ile kullanımında en fazla artışa sahip ülke olmuştur. Küresel bazda petrol tüketimi bir önceki yıla göre ortalama %1,8 artarak 4.621,9 Milyon Ton Petrol Eşdeğeri (MTEP), doğal gaz tüketimi %3 artarak 3156 MTEP ve kömür tüketimi %1 artarak 3.731,5 MTEP olarak gerçekleşmiştir.

Dünya ülkelerinin enerji tüketim seyirleri 2014-2017 yılları aralığında Ek 1.1’de verilmiştir. Tabloda her ülke için toplam üretimdeki yüzdelik dilimleri ve elektrik üretim sıralamaları hesaplanmıştır. Ayrıca üretimde ilk 10 sırayı paylaşan ülkeler ve Türkiye işaretlenmiştir. Ekte de görüldüğü gibi dünyada elektrik enerji üretiminde de ilk üç sırayı Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan alırken, Türkiye 16. sırada yer almaktadır.

Bunun yanında Tablo 1.3’te en fazla enerji tüketimi yapan 10 ülke için 2017 yılı enerji tüketimini hangi kaynaktan ne kadar miktarda sağladığı ve bu kaynakların toplam kaynaklar içindeki oranı da verilmiştir.

Tablo 1.3. Ülkelerin Enerji Tüketim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı (MTEP)- 2017.

Ülkeler	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer Enerji	Hidro Enerji	Yenilenebilir enerji	Toplam Tüketim (MTEP)	%
<i>Çin</i>	608,40	206,70	1892,60	56,20	261,50	106,70	3132,20	35,49
<i>ABD</i>	913,30	635,80	332,10	191,70	67,10	94,80	2234,90	25,32
<i>Hindistan</i>	222,10	46,60	424,00	8,50	30,70	21,80	753,70	8,54
<i>Rusya</i>	153,00	365,20	92,30	46,00	41,50	0,30	698,30	7,91
<i>Japonya</i>	188,30	100,70	120,50	6,60	17,90	22,40	456,40	5,17
<i>Kanada</i>	108,60	99,50	18,60	21,90	89,80	10,03	348,70	3,95
<i>Almanya</i>	119,80	77,50	71,30	17,20	4,50	44,80	335,10	3,80
<i>Güney Kore</i>	129,30	42,40	86,30	33,60	0,70	3,60	295,90	3,35
<i>Brezilya</i>	135,60	33,00	16,50	3,60	83,60	22,20	294,40	3,34
<i>İran</i>	84,60	184,40	0,90	1,60	3,70	0,10	275,40	3,12

Kaynak: British Petroleum, 2018

Enerji kaynaklarından elektrik üretim seyrine bakılırsa, BP raporuna göre 2017 yılında dünyada 25.551,3 Twh (TeraWattsaat) elektrik üretilmiştir. Bunun %38,5’i kömürden, %3,6’sı petrolden, %23,15’i doğalgazdan, %10,31’i nükleer enerjiden, %15,89’u hidroelektrik enerjiden, %8,42’si yenilenebilir kaynaklardan ve kalanı

diğerler kaynaklardan elde edilmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü” (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2018a) raporuna göre 2017 yılında dünyada toplam 24.097,7 Twh elektrik üretilmiştir. Bunun kaynaklara göre dağılımı %40,6 ile kömür, %4,3 ile petrol, %21,6 ile doğalgaz, %10,6 ile nükleer, %22,9 ile yenilenebilir kaynaklardan ve %0,1 ile diğerler kaynaklar olarak gerçekleşmiştir. Buradaki yenilenebilir kaynak farkı BP’nin raporunda hidroelektrik enerjinin yenilenebilir kısmını da hidroelektrik enerji sınıfına dâhil etmesinden kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir enerjiden kaynaklı üretim artışı %17 civarındadır ve 486,8 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının %18’i rüzgârdan, %9,4’ü jeotermal ve biokütleden, %7,1’i güneşten elde edilmiştir.

Tablo 1.4’te 2017 yılında dünyada en fazla elektrik üretimi yapan 10 ülke için, her bir ülkenin elektrik üretimi ve hangi kaynaktan ne kadar miktarda üretim sağladığı ve bu kaynakların toplam kaynaklar içindeki oranı da verilmiştir. Bunun dışında ülkelerin tamamının üretim rakamları için Ek 1.2’e bakılabilir.

Tablo 1.4. Ülkelerin Enerji Üretim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı (Twh)-2017.

Ülkeler	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer Enerji	Hidro Enerji	Yenilenebilir Enerji	Diğer Kaynaklar	Toplam	% lik Sıralama
Çin	14,90	196,20	4360,90	248,30	1155,80	471,70	47,40	6495,10	1
ABD	22,70	1368,70	1314,00	847,30	296,50	418,90	13,60	4281,80	2
Diğer Avrupa Ülkeleri	22,10	173,20	235,60	641,00	434,70	218,20	33,20	1758,00	3
Hindistan	10,3	75,50	1141,40	37,40	135,60	96,40	0,30	1497,00	4
Rusya Federasyonu	15,80	529,90	153,30	203,10	183,30	1,20	4,70	1091,20	5
Japonya	54,80	401,50	342,50	29,10	79,20	98,90	14,10	1020,00	6
Kanada	4,30	73,40	76,10	96,70	396,90	45,60	0,50	693,40	7
Almanya	5,70	86,00	242,20	75,90	19,70	198,10	26,40	654,20	8
Brezilya	17,20	65,40	25,20	15,70	369,50	97,90	–	590,90	9
Diğer Güney ve Orta Amerika Ülkeleri	90,80	94,70	42,40	–	306,40	43,20	0,40	577,90	10

Kaynak: British Petroleum, 2018

1.2.2. Türkiye’deki Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Durumu

Türkiye 2018 yılında dünyanın en büyük 17. ekonomisi olmuştur. Aynı zamanda dinamik ve gelişmekte olan bir ülkedir. Türkiye’de enerji kaynakları içinde yerli kaynaklar çeşitlendikçe ülkenin enerji köprüsü olma ihtimali kuvvetlenir. Ülkemiz konumu ve kaynakları bakımından tüketen değil üreten ve ihraç eden ülke olmak zorundadır (Alemdaroğlu, 2007). Türkiye’de enerji ithalatı ithalat hacminin önemli bir bölümünü elinde bulundurmaktadır. Enerji ithalatı arttıkça, milli gelirin daha çok kısmı enerjiye yani dışarıya akmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengindir ve bu kaynaklar verimli bir şekilde kullanılırsa, gelecekte yapılacak yatırımlar için önemli kaynak tasarrufu sağlanmış olacaktır (Gökmen ve Temiz, 2015).

Türkiye’nin gelecek planlamalarında ve özellikle 2023 hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji konusuna çok önem verilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan 2015-2019 Stratejik planda yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi, kaynakların etkin kullanılabilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından öne çıkan bir etki olduğu ifade edilmiştir (ETKB, 2017). Türkiye’nin 2023 hedefleri içerisinde, YEK’lerin toplam üretimdeki payını %30’lara çıkarmak vardır ve bu hedefe ulaşmak için hazırlanan YEKTEM mevzuatınca üretilen enerjiyi belli fiyatlarla ve belli süreliğine devlet tarafından alım garantisi verilmektedir.

2017 Temmuz ayı sonu itibari ile elektrik üretimimizin %34’ü doğal gazdan, %31’i kömürden, %24’ü hidroelektrik enerji (YEK sınıflandırması içinde değil), %6’sı rüzgâr enerjisinden, %2’si jeotermal enerjiden, %3’ü güneş ve diğer yenilenebilir kaynaklardan (Nehir tipi hidroelektrik santraller YEK sınıflandırmasına dâhildir.) elde edilmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde Türkiye ortalaması dünya ortalamasından daha yüksektir.

Türkiye’nin 2017 yılı enerji tüketim rakamları incelendiğinde, bir önceki yıla göre %5,6’lık bir artış ile 294,9 milyar kWh olduğu, enerji üretiminin ise yine bir önceki yıla göre %7,7 oranında artarak 295,5 milyar kWh olarak gerçekleştiği görülmüştür. 2017 yılı sonunda kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı ise, %32 hidroelektrik enerji, %27,2 doğal gaz, %21,9’u kömür, %7,6’sı rüzgâr, %4,0’ı güneş,

%1,2'si jeotermal ve %5,9'u ise diğer kaynaklar şeklinde dağılmıştır (Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu [EPDK], 2018a). 2017 yılında elektrik ithalatı geçen yıla göre %57,36 azalarak 2,73 TWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik ihracatı ise geçen yıla göre %128,84 artarak 3,30 TWh olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2018b).

Literatürde Türkiye'deki enerji kaynaklarının kullanımı ve durumu ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Koç ve Şenel (2013), Enerji kaynaklarının dünyada ve Türkiye'deki durumunu kapasite, rezerv, tüketim ve üretim rakamları ile incelemişlerdir. Bununla birlikte ülkeler için enerji üretimi ve tüketim ve CO₂ emisyon miktarlarını analiz etmişlerdir. Koç ve Kaplan (2008), Türkiye için birincil enerji kaynaklarının rezerv durumu, üretim ve tüketim seviyelerini incelemişler, bunun yanında Türkiye'de hangi sektörde ne kadar enerji tüketildiği ve genel olarak sanayideki elektrik tüketimini incelemişlerdir. Oğulata (2007), Türkiye için enerji durumunu ve ülke için yenilenebilir enerji potansiyelini analiz etmiştir. Çapık, Yılmaz ve Çavuşoğlu (2012). Türkiye'deki enerji kaynaklarının durumunu, YEK potansiyeli ve enerji politikalarını incelemişlerdir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı açıklamalarına göre, Türkiye kömür rezervleri açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilmektedir. Toplam dünya linyit/alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık %3,2'si ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizin 2018 ilk yarısı itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü 18.666 MW olup toplam kurulu gücün %21,4'üne karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 9.873 MW (%11,3) ve ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 8.794 MW (%10,1) şeklindedir.

Petrol açısından bakıldığında 2017 yılında 28,2 milyon ton olarak gerçekleştirilen ham petrol tüketimimizin yanı sıra 26,5 milyon ton petrol ürünü tüketilmiştir. Bununla birlikte yerli kaynak kullanımı için özellikle Karadeniz ve Akdeniz'deki deniz alanlarında yapılan çalışmalar büyük bir ivme kazanmıştır.

2017 yılı doğal gaz tüketimimiz 53,5 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, yurt içinde petrol ve doğal gaz arama ve üretim çalışmalarımıza önem ve öncelik verilmeye devam edilecektir.

Türkiye'deki nükleer kaynak kullanımı çalışmalarının birinci ayağı Akkuyu Nükleer Santraldir ve 2023 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır. Ülkemizin

ikinci nükleer santral projesi olan Sinop Nükleer Santrali olacaktır. Nükleer santral hammaddesi olan uranyum için Türkiye'de aramalar 1990 yılı sonuna kadar devam edilmiş ve 5 yatakta toplam 9.129 ton görünür uranyum rezervi ortaya konulmuştur.

Türkiye enerji kaynaklarının büyük bir oranını dışarıdan ithal etmektedir. Bu oranı azaltmak için bir taraftan fosil kaynak arayışları devam ederken, diğer taraftan da yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi ve kullanımı konusunda çalışmalar yapmaktadır (Yılmaz, 2012).

Türkiye güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklar açısından oldukça şanslı bir konumdadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) verilerine göre, Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), ve yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m² gün)'dir. Bununla birlikte Türkiye'de yaklaşık 112.309 MW güce sahip rüzgâr enerji santrali kurulabilir. Türkiye'deki jeotermal kaynakların alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Türkiye jeotermal kaynak kullanımında 2017 yılı itibari ile dünyada 4. sırada yer almaktadır. YEGM tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi potansiyel Atlası (BEPA)'ya göre hayvansal, bitkisel, kentsel ve orman atıklarından elde edilebilecek enerji potansiyelleri ayrı ayrı verilmiş ve toplamda 44.228.795 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır. Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidroelektrik enerjinin teorik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 140 milyar kWh/yıl'dır.

1.2.3. Türkiye'de Elektrik Üretimi

1.2.3.1. Lisanslı Kurulu Güç ve Üretim

Lisanslı üretim 1 MW üstü kurulu güce sahip santrallerin yaptığı elektrik üretim türüdür. Türkiye'de 2017 yılında lisanslı kurulu güç geçen yıla oranla %5,16 artarak 81.563,32 MW olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının (depolamalı hidroelektrik kaynaklar dâhil) toplam kurulu güç içerisindeki payı 2016 yılında %43,32 iken 2017

yılında %43,26 olmuştur. 2016-2017 yıllarındaki lisanslı kurulu gücün kaynak bazında dağılımı Tablo 1.5’te gösterilmiştir (EPDK, 2018a).

2017 yılında lisanslı elektrik üretim miktarı, 2016 yılına göre %7,34 artarak 292.574,58 GWh olmuştur. 2016-2017 Yıllarında lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimi Tablo 1.6’da gösterilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik dâhil) toplam elektrik üretimi içerisindeki payı 2016 yılında %32,73 iken 2017 yılında %28,80 olmuştur.

Tablo 1.5. 2016-2017 Yıllarında Lisanslı Kurulu Gücün Kaynak Bazında Gelişimi.

Kaynak Türü	2016 Değeri (MW)	Pay (%)	2017 Değeri (MW)	Pay (%)	2016-2017 Değişimi (%)
DOĞAL GAZ	25.348,52	32,68	26.333,61	32,29	3,89
BARAJLI (HES)	19.525,12	25,17	19.742,95	24,21	1,12
LİNYİT	9.266,90	11,95	9.267,12	11,36	0,00
İTHAL KÖMÜR	7.616,35	9,82	8.936,35	10,96	17,33
AKARSU (HES- Yenilebilir)	7.146,13	9,21	7.522,68	9,22	5,27
RÜZGÂR	5.735,90	7,40	6.488,12	7,95	13,11
JEOTERMAL	820,86	1,06	1.063,73	1,30	29,59
FUEL OİL	755,49	0,97	712,27	0,87	-5,72
TAŞ KÖMÜR	559,57	0,72	616,15	0,76	10,11
BİYOKÜTLE	362,98	0,47	449,72	0,55	23,90
ASFALTİT KÖMÜR	405,00	0,52	405,00	0,50	0,00
GÜNEŞ	12,90	0,02	17,90	0,02	38,76
NAFTA	4,74	0,01	4,74	0,01	0,00
LNG	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
MOTORİN	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
Genel Toplam	77.563,44	100,00	81.563,32	100,00	5,16

Kaynak: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu, 2018a

Tablo 1.6. 2016-2107 Yıllarında Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Gelişimi.

Kaynak Türü	2016 Değeri (MWh)	Pay (%)	2017 Değeri (MWh)	Pay (%)	2016-2017 Değişimi (%)
DOĞAL GAZ	88.244.574,12	32,38	108.771.841,89	37,18	23,26
İTHAL KÖMÜR	47.741.879,99	17,52	51.172.215,19	17,49	7,19
BARAJLI	48.906.203,33	17,94	41.278.222,47	14,11	-15,60
LİNYİT	38.543.567,01	14,14	40.545.711,72	13,86	5,19
RÜZGÂR	15.501.030,56	5,69	17.859.858,19	6,10	15,22
AKARSU	18.396.857,05	6,75	17.130.234,37	5,85	-6,88
JEOTERMAL	4.818.523,69	1,77	5.969.481,97	2,04	23,89
TAŞ KÖMÜR	3.292.613,86	1,21	3.453.865,10	1,18	4,90
ASFALTİT KÖMÜR	2.873.837,86	1,05	2.394.637,82	0,82	-16,67
BİYOKÜTLE	1.590.695,39	0,58	2.005.069,82	0,69	26,05
MOTORİN	1.554.168,77	0,57	1.008.826,40	0,34	-35,09
FUEL OİL	1.054.049,86	0,39	957.859,46	0,33	-9,13
GÜNEŞ	2.636,79	0,00	24.557,68	0,01	831,35
LNG	42.988,21	0,02	2.196,00	0,00	-94,89
Genel Toplam	272.563.626,49	100,00	292.574.578,09	100,00	7,34

Kaynak: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu, 2018a

1.2.3.2. Lisanssız Kurulu Güç ve Üretim

Lisanssız üretim, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulan üretim tesisler tarafından yapılan enerji üretim tekniğidir (EPDK, 2018a). Lisanssız üretim Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikte “Tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilmeleridir” şeklinde tanımlanmıştır.

2017 yılında lisanssız kurulu güç geçen yıla oranla %202,74 artarak 3.173,32 MW olmuştur. Bu miktarın %93,87’si güneş (fotovoltaik) enerji kaynağından elde edilmiştir. 2016-2017 Yıllarında lisanssız kurulu gücün kaynak bazında gelişimi aşağıdaki Tablo 1.7’de gösterilmiştir.

Lisanssız üretim, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulan üretim tesisler tarafından yapılan enerji üretim tekniğidir (EPDK, 2018a). Lisanssız üretim Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikte

“Tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilmeleridir” şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo 1.7. 2016-2017 Yıllarında Lisanssız Kurulu Gücün Kaynak Bazında Gelişimi.

Kaynak Türü	2016		2017	
	Kurulu Güç (MWe)	Oran (%)	Kurulu Güç (MWe)	Oran (%)
GÜNEŞ (FOTOVOLTAİK)	939,19	89,60	2.978,84	93,87
DOĞAL GAZ	51,85	4,95	85,88	2,71
BİYOKÜTLE	36,42	3,47	66,72	2,10
RÜZGÂR	13,75	1,31	32,20	1,01
HİDROLİK	5,78	0,55	8,69	0,27
GÜNEŞ (YOĞUNLAŞTIRILMIŞ)	1,22	0,12	1,00	0,03
Genel Toplam	1.048,21	100,00	3.173,32	100,00

Kaynak: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu, 2018a

2017 yılında lisanssız üretim miktarı 2016 yılına göre %166,42 artarak 3.031,50 GWh olmuştur. Bu miktarın %93,57’si güneş (fotovoltaik) enerjisinden elde edilmiştir. 2016-2107 yılları arasında lisanssız üretimin kaynak bazında gelişimi Tablo 1.8’de gösterilmiştir.

Tablo 1.8. 2016-2107 Yıllarında Lisanssız Üretimin Kaynak Bazında Gelişimi.

Kaynak Türü	2016		2017	
	İhtiyaç fazlası olarak sisteme verilen enerji miktarı (MWh)	Oran (%)	İhtiyaç fazlası olarak sisteme verilen enerji miktarı (MWh)	Oran (%)
GÜNEŞ (FOTOVOLTAİK)	1.031.358,00	90,64	2.836.553,09	93,57
BİYOKÜTLE	92.129,90	8,10	138.657,08	4,57
RÜZGÂR	8.268,44	0,73	36.801,92	1,21
HİDROLİK	6.115,42	0,54	19.434,29	0,64
DOĞAL GAZ	0,00	0,00	111,67	0,00
Genel Toplam	1.137.871,75	100,00	3.031.558,05	100,00

Kaynak: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu, 2018a

1.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji iş yapma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. İnsan ihtiyaçlarının sürekli artması, yaşam standartlarının yükselmesi ile teknolojiye gelişmeler nedeni ile enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. İnsanlar tarih boyunca gerekli olan enerji ihtiyaçlarını farklı kaynaklardan sağlamışlardır. Enerji karşılama kaynakları eğer dönemsel olarak gruplandırılır ise, enerji devirlerini sırası ile odun devri, kömür devri ve petrol-gaz devri olarak sınıflandırabiliriz (Ağaçbiçer, 2010). Geçmiş dönemlerde farklı kaynaklardan enerji elde etme faaliyeti dar boğazlarla karşılaşılana kadar devam etmiştir. Dünya özellikle 1973 yılındaki petrol krizine kadar enerjinin önemini çokta farkında değildir. Bu krizden sonra, tüm ülkeler enerji kaynak çeşitlerini artırma ve farklı alternatifleri araştırma yoluna girmişlerdir. Bununla birlikte enerjinin sürdürülebilirliği adına çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 2000’li yıllardan sonra ise özellikle alternatif enerji kaynak arayışları hızlanmıştır (Karagöl ve Kavaz, 2017). Dünyadaki enerji talebini karşılamak için özellikle petrol fiyatlarının sürekli olarak artması ve karbondioksit emisyonlarına getirilen sınırlamalar nedeni ile yenilenebilir enerji alternatiflerinin kullanımı olabildiğince arttırılmaya çalışılmaktadır (Acaroğlu, 2013).

Enerji ihtiyacının her geçen gün arttığı dünyada bu ihtiyacının nerede ise %85’i yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. BP 2018 raporuna göre, 2017 yılında enerji kaynakları kullanımındaki en büyük payı doğalgaz almıştır. Karbondioksit emisyonu son üç yıldaki durağanlığa karşılık %1,6 artmıştır.

Yenilenemeyen yani fosil kaynaklar yapılarından dolayı bir gün tükeneceklerdir. Bu tür enerji kaynaklarının hem elde edilmesi hem de tüketilmesi esnasında çevreye karşı zararlar meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak dünya canlılarının yaşamları olumsuz etkilenmektedir. Bu etkiler küresel ısınma, sera etkisi, asit yağmurları gibi etkilerdir (Adıyaman, 2012). Bu etkiler fosil yakıtların kullanımında yanarken zararlı yan ürünleri çevreye bırakmalarından kaynaklanmaktadır ve bu atıklar toprağın, suyun ve havanın kirlenmesine neden olmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

2017 yılında dünyadaki enerji talebi %2,1 artmıştır, bunun yanında elektriğe olan talep %3.1 artmıştır. Çin ve Hindistan’daki talep büyümesi %40’dan fazla gerçekleşmiştir. Bu enerji talebinin %72’si yenilenemeyen enerji kaynaklarından,

kalanı ise yenilenebilir ve nükleer enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Bunun yanında dünyada CO₂ emisyonu %1,6 artarken başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere İngiltere, Meksika ve Japonya’da emisyon miktarı düşmüştür. Bunun nedeni olarak da bu ülkelerin yenilenebilir enerjiye verdikleri destekler gösterilmektedir (International Energy Agency [EIA], 2018).

ExxonMobil tarafından yayımlanan ve 2040 yılına kadar enerji arz ve talebi ile ilgili beklentilerin değerlendirildiği “Outlook for Energy” raporuna göre, küresel enerji ihtiyacı, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) dışı ülkelerin etkisiyle, %25 artacaktır, buna karşılık özellikle yenilenebilir kaynakların etkisi ile enerji arzı üç katına çıkacaktır. Endüstrinin her alanında enerji tüketimi artacaktır. Bu ihtiyaçlar karşılanırken, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjinin payında büyük bir artış olacaktır. Bu artışı sadece kesintili üretim aksatacaktır. Yenilenebilir kaynaklardan güneş ve rüzgârın üretim artışı nerede ise %400 olacaktır, buna karşılık yenilenebilir kaynak kullanımından dolayı karbon salınımı %30 azalacaktır.

Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının istihdama katkısı da oldukça önemlidir. International Renewable Energy Agency (IRENA) tarafından 2018 yılında yayımlanan “Renewable Energy and Jobs” raporuna göre, 2017 yılında yenilenebilir enerji sektöründe 10,3 milyon çalışan ile 2016 yılına göre %5,3’lük artış gözlenmiştir. Bu istihdamın 3,4 milyonu güneş enerjisi sektöründedir, 3,06 milyonu biyokütle, 1,15 milyonu rüzgâr enerji sektörlerinde çalışmaktadır. Tüm dünyadaki istihdamın %43’ü Çin’e aittir. Çin’deki istihdamın 2,74 milyonu biyokütle enerji sektörü, 1,52 milyonu hidroelektrik sektörü, 1,16 milyonu rüzgâr enerji sektörü olarak dağılmıştır.

Türkiye için de yenilenebilir enerji kaynakları çok önemlidir. Türkiye’nin doğal kaynak zenginlikleri ile rüzgâr, jeotermal, güneş gibi doğal kaynakların potansiyelleri değerlendirilmelidir. Bu bağlamda Türkiye’nin 2023 hedefleri içinde fosil yakıtlara ve ithalata dayalı enerji arzının özellikler sürdürülebilir kalkınmayı tehdit ettiği vurgusu yapılmış ve hedeflerin içine 2023’e kadar enerji üretimi içindeki yenilenebilir payını %30’a çıkarmak konulmuştur. 2017 yılında elektrik üretimimizin, %37’si doğal gazdan, %33’ü kömürden, %20’si hidroelektrik enerjiden, %6’sı rüzgârdan, %2’si jeotermal enerjiden ve %2’si diğer kaynaklardan elde edilmiştir (ETKB, 2018b).

1.3.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri

Enerji hayatın devam etmesi için doğrudan ya da dolaylı olarak bize gerekli olan en önemli tüketim malzemelerindendir. Enerjiye olan ihtiyaç teknoloji geliştikçe ve dolayısı ile yaşam standartları arttıkça artmaktadır ve artmaya devam edecektir. Enerji talebinin büyük bir kısmı tarihten bugünüme kadar yenilenemeyen yani fosil yakıtlardan elde dilmektedir. Bu kaynaklar enerji arzının devamlı olmaması, sosyal ve ekonomik nedenler, çevresel nedenler gibi etkiler nedeni ile yerini güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmak zorundadır.

International Energy Agency (IEA) tarafından 2018 yılında yayımlanan “Global Energy & CO₂ Status Report 2017” raporuna göre dünya devletlerinin politikalarında enerji bağlamında çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik rekabet gücü, enerji güvenliği, hava kirliliği ve iklim değişikliği ile ilgili kaygılar artarak açıkça ortaya konulmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları özetle şu şekilde ifade edilebilir. Ekonomik olarak; düşük işletme ve bakım maliyetlerine sahiptirler, ekonomik ömürleri uzundur, servis maliyetleri düşüktür, bölgesel kalkınmaya katkı sağlarlar, ek vergi ve gelir sağlarlar. Sosyal olarak; güvenilir kaynaklardır, teknolojik gelişmeyi teşvik ederler, verimli enerji üretimi ve güvenliğini sağlarlar, yeni iş alanları sağlarlar. Çevresel olarak; çevreyi korurlar ve çevre koruma faaliyetlerinin maliyetlerinde tasarruf sağlarlar, yaşam koşullarını iyileştirirler, atık içermezler, hava kalitesi ve ekosistemi korurlar, iklim değişikliğinin yavaşlatılmasına katkı sağlarlar (Gökmen ve Temiz, 2015).

Bunların yanında fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ithal yakıtlara bağımlılık azalır, öz kaynaklar değerlendirilir ve yeni istihdam sahaları açılmış olur. Bunlara paralel olarak sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişmeye olanak sağlanır, enerji arzında süreklilik ve güvenlik sağlanır, yatırımlar ve istikrar artar (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2012). Ayrıca, fosil ve nükleer yakıtların yerine yenilenebilir kaynakların kullanımı ile bu tür kaynakların çıkarılması, taşınması, rafine edilmesi ve kullanılması sırasında, madencilik faaliyeti ile toprağa verilen zararlar da dâhil olmak üzere önemli çevresel etkilerin ortadan kalkar. Bu

etkiler, hava ve su kirliliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı, nükleer kaza riski, küresel iklim değişikliği ve bunların insan sağlığı üzerindeki etkileridir (World Future Council [WFC], 2016).

1.3.1.1. Enerji Arzının Sürekliliği

Enerji arzının sürekliliği enerji talebinin her zaman ve uygun fiyatlarla karşılanması için yeterli ve güvenilir enerji kaynaklarının sağlanması ve aynı zamanda çevresel etkilerden kaçınılması konularını kapsar. Uzun vadede sadece ekonomik faktörleri sürdürülebilirlikle bağdaştıran enerji kaynakları güvenli enerji tedarikini garanti edebilir (IEA, 2011). Sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olan sürdürülebilir enerji sisteminin açıklamalarından biri de yenilenebilir enerjidir (Batı, 2013). Yenilenebilir enerjinin artan kullanımı, yakıt ithalatı yanında çevresel ve sağlık etkileri de dâhil olmak üzere fosil yakıtların tüketimi ile ilgili maliyetlerin azaltılmasında etkilidir (WFC, 2016). Sürdürülebilir enerji sistemleri ile kuşaklar arasındaki adilce enerji tüketim modelleri geliştirilebilir. Enerji gelişiminde nicelikten ziyade nitelik üzerine yoğunlaşan hizmet temelli bir sistem oluşturulabilir

Dünya ülkeleri özellikle 1973 yılındaki petrol krizinden sonra enerji arzının sürekliliğinin ne kadar önemli olduğunu anlamışlar ve kaynak çeşitlerini arttırmaya yönelmişlerdir. Fosil yakıtlar yapıları nedeni ile tükenenlerdir. Günümüzde kullanılan birincil enerji kaynakları doğalgaz, kömür, petrol gibi fosil kaynakların tüketim tarihleri aşağı yukarı tahmin edilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı rakamlarında 2017 yılında Kömür için 114 yıl, doğalgaz için 53 yıl, petrol 51 yıllık rezerv kaldığı belirtilmiştir. Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi bu kaynaklar bir süre sonra tükenecektir yani bu tür kaynaklar sürekli bir enerji arz kaynağı değildirler. Bu nedenle fosil kaynaklar yerine hem yerli hem de yenilenebilir nitelikteki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem Türkiye hem de dünya için çok önemlidir (MEB, 2012).

1.3.1.2. Sosyal ve Ekonomik Nedenler

Enerji bir ülkenin veya bölgenin ekonomik ve sosyal kalkınmasının en önemli faktörlerindendir (Yılmaz, 2012). Ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmasının ana

girdisi olarak kabul edilen enerji kaynaklarına olan gereksinim sürekli artmaktadır fakat yenilenemez enerji kaynakları azalmaktadır. Bu nedenle ülkeler enerji politikalarını yeniden gözden geçirmeğe ve enerjiyi etkin kullanmaya yönelmişlerdir (Seydioğulları, 2013).

Kullanılan enerji kaynağı, enerji arzından fiyatlandırmaya, erişim ve ulaştırma maliyetlerinden ülkeler arası ilişkilere kadar pek çok alanı açık bir şekilde etkilenmektedir. Bu etkilerden en önemlisi de enerji güvenliğidir. Enerji güvenliği, enerji ihtiyaçlarının karşılanmasının hem toplumun hem de devletin ekonomik çıkarları korunarak güvence altında olmasıdır. Yaygın olarak YEK'lerin enerji güvenliğini sağladığı, sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağladığı ve iklim değişikliğinin etkilerini azalttığı düşünülmektedir (Çıtak ve Pala, 2016).

Türkiye, nüfus yapısı ve bölgeler arası dağılım bakımından batı bölgeleri lehine önemli farklar barındırmaktadır. Bunun sonucu olarak da göç (doğudan batıya, özellikle İstanbul'a) bölgesel bir sorun olarak son 50 yıldır devam etmektedir. Özellikle doğu, güneydoğu ve Karadeniz illerinin verdiği göçün bölge içinde tutulmasını sağlayacak politikalara ihtiyaç vardır (T.C. Kalkınma Bakanlığı [KB], 2013). Yenilenebilir Enerji teknolojileri, doğal kaynakların yenilenmesine izin vererek ve yeni doğal sermaye kaynakları sağlayarak sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya katkıda bulunabilir. Bu bağlamda yenilenebilir enerjiyi destekleyen politikalar, doğal sermayenin önemini ve sınırlı doğal kaynakların ekonomik büyüme ile uzlaştırıldığını kabul eden yeni pazarlar yaratmayı ve küresel ekonominin şu anda işlediği fosil enerji tabanlı kalkınma yolundan bir çıkış stratejisi sağlamayı amaçlar. Sonuçta, yenilenebilir kaynaklar artan refah için sürdürülebilir bir yol sağlar (IEA, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynakları maliyetler açısından avantajlı kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları elektriğin üretildiği yerde tüketiminin yapılacağı, mesela evlerde yani bireysel üretim ve tüketimin yapıldığı alanlarda, yerlerde şebeke bağlantısı ihtiyacı duyulmayacağından oldukça ekonomik bir kaynaktır. Özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi bu açıdan oldukça elverişli ve ekonomik kaynaklardır.

Bölgeler arası dengesiz gelişme seviyeleri konusunda temel göstergelerden biri de bölgesel gayri safi yurt içi hasıla rakamlarıdır (Gündüz, 2006). Bölgesel kalkınma ve Orta-Gelir Tuzağı kavramları ilgili çalışma yapan Yeldan, Taşçı, Volvoda ve Özsan

(2012) Amerika Birleşik Devletleri milli gelirinin %30'unu aşan, %29-%19 arasında kalan ve bunların dışındaki gelir gelir grubundaki bölgeleri bölgesel gayri safi yurt içi hasıla verileri kullanarak sınıflandırmışlardır (Tablo 1.9).

Tablo 1.9. Bölgelerin Gelir Gruplarına Göre Sınıflandırılması (2011).

Orta Gelir Tuzağı Riski Olmayan Bölgeler	Orta Gelir Tuzağı Riski Olan Bölgeler	Orta Düşük Gelir Grubundaki Bölgeler
TR 10	TR 61	TR 63
TR 42	TR 22	TRA 1
TR 41	TR 81	TRB 1
TR 51	TR 32	TRC 1
TR 21	TR 33	TRC 3
TR 31	TR 62	TRA 2
	TR 90	TRC 2
	TR 52	TRB 2
	TR 83	
	TR 71	
	TR 72	
	TR 82	

Kaynak: Yeldan vd., 2012

Bu sınıflandırmada, orta-gelir tuzağı kişi başına düşen GSYH bakımından orta gelişmiş ülkelerin ve/veya bölgelerin belli bir gelir seviyesinde kalma ve yükselmeme durumu olarak ifade edilmektedir ve bölge ve/veya ülkeler için doğrudan bir büyüme problemi olarak değerlendirilmektedir (Yeldan vd., 2013). Orta-gelir tuzağından kurtulmak için tüm sanayi dönüşümünü sağlarken, enerjide dışa bağımlılığı azaltacak güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmelidir (Fahri, 2015). Bununla birlikte üretim maliyetlerinde en büyük paya sahip enerji faturalarının nükleer, termik ve yenilenebilir enerjiye yapılacak yeni yatırımlar ile düşürülmesi gereklidir (Ünay, 2017).

Tablo 1.10'da bölgeler arası gelir GSYH rakamları ve oransal olarak ne kadar paya sahip oldukları 2004-2014 yılları arasında verilmiştir. Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi on yıllık sürede bölgelerin oransal anlamda farkları çok değişmemiştir.

Tablo 1.10. Gayri Safi Bölgesel Hasıla (2004- 2014).

İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması (2. Düzey)		2004		2014	
		GSYH (Bin TL)	Oran %	GSYH(Bin TL)	Oran %
TR	Türkiye	577 023 497		2 044 465 876	
TR10	İstanbul	173 019 044	30	622 761 611	30
TR51	Ankara	55 545 009	10	186 977 438	9
TR31	İzmir	37 750 431	7	127 429 459	6
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	28 811 470	5	120 076 331	6
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	30 955 091	5	112 839 228	6
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	23 777 683	4	79 813 304	4
TR62	Adana, Mersin	21 970 532	4	78 233 180	4
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	20 773 260	4	67 608 511	3
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	19 337 977	3	64 962 167	3
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	13 654 383	2	50 291 641	2
TR52	Konya, Karaman	13 578 841	2	49 781 531	2
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	14 340 684	2	48 672 480	2
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	13 525 292	2	48 480 676	2
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	15 034 299	3	47 905 183	2
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	13 554 294	2	47 554 199	2
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	11 171 798	2	44 929 189	2
TR22	Balıkesir, Çanakkale	12 234 753	2	39 607 166	2
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	10 666 674	2	38 576 156	2
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	8 203 650	1	27 707 257	1
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	6 489 687	1	26 681 446	1
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	7 513 154	1	26 605 019	1
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	5 818 538	1	22 793 781	1
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	5 456 165	1	19 203 445	1
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	5 245 211	1	18 142 063	1
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	4 703 395	1	14 407 904	1
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	3 892 183	1	12 425 511	1

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu, 2018b

İstihdam yaratma tüm hükümetler için önemli bir politika hedefidir. Farklı sektörlere uygulanan destekler aynı şekilde yenilenebilir enerji sektörüne uygulandığında istihdam etkisi ekonominin diğer sektörlerinde daha yüksek olabilir (IEA, 2011). Yapılacak yenilenebilir enerji kaynak yatırımları ile yeni iş sahaları açılacaktır ve bölgesel göçler için de bir çözüm olabilecektir (MEB, 2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarının yarattığı yeni iş türleri yeni istihdam alanları yaratmaktadır. IRENA tarafından belirtilen ve 2017 yılında yenilenebilir enerji sektöründe 10,3 milyon çalışan rakamı bunun göstergesidir. Dünyada, yenilenebilir enerji alanındaki istihdam yoğunlaşması yüksek oranda Çin, Brezilya, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Almanya ve Japonya gibi birkaç ülkelerde

gerçekleşmiştir. Çin tek başına istihdamda tüm kaynaklar içinde %43 paya sahipken, güneşte %66, rüzgârda %44 paya sahiptir. Türkiye’de ise tahmini istihdam rakamları güneşte (PV sitemlerinde) 33.400, 16.600 kişi güneş ısıtma soğutma alanında, rüzgârda 14.200, hidroelektrik enerji, jeotermal ve biyokütle alanlarında 18.000 kişidir (Renewable Energy Agency [IRENA], 2018a).

1.3.1.3. Çevresel Nedenler

“Yeşil büyüme” terimi ile özetlenen, daha sürdürülebilir ekonomik büyümeye yönelik kapsamlı bir strateji dâhilinde, yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaştırılması önceliklidir (IEA, 2011). Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının sonucunda oluşan çevresel ve insan sağlığına karşı zararlar gelecek kuşaklar için ödenecek bedeli çok fazla arttıracaktır. Bu etkiler karbondioksit salınımı, sera etkisi ve küresel ısınma, iklim değişikliği olarak sınıflandırılabilir (MEB, 2012).

Dünya üzerindeki enerji talebindeki artışın büyük oranda fosil yakıtlardan karşılanması dünyadaki CO₂ emisyonundaki artış eğiliminde önemli bir rol oynamıştır. Sanayi Devrimi'nden bu yana, yakıt yanmasından kaynaklanan yıllık CO₂ emisyonları neredeyse sıfır iken 2015'te yaklaşık 33 GtCO₂ (Gigaton Karbondioksit-Eşleniği)'ye kadar yükselmiştir (International Energy Agency [IEA], 2017a).

Küresel ısınma, yeryüzü sıcaklığının yeryüzünden 11 kilometre yukarıdaki troposfer katmanındaki sera gazının artması ile oluşur. Atmosferin çeşitli etkiler ile ısınıp, ısıyı tutması sera etkisidir. Sera gazı olmaması yeryüzü sıcaklığını -33 yapar ve atmosferdeki sera gazı sıcaklığı 15 derecede tutulur. Sera gazları karbondioksit, kloroflorokarbon, metan, azotoksit gibi gazlardır (Çepik, 2015).

Dünya karbon salınımı, sera etkisi, iklim değişikliği gibi çevreye karşı olumsuz etkileri bazı tedbirlerle giderilmeye çalışılmaktadır. Küresel anlamda iklim değişikliği ve küresel ısınma konularındaki ilk çalışma Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir. Bu sözleşme 1992 yılındaki Rio zirvesinde imzaya açılmış ve 1994 yılında kabul edilmiş ve yürürlüğe sokulmuştur. 29 Ekim-6 Kasım 2001 tarihlerinde Fas'ın Marakeş kentinde yapılan 7. Taraflar Konferansı'nda Türkiye'nin, Ek II'den çıkıp özel şartları tanınmış bir Ek I ülkesi olarak bu sözleşmeye taraf olma

isteği kabul edilmiş ve 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye resmen sözleşmeye katılan 189. taraf ülke olmuştur.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi için 1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde konferans düzenlenmiştir. Burada Kyoto protokolü hazırlanmıştır. Kyoto Protokolü, uluslararası düzeyde tarafların taahhütleri ile bağlayıcı emisyon azaltma hedeflerini belirleyen, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile bağlantılı uluslararası bir sözleşmedir (UNCC, 2018). Kyoto protokolü ile emisyon ticaretine izin verilmesi, gelişmiş ülkeleri, gelişmekte olan ülkelere sera gazı salınımı azaltma konusunda yatırım yapmaya teşvik etmiştir (Çepik, 2015). Türkiye, Kyoto Protokolü'nün 25'inci maddesi uyarınca Katılım Belgesi'nin tevdi tarihini izleyen doksanıncı gün olan 26 Ağustos 2009 tarihinde Protokol'e resmen taraf olmuştur.

2015 yılı Aralık ayında Fransa'nın Paris kentinde düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda, 2020 yılında devreye girecek olan yeni anlaşmanın müzakerelerine başlanmıştır. Müzakereler sonunda yeni anlaşma nihai hale getirilmiş ve "Paris Anlaşması" adıyla kabul edilmiştir. Eylül 2017 itibarıyla 197 taraf ülkeden 160'ı Paris Anlaşması'nı onaylamış bulunmaktadır. 22 Nisan 2017 tarihinde Türkiye, Paris Anlaşması'nı imzalamış fakat özel durumuna yönelik müzakereleri devam ettiği için TBMM onayından geçirmemiştir (ETKB, 2018c).

Bunların yanında, Avrupa Komisyonu kapsamında oluşturulan Covenant of Mayors (CoM) anlaşması ile sera gazı azaltma faaliyetleri ve küresel ısınmayla savaşmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmayı hedefleyen Başkanlar Sözleşmesi mevcuttur. Bu sözleşmeyi taraf olan yerel yöneticiler hazırlayacakları sürdürülebilir enerji eylem planını hazırlayacak ve uygulayarak 2020 yılına kadar sera gazı salım değerini en az %20 azaltmayı taahhüt edeceklerdir. Bu anlaşmayı dünyada 6.687 yerel yönetici, Türkiye'de ise henüz 10 belediye imzalamıştır (Biter ve Çubukçu, 2017).

Her bir yenilenebilir enerji kaynağının çevresel etkisi birbirinden farklıdır. Tablo 1.11'de farklı yenilenebilir kaynakların hava, su, atık ve canlı yaşamına ilişkin etkileri var ise "+" işareti ile yok ise "-" işareti ile belirtilmiştir.

Tablo 1.11. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkilere Göre Karşılaştırılması.

Kaynak	Hava Kirliliği	Su Kirliliği	Atık Oluşumu	Canlı Yaşamına Etkisi
Güneş	-	-	-	+
Rüzgâr	-	-	-	+
Biyokütle	-	-	+	+
Jeotermal	-	+	-	+
HES	-	+	-	+
Deniz K.	-	+	-	+
Hidrojen	-	+	-	-

Kaynak: Aras, Elibüyük ve Üçgül, 2017

1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK TÜRLERİ

Yenilenebilir enerji kaynakları, YEKDEM mevzuatında “rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları” olarak tanımlanmıştır (YEKDEM, 2005). Bu çalışmada değerlendirmeye alınacak yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik kaynaklarıdır ve bu kaynakların elektrik enerjisi üretme potansiyelleri değerlendirilecektir. Dolaylı olarak ısıtma, soğutma, termal gibi diğer kullanım alanları ile de bilgi verilmiş olacaktır. Yenilenebilir enerji türleri ve kaynakları Tablo 1.12’de verilmiştir.

Ülkemizin asgari yenilenebilir ekonomik enerji potansiyeli hidroelektrik için 160.000 GWh/yıl, rüzgâr için 48.000 MW’tır. Bunun yanında ortalama küresel güneş radyasyonu 1.520 kWh/m² yıl, biyokütle potansiyeli 8,6 MTEP (100.018 MWh), biyogaz potansiyeli 1,5-2 MTEP (17.500-23.260 MWh), jeotermal potansiyeli 31.500 MW’tır (MegaWatttermal) (YEGM, 2017).

Tablo 1.12. Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak veya Yakıt
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	Yer altı suları
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Hidroelektrik Enerji	Nehirler
Dalga Enerjisi ve Gelgit	Deniz ve Okyanuslar
Hidrojen Enerjisi	Hidrojen

Kaynak: Uluatam, 2010

1.4.1. Güneş Enerjisi

Güneş tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının ana kaynağıdır ve diğer tüm kaynakların enerjisi dolaylı olarak güneşten gelir. Güneş enerjisi ile fosilleşen birincil enerji kaynakları, rüzgâr ve dalga enerjilerinin de kaynağı yine güneştir (Ağaçbiçer, 2010). Güneşin yaklaşık %90'ı hidrojendir. Güneşin merkezinde helyum çekirdekleri oluşmakta ve tepkimeler sonucunda büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır (Acaroğlu, 2013). Yılda m^2 başına düşen ortalama küresel güneş radyasyonu, bir varil petrol, 200 kg kömür veya $140 m^3$ doğal gaz ile aynı miktarda enerji üretebilir (WEC, 2010).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğindeki enerjidir ve hidrojen gazını helyum gazına dönüştüren füzyon reaksiyonundan oluşan güçlü bir enerjidir. Güneş ömrünün beş milyar yıldan fazla olması sonsuz bir enerji kaynağı olduğunun göstergesidir (Adıyaman, 2012). Güneş enerjisi santrallerinin verimleri, beklenen ömürleri gaz ve dizel santrallere yakındır tek farkı güneş enerji santrallerinde yakıt maliyetinin olmamasıdır (Everett, 2004).

İlk olarak 1883 yılında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi keşfedilmiştir. Güneş enerji güneş pilleri ilk kez 1956 yılında satılmıştır ve 1990'lardan sonra maliyetlerin düşmesi ile yaygınlaşmaya başlamıştır (Çepik, 2015). Güneş enerjisinden elektrik üretmek, ısı etkisinden yararlanarak buhar elde edilmesi ve türbin yardımı ile veya doğrudan güneş pilleri ile yapılır (Kocaman, 2003).

Güneş enerjisi teknolojileri Fotovoltaik (PV) sistemler ve Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri (CSP) teknolojileridir. PV sistemlerde solar paneller kullanılır ve güneş enerjisi direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Türkiye'de en yaygın

kullanılan sistemdir ve bu çalışmada PV sistemler değerlendirilecektir. Diğer yöntemde güneş enerjisi ile su buharı veya sıcak gaz üretilir daha sonra bunlar konvansiyonel yoldan buhar veya gaz türbinine sevk ederek türbine bağlı bulunan jeneratörden elektrik üretmektir (Selbaş, Yakut ve Şencan, 2003). Güneş enerjisinin önce ısı enerjisine daha sonra elektrik enerjisine dönüştüğü Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri yüksek enerji üretimlerinde kullanılır. Bu dönüşümle elde edilen enerji doğrudan kullanılabileceği gibi şebekeye de verilebilir. Fakat bu panellerin kurulumu için oldukça geniş araziye ihtiyaç vardır. Farklı yenilenebilir enerji kaynakları içinde santral alanın açısından güneş enerji santrallerinin baraj tipi hidroelektrik santrallerden sonra en fazla alan ihtiyacı olan kaynaktır (Şenlik, 2017).

Güneş enerjisindeki gelişme 2017 yılında fosil kaynaklardan gaz ve kömürle karşılaştırıldığında yaklaşık 3 kat, nükleer ilavelerden 9 kat daha fazla bir oranda gerçekleşmiştir. 2017 yılında toplam 99,1 GW santralin şebeke bağlantısı yapılmıştır ki bu rakam 2012 yılındaki dünyadaki toplam kurulu kapasitenin tamamını neredeyse güneşin tek başına sağladığını göstermektedir. Bu gelişimin en büyük nedeni olarak yeni teknolojilerle maliyetlerin hızla düşürülmesi gösterilmektedir. 2017 yılında güneş enerjisi pazarını, yeni kurulum kapasitesinin yarısından fazlasına sahip olan Çin yönlendirmiştir (Solar Power Europe [SPE], 2018).

Güneş enerjisinin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (MEB, 2012; WEC,2013);

Avantajları:

- Güneş sürekli, temiz ve yenilenebilir kaynaktır.
- Çevre dostu bir kaynaktır.
- Santral işletiminde yakıt sorunu yoktur, uzun süre sorunsuz çalıştırılabilir.
- Güneş pilleri uzun ömürlüdür.
- Özellikle ana şebeke bağlantısı olmayan kırsal bölgeler için uygun bir alternatiftir.
- Evler çatılarına kuracakları güneş pilleri ile neredeyse kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedirler.
- Güvenirliliği yüksektir ve hareketli parça içermezler.
- Hızlı kurulum ve sökme özelliğine sahiptirler.

- Uzak bölgeler için uygun çözümdür.

Dezavantajları:

- Güneş pilleri verimi yaklaşık olarak %15 gibi düşük bir orana sahiptir.
- Fotovoltaik pillerin maliyetleri yüksektir.
- Kaynak sürekli değildir.
- Şebekeye bağlantıda zorlukları vardır.
- Taksit materyal kullanılır.

1.4.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneş tarafından ısıtılan havadaki yoğunluğun azalması ile yükselme sırasında oluşan boşluğun soğuk hava ile dolması ile oluşan hava hareketidir (Ağaçbiçer, 2010). Başka bir tanımla rüzgâr, tükenmeyen güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşması ile oluşan farklı ısınmaların sebep olduğu yatay hava hareketleridir (Şen, 2002). Yeryüzünde hemen hemen her yerde rüzgâr vardır, ancak her bölgede rüzgâr gücü ve yoğunluğu birbirinden farklıdır. Günümüzde rüzgâr enerjisinin çoğu onshore yani karadan elde edilse de, offshore yani denizde kurulan rüzgâr santralleri onshore santrallere göre daha düşük çevresel etkiye sahiptir (gürültü ve görsel kirlilik) ve daha da popüler hale gelecektir (WEC, 2010). Bu çalışmada ülkemizde kullanılan onshore RES'ler değerlendirilecektir.

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi rüzgâr türbinleri ile yapılmaktadır (Çepik, 2015). Rüzgârdan elektrik enerjisi üretimi, rüzgâr türbinleri ile esen rüzgârın pervaneli döndürmesi ile oluşan hareket enerjisini jeneratörler vasıtası ile elektrik enerjisine dönüşmesi ile elde edilir (Adıyaman, 2012). Rüzgâr türbinleri dönme eksenli, jeneratör düzeni ve kontrol sistemlerine göre mikro türbinler (Gücü: 0 - 3 kW), küçük rüzgâr türbinleri (Gücü: max 30 kW), büyük rüzgâr türbinleri (Güç: 200 kW – 1,5 MW), yatay eksenli rüzgâr türbinleri, düşey eksenli rüzgâr türbinleri ve eğik eksenli rüzgâr türbinleri olarak sınıflandırılır (Kocaman, 2003).

2017 yılında yeni küresel onshore rüzgâr enerjisi kurulu gücü 540 GW'ın üzerine çıkmıştır. Çin rüzgâr enerjisinde de yaklaşık 20 GW yeni kurulu ve toplamda 189 GW kurulu güçle birinci sırada yer almaktadır. İkinci ve üçüncü sırada Amerika Birleşik

Devletleri 90 GW ve Almanya 56 GW kurulu güçle yer almaktadırlar. Türkiye’de kurulu güç 6,8 GW’tır.

Offshore segmenti 4.334 MW’lık kurulumla rekor bir yıl geçirmiştir ve 2016 yılına göre %87’lik bir artış ile toplam global kurulu güçte 18,814 GW’a ulaşmıştır ve kümülatif kapasitede %30’luk bir artışı temsil etmiştir (Global Wind Energy Council [GWEC], 2017).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı rüzgâr enerjisinin avantajlarını çevre dostu, kaynağı güvenilir, tükenmez ve zamanla fiyatı değişmez, maliyeti diğer santrallerle neredeyse denk, bakım ve işletme maliyetleri düşük, teknolojisi daha basit, kurulum süresi kısa olarak değerlendirmiştir (ETKB, 2018b).

Rüzgâr enerjisinin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (MEB, 2012; WEC, 2013; Şen, 2002);

Avantajları:

- Kurulum maliyeti oldukça düşüktür.
- Çevre dostu bir kaynaktır.
- Rüzgâr türbinleri tek ya da grup halinde kullanılabilir.
- Karada olduğu gibi denizde de kurulabilmektedir.
- Hızlı kurulum ve sökme teknolojilerine sahiptir.
- Yakıt ve atık maliyeti yoktur.
- Uzak bölgeler için temiz kaynaktır.

Dezavantajları:

- Görsel ve estetik kirlilik ve gürültüye neden olmaktadır.
- Dönen pervaneler kuş ölümlerine sebep olabilmektedir. Fakat bu problem yeni araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile kanatsız türbin üretimi ile giderilmeye çalışılmaktadır.
- Kırsal alanlara kurulduğundan özellikle arkeolojik kalıntılara zarar verme ihtimalleri vardır. Bunu engellemek için kurulumdan önce o alanın araştırılması gereklidir.
- Sürekli değildir.
- Şebekeye bağlanma konusunda zorlukları vardır.

- Sübvansiyonlara güvenir.
- Gürültülüdür.

1.4.3. Jeotermal Enerji

Yeryüzü birbirleri ile çatlak ve faylar boyunca ilişkili olan büyük ölçekte levha şeklinde kütlelerden meydana gelmiştir. Jeotermal enerji bu levhaların birbirleri ile temas ettikleri yerlerdeki fay ve çatlaklar boyunca sıcak yeraltı sularının yükselmesi ile oluşur (Şen, 2002). Jeotermal enerji jeolojik yapıya bağlı olarak kendiliğinden meydana gelen, yeryüzüne buhar, gaz veya su olarak taşınabilen ve ulaşılabilir derinliklerdeki kaynağın ısı enerjisidir. Bununla birlikte bir akışkan içermeyen fakat farklı yöntemlerle ısısından faydalanan sıcak kuru kayalar da jeotermal kaynaklardır (Akkuş ve Alan, 2016). Jeotermal Latince toprak anlamındaki “geo” ve ısı anlamındaki “therme” kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur ve dünyada üretilen ısı ve enerji olarak yorumlanır (Nasruddin vd., 2016). Jeotermal enerji, yerkabuğunun farklı derinliklerinde bulunan yeraltı ısınının meydana getirdiği bölgesel atmosferik sıcaklıktan daha yüksek sıcaklığa sahip, yine çevresinde bulunan normal yeraltı ve yer üstü sularına göre daha fazla tuz, mineral ve gazları barındıran sıcak su ve buhar olarak tanımlanan jeotermal kaynaklardan elde edilen enerjidir (Adıyaman, 2012).

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminin ilk örneği 1912 yılında Larderello’da kurulan 250 kWe (KiloWattenerji) güce sahip jeneratördür. Türkiye’de de ilk olarak 1984 yılında Kızıldere’de elektrik üretim santrali kurulmuştur (Başel, 2010). Jeotermal enerjinin kaynağı dünyanın doğal ısısidir. Isı veya elektrik üretmek için (buharla çalışan bir türbin vasıtasıyla) delinebilen ve pompalanan sığ bir derinlikte bir “taşıyıcı” (sıcak su veya buhar) gereklidir. İki ana jeotermal kaynak türü vardır: Bunlardan ilki konvektif hidrotermal kaynaklardır ve yüzey sıcaklığının doğal sıcak su veya buhar tarafından yüzeye taşındığı kaynaklardır. İkincisi su veya buhar kullanarak ekstraksiyon olasılığının olmadığı sıcak kuru kaya kaynaklardır (WEC, 2010).

Yeraltında bulunan ve yapı olarak granite benzeyen sert kayalar içerisinde su olmasa da bir jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilebilir. Türkiye’nin volkanik yapısı nedeni ile dünya jeotermal kuşağı üzerindedir ve jeotermal kaynaklar bakımından potansiyeli yüksektir (Ürün ve Soyu, 2016). Türkiye 2007 yılında

yayımladığı 5686 sayılı kanun ile jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemiştir.

Jeotermal kaynaklarının sıcak su temin edilen ve ısınmada kullanılan doğrudan kullanımı ile birlikte buhar santralleri ile elektrik elde edilen dolaylı kullanımı mevcuttur. Doğrudan kullanım ve bölgesel ısıtma sistemlerinde yeryüzünün yakınında bulunan rezervuarlardan sıcak su kullanır.

Genel olarak jeotermal kaynakların kullanım alanları Lindal (1973) tarafından Tablo 1. 13'te görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır.

Dolaylı kullanım da yani elektrik üretiminde çok yüksek sıcaklıkta su veya buhara ihtiyaç vardır. Elektrik üretiminde üç temel teknoloji kullanılır. Bunlardan ilki, geleneksel kuru buhar teknolojisidir, türbinler yardımı ile doğrudan elektrik üretir. İkincisi flash buhar teknolojisidir, bu enerji santralleri, hidrotermal rezervuarın kuyusunda sıvı-dominant bir karışım üretildiğinde kullanılır. Üçüncü teknoloji ikili akışkan (binary tip) teknolojilerdir ve jeotermal rezervuardaki su sıcaklığı 150 °C'nin altında olduğunda kullanılır (Malikoğlu, 2017).

Jeotermal kaynaklardan güvenli ve sürekli olarak enerji elde edilebilir. Bu nedenle jeotermal enerji santralleri özellikle sanayi üretiminde kesintisiz ve kaliteli enerji üretmede en güvenilir seçenek olmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016).

Tablo 1.13. Termal Suların Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri.

Sıcaklık (° C)	Kullanım Alanları
180	Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, Amonyak absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, Diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer 2s yoluyla alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin eldesi
130	Şeker endüstrisi, buz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranlarının artırılması
110	Çimento kurutulması
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtması
70	Soğutma (alt sıcaklık sınırı)
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınırı), turistik tesisler
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Lindal, 1973

Jeotermal enerjisinin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (MEB, 2012). Avantajları:

- Kurulum maliyeti oldukça düşüktür.
- Sürekli, temiz ve yenilenebilir kaynaktır.
- Verimi oldukça yüksektir.
- Çevre dostu bir kaynaktır.
- Kaynaklar elektrik üretimi ile uyumlu olarak diğer amaçlar için de aynı anda kullanılabilir.
- Kurulum için düşük alan gereksinimi vardır.

Dezavantajları:

- Jeotermal akışkanın kireçlenme, paslanma ve çürümeye neden olması, atılacağı yüzey suyunu bünyesindeki bor nedeni ile kirletmesi, yine bünyesinde barındırdığı CO₂, H₂S ve bor gibi maddeler nedeni ile tedbir gerektirmektedir.

1.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle biyolojik kökenli ve fosil olmayan organik madde kütesidir. İçeriği karbonhidrat bileşikler olan hayvansal ve bitkisel kökenli doğal maddelerin tamamı biyokütle enerji kaynağıdır. Bu kaynaklardan elde edilen enerji de biyokütle enerjisidir (Acaroğlu, 2013). Biyokütle enerji kaynakları bitkisel, hayvansal atıkların yanında evsel ve endüstriyel atıklardır (Adıyaman, 2012). Biyokütle materyalleri biyokütle çevirim yöntemleri ile katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülür. Bu yakıtlar ile biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir (YEGM, 2018). Biyokütleden enerji üretimi ile birlikte kâğıt, mobilya ve yalıtım maddesi yapımı gibi birçok alanda da yararlanılır (Karayılmazlar, Saraçoğlu, Çabuk ve Kurt, 2011).

Biyokütle enerji kullanımı klasik ve modern olarak gruplanabilir. Klasik enerji kullanımı, yakacak olarak kullanılan odun, bitki ve hayvan (tezek) atıklarının direk yakımı ile elde edilen enerji kullanımıdır. Modern enerji kullanımı ise, enerji ormancılığı ürünleri, tarım sektörünün bitkisel (şeker, hububat ve bitkisel yağ) ve hayvansal atıkları, tarımsal endüstri atıkları ve evsel atıkların (çöp) işlenerek yakıt elde edilmesidir (Kocaman, 2003).

Biyokütle kaynaklarından elektrik üretimi için biyokütle santralleri kullanılır. Bu santrallerin çalışma prensibi termik santrallere benzer, tek farkı yakıt olarak biyokütle kaynaklarının kullanılmasıdır. Biyokütle yakıtları, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da *“Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlar olarak”* tanımlanmıştır (Adıyaman, 2012). Rüzgâr ve güneş enerjisindeki son yüksek profil artışlarına

rağmen, biyoenerji, geleneksel biyokütle kullanımı hariç tutulduğunda, küresel nihai enerji tüketimine katkısı rüzgâr ve güneşten beş kat fazla olacaktır (IEA, 2017b).

Biyokütle ve atıktan enerji üretimi için biyolojik ve termo kimyasal metotlar kullanılır. Bu metotlardan biyolojik yöntemler: fermentasyon ve anaerobik çürütme, termokimyasal yöntemler ise yakma, gazlaştırma ve piroliz olarak açıklanır. Biyogaz, anaerobik çürütücülerde gübrenin bozulması ile elde edilir (Ersoy, 2017). Anaerobik bozulma; havasız yani oksijensiz ortamda organik maddelerden karbondioksit, metan ve az miktarda da hidrojen sülfür oluşmasıdır. Bu gaz karışımına biyogaz denir (Yılmaz, Ünvar, Koca ve Koçer, 2017). Biyogaz temelinde organik madde kaynaklı gazlardan oluşur ve birçok farklı kaynak aracılığıyla elde edilebilir. Bu kaynaklardan biri olan hayvan gübresi de temelde organik maddeden oluşur. (Ersoy, 2017). Biyogaz, yanıcı diğer gazlardan (örneğin doğalgaz) farklı olarak sadece hayvansal veya bitkisel, yani organik hammaddelerden elde edilmektedir.

Toplumların üretmiş olduğu büyük miktardaki atıklardan da (çöplerden) yakılma yöntemi ile ısı ve dolayısı ile de elektrik elde edilebilir (Kocaman, 2003). Atıkların dönüşümü sürdürülebilir kalkınma için önemlidir. Modern teknolojiler ile atık çamuru, hayvan atıkları ve organik sıvı atıkları gibi ıslak organik atıklar ve belediye katı atıklarını enerji ihtiyacını daha verimli bir şekilde karşılayabilen ve fosil yakıtların yerini alabilecek katı, sıvı ve gaz formlarına dönüştürebilir (IEA, 2017b). Atık dönüşümü etkin hale getirilmez ise artan nüfus sonucunda insanlık bir gün mutlaka doğal kaynakların yetersizliği sorunu ile karşılaşacaklardır (Baran, Mamis ve Alagöz, 2016). Atıklardan yani çöplerden çöplerin yakılması ile ya da çöp alanlarında oluşan metan gazından elektrik üreten santraller mevcuttur (Kocaman, 2003). Tablo 1.14'te Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları verilmiştir.

Biyokütle enerjisinin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (MEB, 2012; WEC, 2013; Alemdaroğlu, 2007; Kocaman, 2003).

Avantajları:

- Sürekli, temiz ve yenilenebilir kaynaktır.
- Enerji tarımını geliştirir.

- Fosil yakıtlarda bulunan kanserojen madde ve kükürt içermediğinden çevre dostudur.
- Sera etkisi ve asit yağmurlarına neden olmaz.
- Biyodizel, yağlayıcı özelliğinden dolayı motoru korur.
- Kullanımı, taşınması ve depolanması yüksek parlama özelliği nedeni ile güvenlidir.
- Yerli kaynaktır.
- Kömür ve petrolden sonra dünyanın üçüncü büyük birincil enerji kaynağıdır.
- Kanıtlanmış basit yanma teknolojilerine sahiptir.
- Biyoyakıtlar taşıma için bir alternatiftir.
- Göçün önlenmesinde katkı sağlar.
- Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısında iyileşme sağlar.
- Ekonomide istihdam ve katma değer sağlar.

Tablo 1.14. Biyokütle Kaynakları Kullanılan Çevrim Teknikleri, Bu Teknikler Kullanılarak Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları.

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman Atıkları	Havasız Çürüme	Biyogaz	Elektrik üretimi ve ısınma
Tarım Atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma ve ulaşım araçları
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal Atıklar	Fermantasyon, havasız çürüme	Metan	Isınma ve ulaşım araçları
Çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Metanol	Sentetik yağ ve roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve hayvansal Yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma ve seracılık

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018

Dezavantajları:

- Çöp ve benzeri atıkların yakımı ile elde edildiğinden çıkan atıklar için çevresel önlem alınmalıdır.
- Kaynak depolanması esnasında görsel kirliliğe neden olmaktadır.
- Ulaşım ve işlemedeki zorlukları barındırır.
- NO_x ve SO_x emisyonuna sahiptir.

- Enerji-su/ gıda yönünden negatif etkilidir.

1.4.5. Hidroelektrik Enerji

Dünyada en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağı gücünü sudan alır ve suyun yüksekten alçağa doğru akma hareketinden faydalanılarak enerji üretilir (Ağaçbiçer, 2010). Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan bir enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütlenin ardından en çok kullanılan kaynaktır (Adıyaman, 2012).

Hidroelektrik Santraller (HES) temel olarak depolamalı, doğal akışlı (nehir tipi) ve pompajlı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilir. Nehir Tipi HES’lerde elektrik nehrin akışı ile elde edilir. Pompajlı Rezervuarlı HES’lerde depolanmış suyun serbest bırakılması ile elektrik elde edilir. Depolamalı HES’lerde elektrik tekrar depolanmak üzere depolanan suyun daha yüksek bir rezervuara geri pompalanmasıyla geri kazanıldığı yöntemle elde edilir (WEC, 2010).

Depolamalı HES’ler de suyun önü bir baraj ile kapatılarak su birikintisi oluşturulur. Bu şekilde su biriktiren baraj, kurak dönemlerde su ihtiyacını buradan karşılar (Yaman ve Haşıl, 2018). Nehir Tipi Santrallerde, nehrin üstündeki su miktarı yapılan regülatör ile bir miktar kabartılır ve debilerin su alması kolaylaştırılır ve biraz düşü elde edilir. Üretilcek güvenilir enerji akarsuyun debisi ile sınırlıdır. Hidroelektrik santralin potansiyeli yağış rejimine bağlıdır, yani bu santraller iklim değişikliklerine karşı hassastır (Gökdemir, Kömürcü ve Evcimen, 2012). Pompaj depolamalı santraller enerji talebinin düşük olduğu saatlerde suyu bir üst rezervuarda depolar, yüksek olduğu saatlerde ise üst rezervuarda depolanan suyu alt rezervuara türbinleyerek enerji elde edilir. Aslında bu tür santraller toplam enerji üretimini arttırmaz, sadece kullanılamayan veya ziyan olacak enerjiyi en değerli olduğu dönemde şebekeye aktarır (Devler Su İşleri [DSİ], 2018).

Dünyada HES’lerin kurulu gücü 2017 yılında 1.153.911 MW olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılında toplam 4.048.420 GWh elektrik üretilmiştir (IRENA, 2018b).

Nehir tipi HES’lerin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir (Gökdemir, Kömürcü ve Evcimen, 2012; MEB, 2012).

Avantajları:

- Kırsal bölgelerde enerji ihtiyacını karşılar, dolayısı ile bölgesel sosyoekonomik ve kültürel gelişim hızlanır.
- Kırsal bölgelerin yakıt ve taşıma problemlerine çözüm getirir.
- Bu tip santrallerde türbin-jeneratör gruplarının tipleştirilerek standart hale getirilmeleri kolaydır ve bu mekanik ekipmanı ucuzlatır.
- Bakım ve işletme sorunları ve işletme maliyeti düşüktür.
- İşletme sürecinde karbon salınımı yapmaz.
- İmalatlarının yerli endüstri ile yapılması sağlar.
- Bakımları kolay ve ucuzdur. Hizmet süreleri ise uzundur.
- Düşük operasyon maliyetlerine sahiptir.
- CO₂ emisyonu yoktur.
- Teknolojisi basit ve kanıtlanmıştır.

Dezavantajları:

- Kullanma ve içme suyu ya da sel kontrolü gibi ilave işlevleri yoktur.
- Etüt maliyetleri fazladır.
- 1 kW kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallerden daha da yüksektir fakat türbin, jeneratör ve transformatörde standardizasyona yapılırsa işletme ve personel maliyetlerini azaltabilir.
- Ülkemizde teknik eleman sıkıntısı vardır.
- Sistemin teknolojik özelliklerine bakım ve işletme politikalarına göre üretim devamlılığı sağlanır.
- Akarsudaki su rejimini azaltmaktadır.
- İnşaat aşamasında, akarsu yatağı ve çevresinde birçok sorunlarla karşılaşılır.
- Yüksek CAPEX (ürünlerin ya da sistemlerin tüketilemeyen parçalarının sağlanması ve geliştirilmesi maliyetidir) düzeyi.
- Barajlar için yüksek alan gereksinimi vardır.
- Yeniden yerleşim ve mikro iklim değişikliği nedeni ile kamu direnci görülür.

1.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DURUMU

1.5.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji sadece karbondioksit emisyonu azaltmaz, bunun yanında sürdürülebilir özelliği nedeni ile dünyanın enerji ihtiyacını karşılar (Özgür, 2008).

Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları ile üretim 2017 yılında en yüksek büyüme rakamına sahip olmuştur ve dünyadaki elektrik enerjisi talebinin yaklaşık %25'i yenilenebilir kaynaklardan karşılanmıştır. Yenilenebilir enerji alanındaki bu artışın %50'si Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleşmiştir. Diğer %50'lik artışı Avrupa Birliği ülkeleri, Hindistan ve Japonya sağlamıştır. Dünyada özellikle rüzgâr ve güneş enerjisinde beklenmedik bir gelişme gözlenmiştir. Rüzgâr enerjisinde %36, PV güneş enerjisinde %27, hidroelektrik enerjide %22, biyokütlede %12 artış gerçekleşmiştir (IEA, 2018).

BP 2018 raporuna göre 2017 yılında toplam 2.151,5 TWh elektrik üretilmiş, bunun 1.347,7 TWh'i OECD'ye üye ülkelerde, 803,9 TWh'i OECD dışı ülkelerde, 673,3 TWh'i Avrupa Birliği (EU) ülkelerinde üretilmiştir. Kaynaklar incelendiğinde, biyokütleden 84.121 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) enerji üretilmiş, bunun 52.552 TEP'i OECD ülkelerinde, 31.569 TEP'i OECD dışı ülkelerde, 14.044 TEP'i EU ülkelerinde üretilmiştir. Yine güneş enerjisinden 442,6 TWh enerji üretilmiş, bunun 285,4 TWh'i OECD ülkelerinde, 157,3 TWh'i OECD dışı ülkelerde, 119,7 TWh'i EU ülkelerinde üretilmiştir. Rüzgâr enerjisinden 1122,7 TWh enerji üretilmiş, bunun 698,9 TWh'i OECD ülkelerinde, 423,8 TWh'i OECD dışı ülkelerde, 362,3 TWh'i EU ülkelerinde üretilmiştir. Jeotermal, biyokütle ve diğer yenilenebilir kaynaklardan 586,2 TWh enerji üretilmiş, bunun 363,4 TWh'i OECD ülkelerinde, 228,8 TWh'i OECD dışı ülkelerde, 191,3 TWh'i EU ülkelerinde üretilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlara göre ilk beş ülke Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Japonya ve Almanya'dır. Bunun yanında yapılan yeni yatırımlara bakıldığında, güneş enerjisine 113,7, rüzgâr enerjisine 112,5, biyokütleye 68,50 MW gücün altına sahip hidroelektrik santrallere 3,5, jeotermale 2,7

milyon dolar yeni yatırım yapılmıştır. Enerji kapasitelerine bakıldığında Çin jeotermal dışında tüm kaynaklarda birinci sıradadır. Jeotermalde birinci sırada Endonezya ikinci sırada Türkiye vardır, Türkiye güneş enerjisinde de Çin'den sonra ikinci sıradadır (The Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [REN21], 2017).

Ülkelerin yenilenebilir enerji kullanım ve yatırım durumları birbirinden oldukça farklıdır. Bunlardan birkaç örnek verilmesi gerekirse Avrupa ülkeleri incelenebilir. Almanya, Avrupa Birliği'nin kurucu 6 ülkesinden biridir ve Avrupa Birliği'nde birinci, dünyada Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Japonya'dan sonra 4. sıradaki en büyük ekonomiye sahiptir (Batı, 2013). Almanya'da yenilenebilir enerji ile ilgili kanun 2000 yılında çıkarılmış ve 2010 yılında son halini almıştır. Almanya YEK santrallerine güç ve kurulum tarihlerine göre bir alım garanti tarifesini sağlamaktadır ve tüm bina sahiplerinin enerjisinin bir kısmını yenilenebilir kaynaktan karşılama zorunluluğunu, kurulumunda mali desteklerle birlikte, getirmiştir. Avusturya, 2009 yılından itibaren Yeşil Elektrik Kanunuyla alım garantisi vermektedir, bunun yanında konutlarda güneş ve biyokütle uygulamalı için %25'e kadar vergi indirimi sağlamaktadır. İngiltere, yenilenebilir kaynak kullanan santralleri ödüllendirmekte ve ayrıca azami 5 MW'lık yenilenebilir enerji üretimi için alım garantili tarifeler uygulanmaktadır. Danimarka, alım garantisi teşvikleri vermektedir, bunun yanında özellikle türbin üreticilerine verdiği üretim desteği ile pazarın yarısına yakını elinde tutmaktadır (Uluatam, 2010).

Bu birkaç detaylı örnekten sonra genel olarak ülkelerde uygulanan teşvik ve desteklerin özeti Ek 1.3'te detaylı olarak görülebilir.

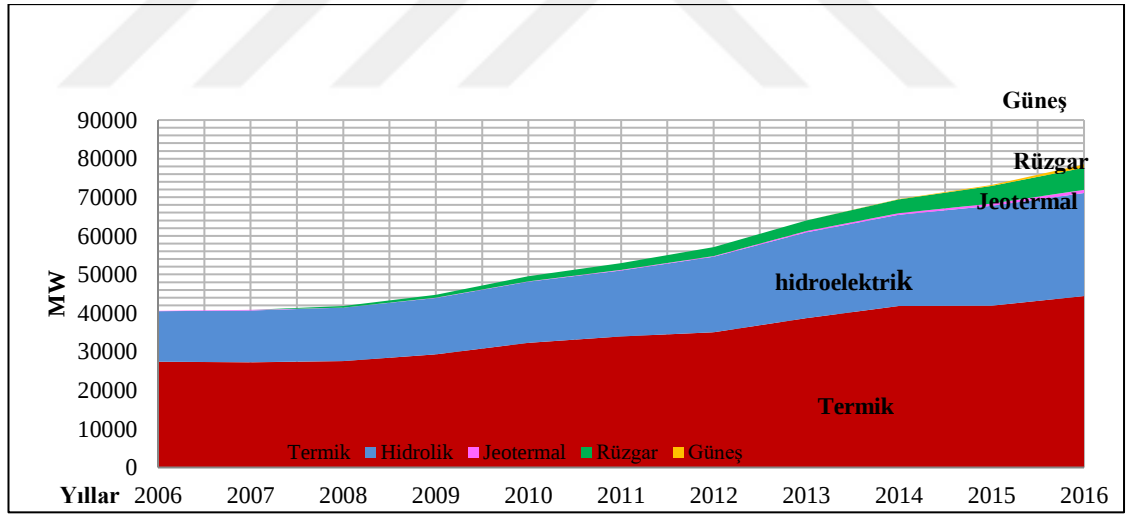
1.5.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

Türkiye küresel ekonomi ile hızlı bir uyum sürecindedir. Ülkemiz alt yapısını tamamlama, toplum refah seviyesini arttırma, kalkınma hedeflerini gerçekleştirme ve sanayisini rekabet edebilir düzeye getirmek için enerjiye olan talebi sürekli olarak artmaktadır (Alemdaroğlu, 2007).

Türkiye'nin 2005-2016 yılları arasında enerji kaynaklarından elektrik üretim seyri Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Tablo 1.15'te de Türkiye'de Kurulu gücün 2006 ve 2016 yılları karşılaştırması verilmiştir.

2017 yılında lisanslı ve lisanssız toplam elektrik üretimi rüzgârdan yaklaşık 17.909 GWh, jeotermalden 5.970 GWh (hedef aşılmıştır), güneşten 2684 GWh, biyokütleden 2797 GWh olarak gerçekleşmiştir. Hidroelektrik santrallerden toplam 58,5 milyar kWh’lik elektrik üretilmiştir. Hidroelektrik santrallerin tamamı yenilenebilir sınıfına girmediği için verilen rakamlar toplam hidroelektrik santrallerin üretim miktarıdır.

Türkiye’nin 2023 hedefleri doğrultusunda toplam üretimdeki yenilenebilir enerji kaynakları payı %30’a yükseltilecektir. Bu bağlamda 2023 yılında rüzgârdan 2.000 MW kurulu güçle 50.000 GWh, jeotermalden 1.000 MWe kurulu güçle 5.100 GWh (Bu sektördeki hızlı gelişime bakılırsa 2023 yılına kadar bu tahminden çok daha yüksek çıkacaktır.), güneşten 5000 MW kurulu güçle 8000 GWh, biyokütleden 1.000 MWe kurulu güç ile 4533 GWh elektrik üretme hedefi konulmuştur (ETKB, 2014). 2017 üretim rakamları kaynaklar bazında incelendiğinde hedeflere 2017 yılı itibari ile ne kadar yaklaşıldığı dolayısı ile de ülke potansiyelinin ne kadar yüksek olduğu görülebilecektir.



Kaynak: Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi, 2018b

Şekil 1.2. Türkiye’deki Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2006-2016).

Tablo 1.15. Türkiye’deki Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2006-2016).

					Birim : MW	
	Termik	Hidroelektrik	Jeotermal	Rüzgâr	Güneş	Toplam
2006	27.420,20	13.062,70	23	59	-	40.564,80
%	67,6	32,2	0,06	0,15	-	100
2016	44.411,60	26.681,10	820,9	5.751,30	832,5	78.497,40
%	56,58	33,99	1,05	7,33	1,06	100

Kaynak: Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi, 2018b

Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi yapılırken şu noktalara dikkat edilmelidir. Türkiye’de kurulu gücün artırılması, özellikle şebeke bağlantıları açısından bazı sınırlamalara tabidir. Rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı lisanslı üretim tesisi kurmak üzere yapılan önlisans başvurularından aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için ilan edilen kapasiteden fazla başvuru bulunması halinde ve/veya aynı sahaya birden fazla başvuru bulunması halinde TEİAŞ tarafından yarışmalar düzenlenir. Bu konudaki düzenleme 2017 yılında resmi gazetede yayımlanan ve son hali olan 30065 numaralı yönetmelikle yapılmıştır. Aralık 2017 Rüzgâr Enerji Santralleri (RES) için yarışması yapılmış, 32 bölge için 2.130 MW kapasitenin 2.110 MW’tı tahsis edilmiştir. Ardahan-Kars bölgesindeki 20 MW kapasite için talep olmadığından tahsis işlemi yapılamamıştır. Bir sonraki yarışma 2020 yılında yapılacaktır. Güneş Enerji Santralleri (GES) için 2015 yılında 600 MW kapasitenin tahsisi için TEİAŞ tarafından yarışma yapılmıştır ve kapasiteler dağıtılmış fakat 2017 yılı sonu itibari ile lisanslı üretim güneşte yaklaşık 18 MW’ta kalmıştır.

Lisanssız başvurular için TEİAŞ tarafından Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik Kapsamında Kapasite Tahsis Tablosu aylık olarak yayımlanmaktadır. Bu tabloda her bir trafo merkezi için bağlanabilir RES ve GES kapasiteleri belirtilmektedir. Lisanssız üretim yapan santraller bu kapasite değerleri ölçüsünde şebekeye ürettiği elektriği verebilmektedir.

Türkiye’deki yenilenebilir enerji potansiyeli bölgesel değerlendirme yapılırken yenilenebilir enerji kaynaklarından Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Hidroelektrik ve Biokütle Enerji alternatifleri Tablo 1.16’da verilen ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından oluşturulmuş İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) ile Düzey-2 olarak tanımlanan 26 bölge için sosyal, ekonomik, teknik, çevresel kriterlere göre değerlendirilecektir.

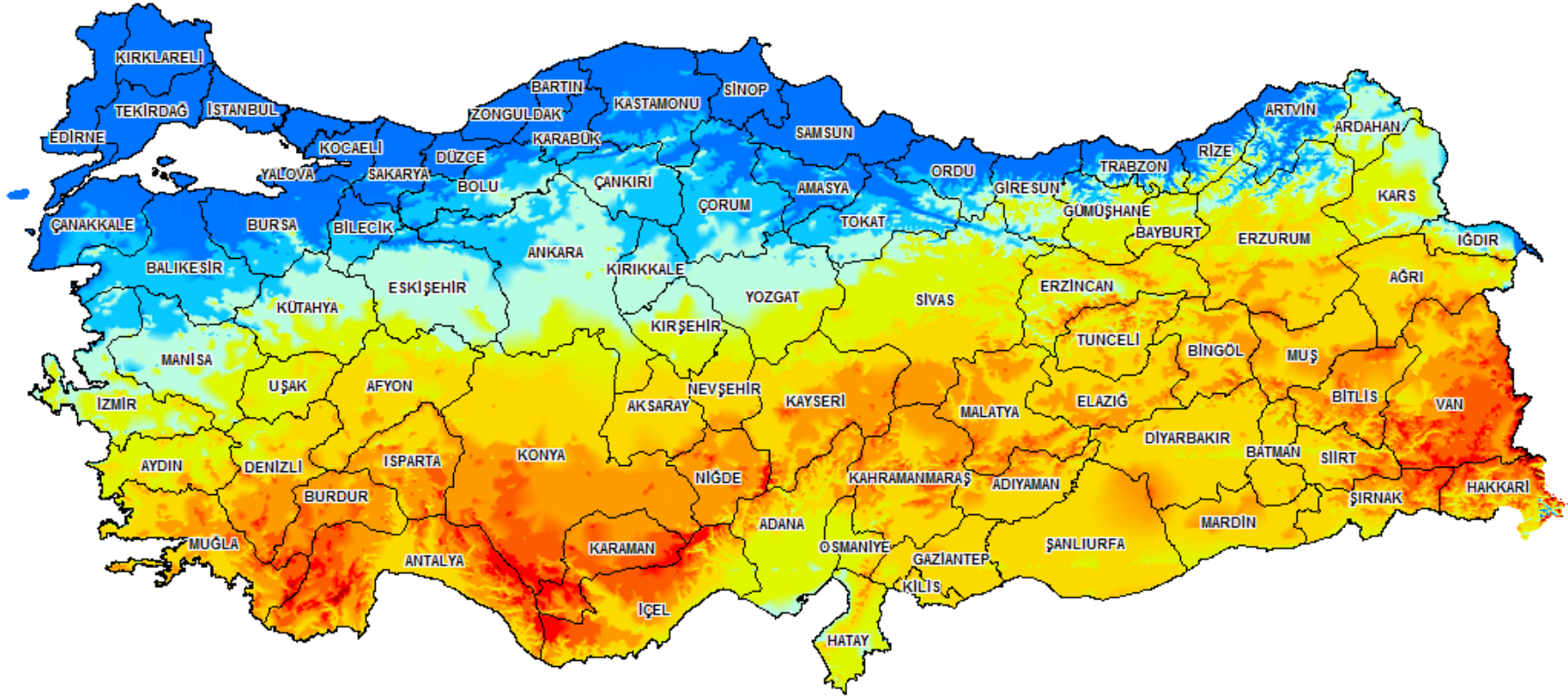
Tablo 1.16. İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS- 2. Düzey)

Bölge Kodu	Şehirler
TR10	İstanbul
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli
TR22	Balıkesir, Çanakkale
TR31	İzmir
TR32	Aydın, Denizli, Muğla
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova
TR51	Ankara
TR52	Konya, Karaman
TR61	Antalya, Isparta, Burdur
TR62	Adana, Mersin
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu, 2018a.

1.5.2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)’ya göre; Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresini 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise 1.527 kWh/m²yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m² gün) olarak belirtilmiştir. Türkiye’nin GEPA atlası Şekil 1.3’te verilmiştir. Bir şehrin güneş enerjisi yatırımının verimli olabilmesi için yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş ışıması alt sınır değerinin GEPA değerleri ile en az 1.620 kWh/m²yıl olması gerektiği esas kabul edilmiştir. GEPA verilerine göre bu kriter değeri 1.620 kWh/m²yıl sadece Türkiye’de Mardin, Karaman, Antalya, Van, Burdur, Mersin, Niğde ve Muğla olmak üzere sadece 8 il merkezinde sağlanmaktadır. Fakat Yalçın (2016) çalışmasında Iğdır ilinin de bu eşiği aştığını ortaya koymuştur.



Kaynak: GEPA, 2018

Şekil 1.3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA).

2017 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan 3.421 MW'lık kurulu güce sahip 3.616 adet Güneş Enerji Santrali (GES) Türkiye toplam kurulu gücün yaklaşık %4'üne karşılık gelmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi 2017 yılında 2.684 GWh olarak gerçekleşmiş olup elektrik üretimimizin %0,91'i güneşten elde edilmiştir (EPDK, 2018a). Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları oldukça hızlı ilerlemektedir. 2018 yılı haziran ayı itibari ile lisanssız 4.703 MW ve lisanslı 23 MW olmak üzere toplam PV GES kurulu gücü 4.726 MW olmuştur. Türkiye'de 28800 numaralı Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ne göre güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurulması için yapılan önlisans başvurularında, başvuruya konu her bir üretim tesisinin kurulu gücü 50 MW'ı geçemez. Bununla birlikte Avrupa'nın güneş enerjisi sektöründeki büyümesi esas olarak, 2016 yılında 1 GW'dan daha az olan kurulu gücüne 2,6 GW ekleyen Türkiye'nin devasa büyümesinin bir sonucudur (SPE, 2018).

1.5.2.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi

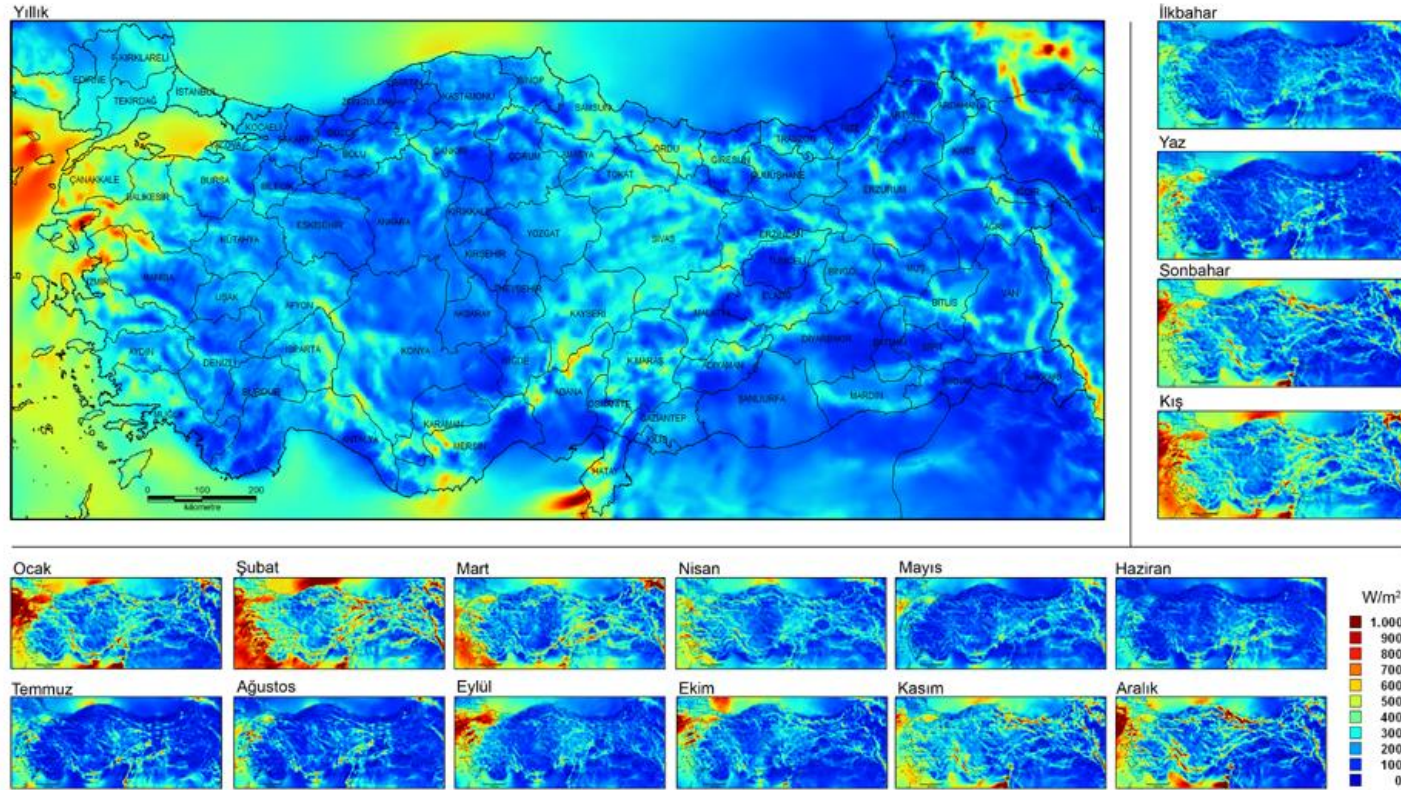
2017 yılı sonu itibarıyla 6.516 MW toplam kurulu güce sahip 207 adet Rüzgâr Enerji Santrali (RES) devrede olup Türkiye toplam kurulu gücünün %7,6'sına karşılık gelmektedir. 2017 yılında rüzgâr enerjisi kaynaklı 17.909 GWh elektrik üretilmiş olup bu değer toplam üretimin %6,06'sıdır (EPDK, 2018a). Türkiye Rüzgâr Enerjisi potansiyel Atlası (REPA) verilerine göre toplamda Türkiye'de yaklaşık 112.309 MW güce sahip santral kurulabilir. Türkiye'de Ekim 2017 itibari ile lisanslı 6.437,9 MW, lisanssız 28,48 MW kurulu güç mevcuttur. Bu kurulu gücün dağılımına bakıldığında Ege bölgesi en yoğun yatırım yapıldığı bölgedir ve birinci sırayı İzmir, ikinci sırayı Balıkesir almaktadır. Buna karşılık Doğu Anadolu bölgesinde kurulu bir santral mevcut değildir (Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği [TÜREB], 2018).

Şekil 1.4 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) 50 m yükseklik için Rüzgâr Güç yoğunluğu Haritası ve Şekil 1.5 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) 50 m yükseklik için Rüzgâr Hızı Haritası verilmiştir.

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

Rüzgar Güç Yoğunluğu Haritası

50 m Yükseklik



Bu haritalar 200m çözünürlükte rüzgar verileri ile oluşturulmuştur.

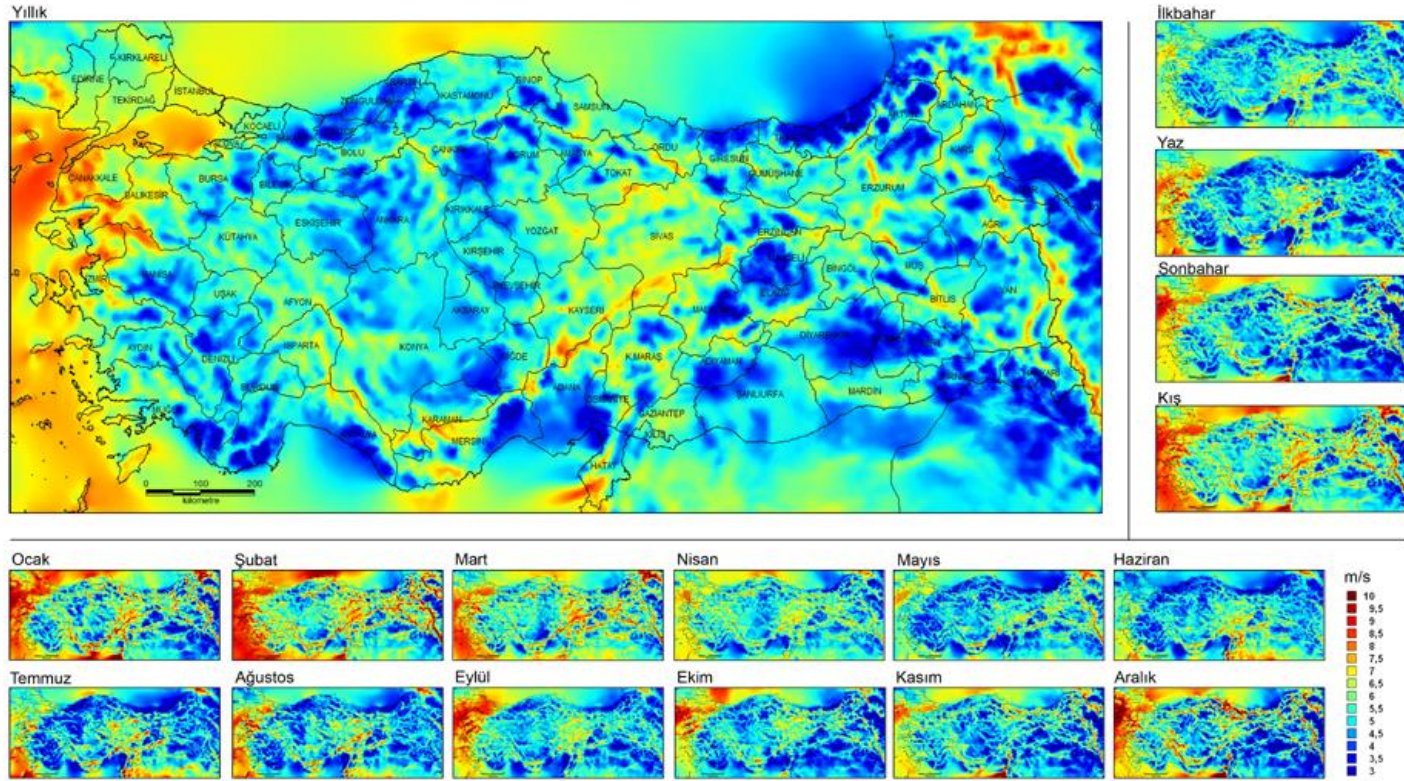
Kaynak: REPA, 2018

Şekil 1.4. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) (Rüzgâr Güç yoğunluğu Haritası 50 m Yükseklik.

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

Rüzgar Hızı Haritası

50 m Yükseklik



Bu haritalar 200m çözünürlükte rüzgar verileri ile oluşturulmuştur.

Kaynak: REPA, 2018

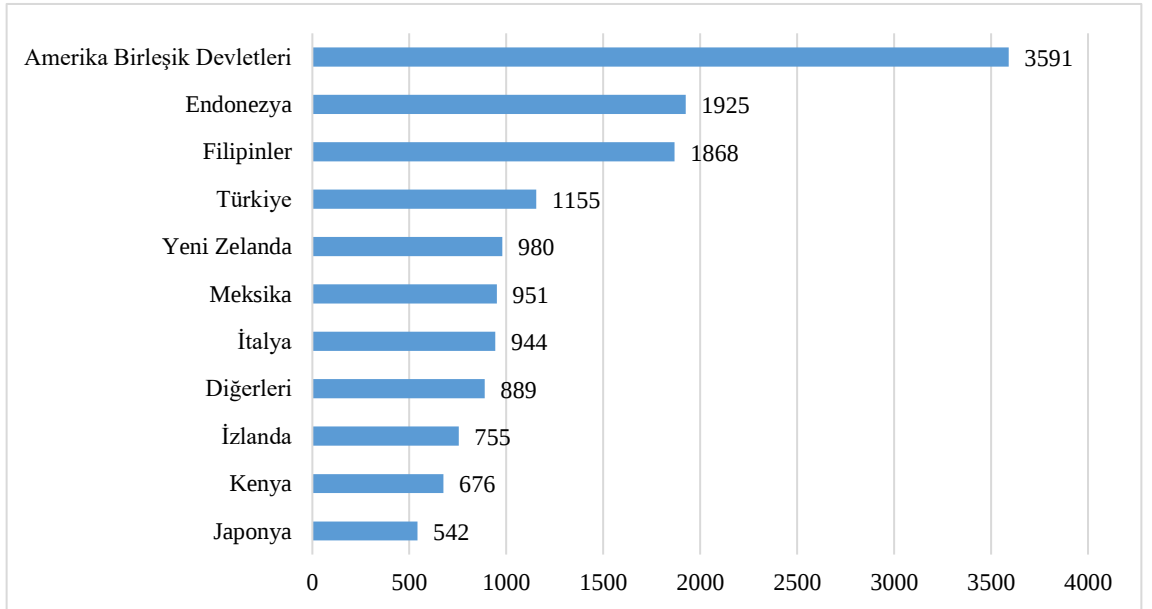
Şekil 1.5. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) (Rüzgâr Hızı Haritası 50 m Yükseklik).

1.5.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerjisi

2017 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan 1.064 MW'lık kurulu güce sahip 40 adet Jeotermal Enerji Santrali (JES) Türkiye toplam kurulu gücün yaklaşık %1,2'sine karşılık gelmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi 2017 yılında 5.970 GWh olarak gerçekleşmiş olup elektrik üretimimizin %2,02'si jeotermal kaynaklardan elde edilmiştir (EPDK, 2018a).

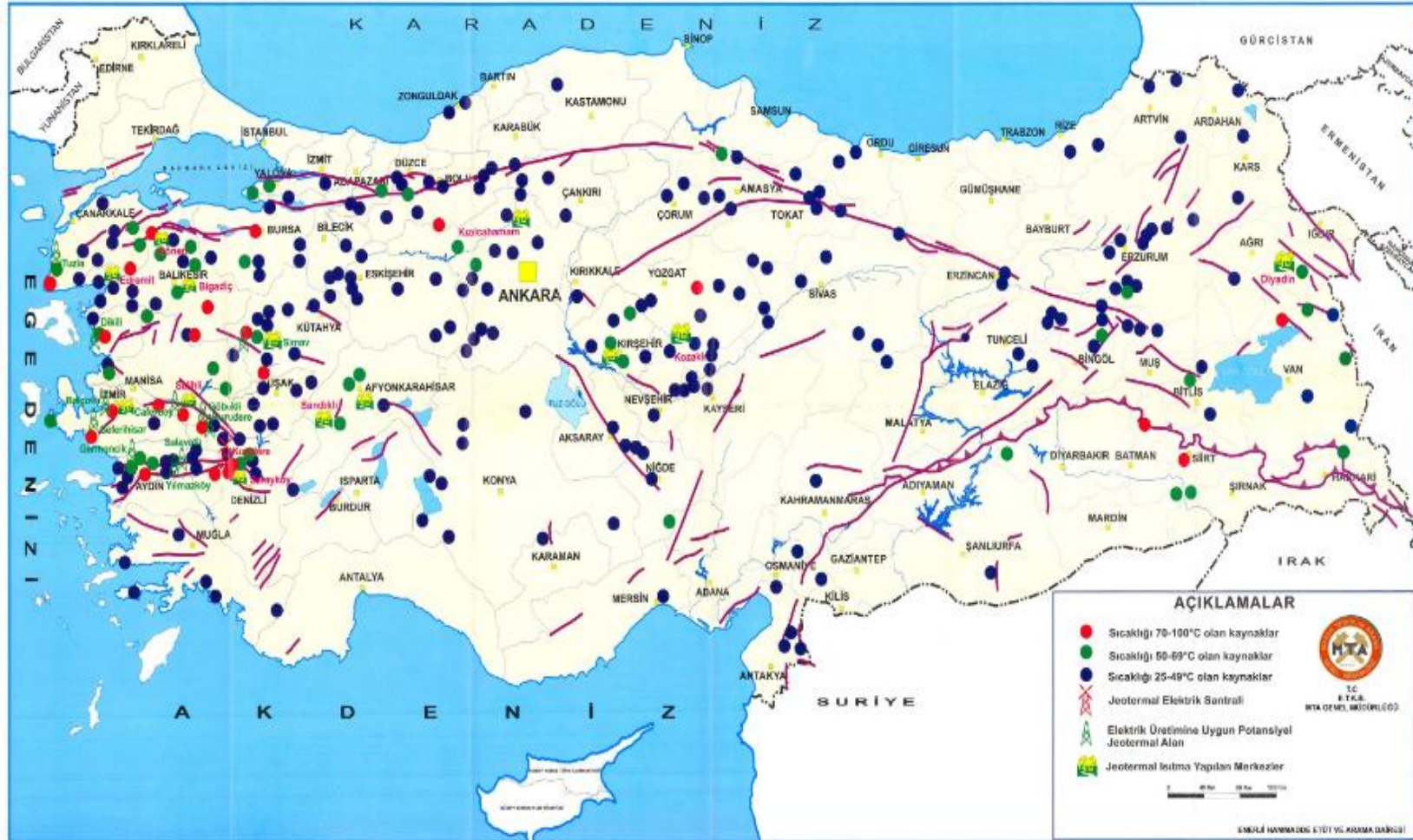
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) açıklamalarına göre Türkiye’deki jeotermal kaynak alanlarının %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vs.) için uygun olup, %10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

2017 yılı sonunda dünyadaki jeotermal enerji kurulu güç sıralaması Şekil 1.6’da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye jeotermal kaynak kullanımında 4. sıraya yükselmiştir. Şekil 1.7’de Türkiye’de var olan jeotermal enerji kaynak dağılımı ve uygulama haritası, Şekil 1.8’de ise Türkiye’deki jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası verilmiştir.



Kaynak: Gönüç, 2018

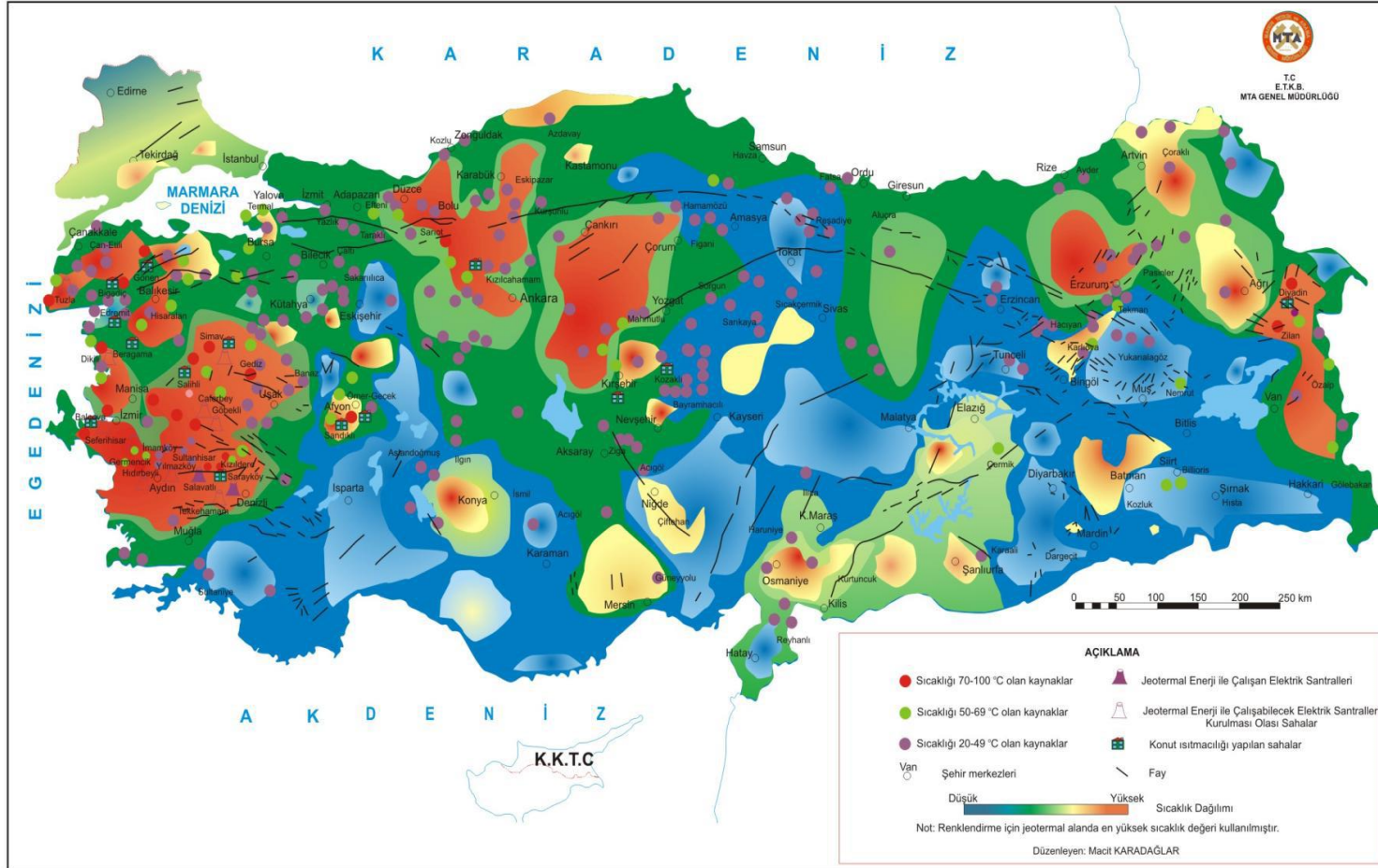
Şekil 1.6. Dünyadaki Jeotermal Enerji Kurulu Güç Kapasitesine Göre Ülkeler (MW)-2017).



Kaynak: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2018

Şekil 1.7. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kaynak Dağılımı ve Uygulama Haritası.

Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası



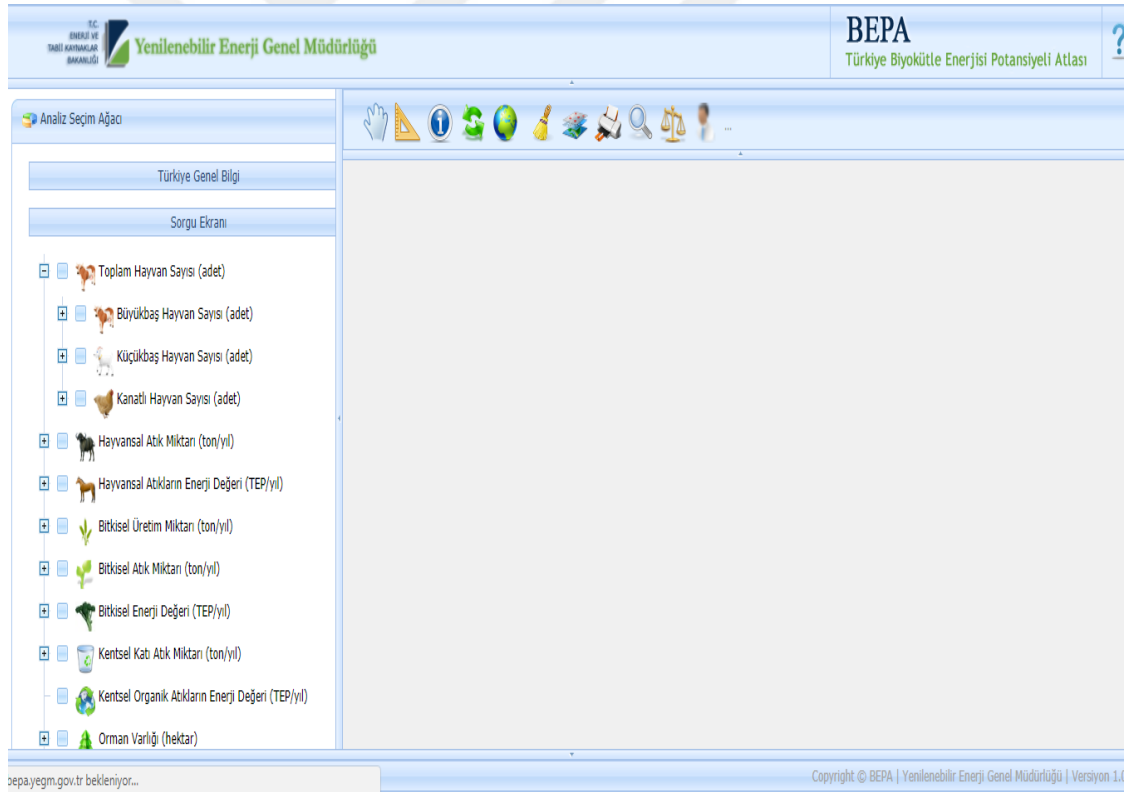
Kaynak: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2018

Şekil 1.8. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.

1.5.2.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

2017 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan 634,2 MW'lık kurulu güce sahip 122 adet Yenilenebilir Atık Enerji Santrali Türkiye toplam kurulu gücün yaklaşık %0,7'sine karşılık gelmektedir. Biyokütle kaynaklı elektrik üretimi 2017 yılı sonunda 2.796,6 GWh olarak gerçekleşmiş olup elektrik üretimimizin %0,95'i biyokütle kaynaklarından elde edilmiştir (EPDK, 2018a).

YEGM tarafından hazırlanan Biokütle Enerjisi potansiyel Atlası (BEPA)’ya göre hayvansal, bitkisel, kentsel ve orman atıklarından elde edilebilecek enerji potansiyelleri ayrı ayrı verilmiş ve toplamda 44.228.795 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 1.9’ da BEPA haritası verilmiştir. Bu haritada her bölge için hayvansal, bitkisel, evsel ve orman atıkları miktarları ve bunların enerji miktarlarına ulaşılabilmektedir.



Kaynak: BEPA, 2018

Şekil 1.9. Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyel Atlası (BEPA).

1.5.2.5. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji en yaygın kullanılan enerji kaynaklarından. Çalışma prensipleri birbirlerine yakın olsa da tüm hidroelektrik santraller yenilenebilir sınıfta dâhil edilmemektedir. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da açıklandığı gibi kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını yenilenebilir kabul edilmektedir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de barajların yatırım maliyetlerinin ve işletme masraflarının yüksek olması ve potansiyelin kullanılmış olması sonucunda nehir tipi hidroelektrik santrali projelerine yönelim artmıştır (Yurtseven, 2011). Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidroelektrik teorik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 140 milyar kWh/yıl’dır. 2018 Haziran ayı sonu itibarıyla, işletmede bulunan 27.912 MW’lık kurulu güce sahip 636 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün %32’sine karşılık gelmektedir. Hidroelektrik üretim 2018 Haziran ayı sonu itibarıyla yılda yaklaşık 33 milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup elektrik üretimimizin %22,4’ü hidroelektrikten elde edilmiştir (ETKB, 2018b).

1.5.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırımları ve Destekleri

Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Ülkenin bu potansiyelden yararlanma seviyesini arttırmak için devlet pek çok alanda teşvik çalışmaları yapmaktadır. Türkiye’de enerji tedariki içindeki yenilenebilir enerji payını arttırmak için enerji yatırımlarına destek verilmektedir. Bunun için 10.05.2005 tarihinde yayımlanan 5346 sayılı kanun ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” bu sektördeki firmalar için on yıl boyunca destekleme mekanizması oluşturulmuştur.

Türkiye’de sürekli olarak artan enerji talebine karşılık şu ana kadar kurulmuş 80 GW’lık elektrik kapasitesinin özellikle özel sektör yatırımları ile birlikte 2023 yılına kadar 120 GW’a yükseleceği tahmin edilmektedir. Türkiye bu bağlamda enerji

üreticilerine tesis yapısı ve kapasitesine göre tarife garantisi, alım garantisi, bağlantı öncelikleri, lisans muafiyeti, vb. gibi teşvikler sunmaktadır. Türk hükümeti 2016 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) modelini uygulamaya koyarak özellikle yerli üretim parça bileşenlerin yenilenebilir enerji santrallerinde kullanıldığı büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerini hizmete almak amacıyla, Türkiye'nin tarihindeki en büyük güneş enerjisi ihalesi 20 Mart 2017 tarihinde gerçekleştirilmiş olup 2017 yılının Ağustos ayında da 1 GW'lık rüzgâr enerjisi tesisleri için yerli imalat ve Ar-Ge gereksinimleri öngören benzer bir ihale yapılmıştır (www.invest.gov.tr).

Bunların dışında en önemli destekler, sabit fiyat garantisi en yaygın kullanılan teşvik mekanizmasıdır ve devlet üretilen enerjinin alımı için eşit olmamakla birlikte farklı kaynaklar için farklı sabit fiyat garantisi vermektedir. Gerçek veya tüzel kişilerin ürettiği ve dağıtım merkezlerine yolladığı enerji devlet tarafından bu fiyatlar ile alınmaktadır. Bunun dışında teknoloji destekleri özellikle yerli üretimi teşvik için kullanılmaktadır. Türkiye tarafından 5346 numaralı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanununca belirlenen sabit fiyat garantileri Tablo 1.17' de ve yerli teknoloji katkı ilaveleri de Tablo 1.18'da verilmiştir.

Tablo 1.17. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji için Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi.

I Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005

Tablo 1.18. Türkiye’de Teknoloji Bazında Sabit Alım Fiyat Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi.

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005

Lisanssız üretim hakkı başka bir teşvik uygulamasıdır. Bu uygulama ile 1 MW'ın altında kurulu güce sahip firmalar lisans alma ve şirket yükümlülüğünden muaf olacaklardır. Türkiye'de lisanssız elektrik üretimi oldukça popülerdir ve lisanssız üretimin toplam üretime katkısı, özellikle güneş enerjisi olmak üzere, yadsınamaz (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015).



İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dünya ülkelerinin ve Türkiye'nin enerji ihtiyacının yarısından, fazlası her ülkede farklı oranlarda olmak koşulu ile yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Enerjiye olan ihtiyaç sürekli olarak artmaktadır fakat bu ihtiyaca yenilenemeyen enerji kaynakları bir süre sonra çözüm olamayacaktır. Çözüm olamama nedenleri olarak, yenilenemeyen enerji kaynaklarının bir gün tükenecek olmaları, sürdürülebilir bir enerji arz kaynağı olamamaları ve bu kaynakların çevreye karşı olumsuz etkileri gösterilebilir. Dünyada yenilenemeyen enerji kaynaklarının en önemli alternatifi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenemeyen enerji kaynakların artık kullanılamaz olduğu veya kullanımının ekonomik olmayacağı dönemlerde yerini yenilenebilir enerji kaynakları alacaktır. Hükümetler ve politikacılar yenilenebilir enerji teşvik ve destekleme politikalarının yaygınlaşması için üç temel sebebi göstermektedirler. Bunlar; enerji güvenliğini arttırmak, kırsal-tarımsal sektörlerle ve yüksek üretim teknolojileriyle ekonomik gelişmeleri teşvik etmek, iklimi ve doğayı fosil yakıt kullanımının zararlı etkilerinden arındırmaktır (IEA, 2011).

Dünya üzerinde pek çok yenilenebilir enerji kaynağı alternatifi vardır. Bu alternatiflere güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle sadece birer örnektir. Yenilenemeyen kaynakların yerine yenilenebilir kaynakların ikame edilmesi sürecinde hangi alternatifin daha uygun bir kaynak olduğu araştırılması gereken bir konudur. Bu alternatiflerin uygunluğu her ülke, her bölge, her şehir hatta şehrin içinde de farklı bölgelerde değişiklik göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynağının tekno-ekonomik değerlendirmesinde iki ana konu ile ilgili zorluk mevcuttur. Bunlar, değerlendirme göstergelerinin nicel olarak ifade edilmesi ve çok faktörlü değerlendirme için genel bir gösterge eksikliğidir (Liu, Li, Zhoua, Chen ve Liao, 2018).

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, yaygın olarak Dünya ve Türkiye'de farklı yenilenebilir enerji kaynakları farklı teknikler ile ülkenin tamamı için değerlendirilmiştir. Daha sonra bölgeler veya şehirler için ayrı ayrı çalışmalar

yapılmaya başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları bir ülke için değerlendirilebilir fakat uygun kaynağın o ülkenin hangi bölgesine kurulacağı da ayrı bir değerlendirme konusu olmaktadır. Çünkü enerji yatırımı ülkenin herhangi bir yerine değil doğal olarak en uygun bölgesine yapılmalıdır. Bununla birlikte değerlendirmede elimizdeki en büyük kaynak olan potansiyel değerleri tek başına değerlendirme yapmak için yeterli değildir. Çünkü herhangi bir kaynağın bir bölge için potansiyeli yüksek iken ekonomik olarak yatırım maliyetlerinin yüksek olması o kaynağı artık en iyi alternatif olmaktan çıkaracaktır. Bununla birlikte potansiyel yani kaynak varlıkları birbirine yakın olan alternatiflerin seçimi için de farklı değerlendirme özellikleri incelenmelidir.

Yapılacak bir enerji yatırımının planlanması aşamasında hangi yenilenebilir enerji kaynağının seçileceği hususunda ekonomik, çevresel, sosyal, teknolojik pek çok etken dikkate alınır. Bu nedenle en uygun yenilenebilir enerji kaynak seçimi bir karar verme problemidir (Kargı ve Aydın, 2017) ve değerlendirme yapılırken kaynağın potansiyeli dışında pek çok kriter aynı anda önemlidir.

Yapılan çalışmalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel değerlendirilmesinde, ülkelerin geneli için sadece potansiyel kriteri veya birden fazla farklı kriter ile değerlendirilme yapıldığı görülmüştür. Bölgesel değerlendirilme çalışmalarında ise genellikle potansiyel kriteri dikkate alınmış veya tek bir YEK alternatifi farklı kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada farklı yaklaşımlar birleştirilecek ve her bölge için alternatifler farklı kriterlere göre değerlendirilecektir.

2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Genel Olarak Değerlendirilmesi ve Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri

Yenilenebilir Enerji kaynaklarının değerlendirmesi yapılırken ülkeler için farklı YEK alternatiflerinin değerlendirildiği ve en uygun yatırım kaynağı olarak seçimin yapıldığı çalışmaların yanında ülkeler için YEK alternatiflerinin ayrı ayrı değerlendirildiği çalışmalarda mevcuttur.

Ülkeler bazında farklı YEK alternatiflerin değerlendirildiği çalışmalarda genellikle uygun alternatiflerin bir sıralamasının çıkarıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda ülkedeki kaynak potansiyeli sadece değerlendirme kriterlerinden bir tanesidir. Bu kriterin yanında daha pek çok farklı sosyal, ekonomik ve çevresel etken

yani kriter değerlendirmede önem arz etmektedir. Garni, Kassem, Awasthi, Komljenovic ve Al-Haddad (2016) güneş PV, güneş termal, rüzgâr, biyoktle ve jeotermal kaynakları 14 farklı kritere göre çok Faktörlü Karar Verme (FKV) tekniklerinden Analitik Hiyerarşık Proses (AHP) yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda uygun alternatif sıralaması güneş PV, güneş termal, rüzgâr, jeotermal ve biyoktle olmuştur.

Haddad, Liazid ve Ferreira (2017), ÇKKV tekniklerinden AHP tekniğini kullanarak Cezayir için güneş, rüzgâr, biyoktle, jeotermal ve hidroelektrik enerji kaynaklarını 13 farklı kritere göre değerlendirilmiş ve bu ülke için en uygun YEK alternatifini rüzgâr olarak belirlemişlerdir.

Cevallos-Sierraa ve Ramos-Martin (2018) tarafından Ekvator için YEK alternatiflerini değerlendirilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (GİS) verileri kullanılarak potansiyeller belirlenmiştir ve rüzgâr ve güneş enerji kaynaklarının her ikisi için uygun olan ve sonrasında güneş için ayrı, rüzgâr için ayrı uygun bölgeler belirlenmiştir.

İspanya için YEK alternatiflerinin değerlendirilmesinde San Cristbal (2011) VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemini kullanmıştır. Bu değerlendirme sonucunda, biyoktle kaynağı en uygun kaynak olarak belirlenmiştir.

zcan ve Erol (2014) tarafından kurulan MOMILP (oklu Objektif Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama) modeli ile minimum toplam maliyet, minimum CO₂ emisyonunun, minimum enerji ithalatı, minimum fosil kaynak kullanımı ve maksimum istihdam, sosyal amaçların maksimum karşılama oranı hedeflerine en uygun YEK alternatifi değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede fosil kaynaklar yenilenebilir kaynaklarla birlikte değerlendirilmiş ve 11 yıllık projeksiyonda YEK alternatifleri fosil kaynakların yerine tercih edilmelidir denilmiştir. Farklı YEK alternatifleri içinde yukarıdaki hedefleri eşzamanlı olarak gerçekleştirecek kaynaklar sırası ile güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyoktle olmuştur.

Ertay, Kahraman ve Kaya (2013), Türkiye için farklı YEK alternatiflerini değerlendirirken kriter ağırlıkları için MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique) yöntemi kullanılmış. Değerlendirme için

Bulanık AHP tekniği kullanılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda Türkiye için en uygun kaynaklar sırası ile güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal olarak belirlenmiştir.

Atmaca ve Başar (2012), ANP (Analytic Network Process) tekniğini kullanarak Türkiye için rüzgâr, hidro, jeotermal kaynaklar ile birlikte kömür, doğalgaz ve nükleer enerji kaynaklarını birlikte değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda ilk sırayı nükleer kaynak alırken diğer kaynaklar doğalgaz, rüzgâr, hidroelektrik ve kömür kaynakları olarak sıralanmıştır.

Gezen ve Karaaslan (2015), Aralık Katsayılı Çok Amaçlı Tamsayılı Programlama yöntemi ile Türkiye'deki YEK alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda Türkiye için en uygun olan kaynaklar hidroelektrik ve jeotermal olmuştur.

Büyüközkan ve Güleriyüz (2016) tarafından entegre edilmiş ANP ve DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) tekniğini kullanarak Türkiye için YEK alternatifi seçim problemi araştırılmıştır ve rüzgâr enerjisi en uygun kaynak olarak belirlenmiştir.

Özcan, Ünlüsoy ve Eren (2017) tarafından ANP ve TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleriyle teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerden oluşan 4 ana kriter ve bunlara bağlı 12 alt kriter kullanılarak Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirmeye göre en uygun kaynak sıralaması rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal ve güneş olarak sıralanmıştır.

Damgacı, K. Boran ve F. E. Boran (2017), Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak Türkiye'nin YEK alternatiflerini değerlendirmişler ve biyokütle enerji kaynağını en uygun kaynak olarak belirlemişlerdir. Ülkeler için farklı YEK alternatifleri yanında tek bir kaynağın değerlendirilmesi çalışmaları da yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Baran, Mamis ve Alagöz (2016) tarafından ampirik bir formülle hesaplanan atık potansiyeli ile yapılan analize göre Türkiye'nin atıktan elde edilecek enerji potansiyeli yıllık toplam 230 GWh olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, atıklardan elde edilen enerji yani biyokütle enerji kaynağının, şehirlerin atık yönetimine entegre yakın jeneratörler ile iletim kayıplarını ortadan kaldırarak

tutarlı ve kentsel nüfusla doğru orantılı olarak dağınık üretime uygun olmasından dolayı Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasına katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

Jung, Moula, Fang, Hamdy ve Lahdelma (2016), SMAA (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi) yöntemi kullanarak Finlandiya'da yenilenebilir enerji kaynaklarının sosyal kabul durumunu analiz etmişlerdir. Bu analiz sonucunda güneş enerjisi teknolojileri ve toprak kaynaklı ısı pompaları sosyal kabul seviyesi en yüksek seçenekler olmuşlardır ve çok güvenilir olarak değerlendirilmişlerdir. Rüzgâr bazı teknolojiler ve kombine ısı ve güç en az popüler kaynaklar olarak sıralanmıştır.

Schallenberg-Rodríguez ve Montesdeoca (2018) tarafından Kanarya Adaları'nın rüzgâr enerji kaynak potansiyelini (offshore) maliyet, su derinliği, sahile uzaklık, kurulu kapasite, durum ve kaynak kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Üretilebilecek toplam potansiyel belirlenmiş ve bunun yanında onshore santraller ile offshore santrallerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Daniel, Vishal, Albert ve Selvaran (2008), AHP yöntemi ile maliyet, verimlilik, çevresel etki, kurulu kapasite, tahmini potansiyel, güvenilirlik ve sosyal kabul kriterlerine göre Hindistan için YEK alternatiflerini değerlendirmişler ve en uygun kaynağın rüzgâr enerji kaynağı olduğunu açıklamışlardır.

Farklı bir bakış açısı ile Christidis, Lewis, Bigelow (2017) tarafından Kanada Ontario'da rüzgâr türbinleri gelişimi toplumda oluşan destek ve muhalefet açısından incelenmiş ve geleceğe yönelik olası adımları sürekli karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Bölgesel Olarak Değerlendirilmesi ve Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri

Yenilenebilir enerjinin kullanımının yerel düzeyde yaygınlaştırılması için, farklı YEK alternatiflerin uygun bir kombinasyonla enerji üretiminde optimize edilmesi gerekir (Hori, Matsui, Hasuike, Fukui ve Machimura, 2016). Yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle sağlayacağı ekonomik faydalar ile Türkiye'deki gibi farklı kalkınmışlık seviyelerine sahip bölgeleri olan ülkeler için aradaki farkların kapatılabilmesinde yardımcı olabilir. Herhangi bir bölgede kurulacak bir santral ile yerel istihdam artırılabilir ve bu o bölgedeki işsizlik oranını azaltacaktır.

Santralin kurulacağı alanın sahibine ödenecek satın alma ya da kira bedelleri, inşaat çalışmalarında istihdam edilecek yerli işgücü ve uzun dönemli bakım faaliyetleri için yaratılacak istihdam gelirleri o bölge için ekonomik bir canlılığa vesile olacaktır (MEB, 2012).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel değerlendirilmesi yaygın olarak kalkınma ajansları tarafından yapılan çalışmalarla ilerlemiştir. Bunun yanında farklı bölgeler ve/veya farklı şehirler için yapılan akademik çalışmalarla mevcuttur.

Kalkınma ajansların kurulumuna 2006 yılında 26074 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 5449 sayılı kanun ile karar verilmiştir. Kalkınma ajanslarının amacı, kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasında işbirliğini geliştirerek bölgesel gelişmeyi hızlandırmak, sürdürülebilirliğini sağlamak, bölgeler arası ve bölge içi gelişmişlik farklarını azaltmaktır (Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun [KAKKGK], 2006). Bu kanundan sonra TÜİK tarafından oluşturulmuş İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) ile Düzey-2 olarak tanımlanan 26 bölge için kalkınma ajansları kurulmuştur. Kalkınma ajanslarının listesi Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu ajanslar sorumlu oldukları şehirler ve bölgeler için yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişlerdir.

Ersanlı (2013), yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel gelişme ve planlamadaki yerini kalkınma ajansları açısından değerlendirmiştir. Bu çalışmada her bir kalkınma ajansının bölge planları içindeki YEK kararları ve faaliyetleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kalkınmaya katkı sağlaması için şu adımların atılması gerektiği belirtilmiştir; Yerel iş gücü için vergi muafiyeti, yenilenebilir enerji sektöründeki alıcı ve satıcılar için gelir vergisi ve katma değer vergisi istisnaları, araştırma geliştirme faaliyetleri için doğrudan finansal destek, yerli ekipman üreticileri için uluslararası sertifikasyon ve onay süreçleri için ek destekler gibi daha doğrudan destek politikaları.

Tablo 2.1. Kalkınma Ajansları Listesi

Kalınma Ajanları	Şehirler	Bölge Kodu
İstanbul Kalkınma Ajansı	İstanbul	TR10
Trakya Kalkınma Ajansı	Edirne, Tekirdağ, Kırklareli	TR21
Güney Marmara Kalkınma Ajansı	Çanakkale, Balıkesir	TR22
İzmir Kalkınma Ajansı	İzmir	TR31
Güney Ege Kalkınma Ajansı	Aydın, Muğla, Denizli	TR32
Zafer Kalkınma Ajansı	Kütahya, Manisa, Uşak, Afyonkarahisar	TR33
BEBKA Ajansı	Bursa, Eskişehir, Bilecik	TR41
Doğu Marmara Kalkınma Ajansı	Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bolu, Düzce	TR42
Ankara Kalkınma Ajansı	Ankara	TR51
Mevlana Kalkınma Ajansı	Konya, Karaman	TR52
Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı	Antalya, Isparta, Burdu	TR61
Çukurova Kalkınma Ajansı	Adana, Mersin	TR62
Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı	Kahramanmaraş, Osmaniye, Hatay	TR63
Ahiler Kalkınma Ajansı	Kırşehir, Kırıkkale, Nevşehir, Niğde, Aksaray	TR71
Orta Anadolu Kalkınma Ajansı	Kayseri, Sivas, Yozgat	TR72
Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı	Zonguldak, Karabük, Bartın	TR81
Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı	Sinop, Kastamonu, Çankırı	TR82
Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı	Samsun, Çorum, Tokat, Amasya	TR83
Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı	Ordu, Trabzon, Giresun, Rize, Gümüşhane, Artvin	TR90
Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı	Erzurum, Erzincan, Bayburt	TRA1
Serhat Kalkınma Ajansı	Kars, Ardahan, Iğdır, Ağrı	TRA2
Fırat Kalkınma Ajansı	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	TRB1
Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı	Van, Hakkari, Muş, Bitlis	TRB2
İpekyolu Kalkınma Ajansı	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	TRC1
Karacadağ Kalkınma Ajansı	Şanlıurfa, Diyarbakır	TRC2
Dicle Kalkınma Ajansı	Mardin, Şırnak, Siirt, Batman	TRC3

Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır

Yenilenebilir Enerji Kaynakları'nın değerlendirilmesi için kalkınma ajansları tarafından hazırlanan çalışmaların örnekleri bir liste halinde sonuçları ile birlikte Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablo 2.2'deki örneklerde görüldüğü gibi kalkınma ajansları tarafından hazırlanan raporların çoğunda REPA, GEPA, BEPA sonuçlarına yani potansiyel kriterine göre değerlendirme yapılmıştır.

Kalkınma ajansları dışında bireysel olarak da bölgesel ve şehirler için değerlendirme araştırmaları yapılmıştır. Bununla birlikte bölgeler ya da şehirler için tek bir kaynağın değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur.

Liu vd. (2018), Çin'deki Hunan Eyaletine bağlı 14 şehir için güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisinin kaynak verilerini toplayarak ve tesis maliyetlerini girdi olarak kullanılarak enerji üretim sistemlerinin uzun vadeli uygulanmasını simüle etmişlerdir. Hangi kaynağın hangi şehir için uygun olduğu bu çalışma neticesinde belirlenmiştir.

Taktak ve Ilı (2018), tarafınan yapılan Uşak ili için güneş enerji potansiyeli araştırmasında, Uşak İline düşen yıllık ışıınım miktarının 1 m^2 alana $1.550\text{-}1600 \text{ Wh/m}^2\text{yıl}$ bazen $1.650 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ olduğu açıklanmıştır. Bu rakamların ülke ortalamasının üstünde olması nedeni ile güneş enerjisi alanında yatırım yapmak için en uygun illerimizden biri olduğunu belirtilmiştir.

Bursa ilinde yapılacak bir enerji yatırımı için Kargı ve Aydın (2017), enerji verimliliği, çevresel etkiler, enerji arz güvenliği, yatırım maliyetlerinin uygunluğu kriterlerine göre GES, RES, HES ve JES alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede Bulanık AHP yöntemini kullanmışlar ve Bursa ili için RES ve/veya GES yatırımının daha uygun olduğunu açıklamışlardır.

Tablo 2.2. Kalkınma Ajansları Tarafından Hazırlanan YEK Raporları.

Ajans Adı	Ajans Adı Açıklaması	Rapor Adı	Rapor Tarihi	Rapor Sonucu
GEKA	Güney Ege Kalkınma Ajansı	Yenilebilir Enerji Çalışma Raporu	2011	Güçlü ve Zayıf Yönler ile Fırsatlar ve Tehditler (GZFT) Analizi yöntemi ile YEK değerlendirmesi yapılmıştır. GEPA verilerine göre bölgenin yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu, REPA verilerine göre rüzgâr enerjisi potansiyelinin Türkiye genelinde %17'lik paya sahip olduğu ve MTA tarafından yayımlanan Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası'na göre 6 jeotermal sahanın elektrik üretimi için uygun olduğu belirtilmiştir.
GMKA	Güney Marmara Kalkınma Ajansı	Yenilenebilir Enerji çalışma Sonuç Raporu	?	Bu bölgenin su kaynaklarının tarımsal sulamaya alanında yaygın olarak kullanılmasına rağmen mikro-HES'lere yönelik çalışmaların da gündeme alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bölgede rüzgâr, güneş ve biyokütle potansiyelinin yüksektir.
MARKA	Doğu Marmara Kalkınma Ajansı	TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu	2011	Biyokütle potansiyeli farklı atıklardan yılda üretilecek biyokütle miktarları verilmiş ve değerlendirilebilir olduğu belirtilmiştir. Bölgede jeotermal kaynakların ısıtma amaçlı kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bölgede REPA ve GEPA sonuçlarına göre potansiyeli yüksek yerler belirtilmiştir.
ÇKA	Çukurova Kalkınma Ajansı	Yenilenebilir Enerji Araştırma Raporu	2012	Çukurova bölgesini yerli ve yabancı yatırımcılara tanıttak faaliyetler kapsamında rüzgâr enerjisi yatırımcılarının dikkate alınması gerektiği, bu bölgenin güneş potansiyeli olarak en elverişli bölgelerden birisi olduğu belirtilmiştir.
OKA	Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı	TR 83 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu	2012	Bölgenin biyokütle potansiyelinden yaklaşık 658.000 MW elektrik üretilebileceği, jeotermal kaynakların 20-70 °C olduğu, REPA ve GEPA verilerine göre rüzgâr ve güneş potansiyellerinin yüksek olduğu belirtilmiştir.
SERKA	Serhat Kalkınma Ajansı	TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu	2015	Bölgede yüksek potansiyele sahip rüzgâr, güneş ve jeotermal kaynakların yerleri belirtilmiştir. Bunun yanında bölgedeki yüksek hayvan sayısı ve mısır silajı yetiştirebilecek alanların genişliği ile biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.
KARACADAĞ	Karacadağ Kalkınma Ajansı	TRC2 (Diyarbakır-Şanlıurfa Bölgesi) Yenilenebilir Enerji Raporu	2010	REPA verilerine göre rüzgâr potansiyelinin düşük olması nedeni ile bazı bölgelerde ısıtma ve aydınlanmada kullanılabilecek şebekeden bağımsız küçük RES'lerin kurulabileceği, Güneş enerjisinde Şanlıurfa'nın Antalya ya göre daha avantajlı olduğu, biyokütle için potansiyelin yüksek olduğu belirtilmiştir.

Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır

Kayseri ili için Oğuz ve Akkurt (2017), farklı YEK alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Her kaynak için kurulu güç rakamları verilmiş ve Kayseri için yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri içinde güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Yalçın (2016) tarafından hazırlanan “İğdır ve PV Güneş Elektrik Raporu” ile İğdır ilinin yalnızca Doğu Anadolu Bölgesi için değil tüm Türkiye için küresel güneş

ışıma kapasitesi 1.636 kWh/m²-yıl eşiğini aşan PV GES yatırımlarına uygun bir il olduğu tescillenmiştir.

Kaya ve Koç (2015), enerji üretim santrallerini maliyetleri açısından analiz etmişler ve 2012 yılından 2014 yılına gelindiğinde rüzgâr (onshore) santrallerinde %39,16, güneş santrallerinde %26,06 oranında birim enerji üretim maliyetlerinin arttığı, jeotermal ve biyokütle enerji santrallerinde birim enerji üretim maliyetlerinin değişmediği sonucuna varmışlardır.

Ata ve Öcal (2014) tarafından yapılan Malatya ili YEK değerlendirmesi çalışmasında, rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yapraklı ve Bayramoğlu (2014), TRA1'de (Erzurum-Erzincan-Bayburt) biyokütle enerji potansiyelinin ve ekonomik etkilerinin belirlenmesi amacı ile anket kullanarak bir saha araştırması yapmışlardır. Bu araştırmanın sonucunda TRA1 Bölgesi'nde hayvansal ve bitkisel kaynaklı toplam ekonomik potansiyelin 4.778 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) olduğu hesaplanmış ve bu potansiyelin %56'sının Erzurum'da, %27,2'sinin Erzincan'da ve %16,8'nin Bayburt'ta olduğu belirlenmiştir.

Gökçeada için rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi ve üç adet akarsu olması nedeni ile nehir tipi HES'ler uygun enerji yatırım seçeneği olarak sunulmuştur (A. Şengül, Tan, Atak ve A.B. Şengül, 2014).

Topal ve Arslan Topal (2012), Afyon ili için biyokütle enerji potansiyelini baklagiller, endüstriyel bitkiler, tahıllar, yem bitkileri, yağlı tohumlar ve yumru bitkileri esas alarak incelemiş ve 53.329 MW enerji üretilebilecek potansiyel tespit etmişlerdir.

Sadeghia, Larimianb ve Molabashi (2012), kriter ağırlıklarını bulanık AHP yöntemi kullanarak ve değerlendirmeyi bulanık TOPSİS yöntemi ile yaparak İran'ın Yazd eyaletinin başkenti Yazd şehri için YEK alternatiflerini değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme sonucunda bu şehir için en uygun YEK alternatifi güneş olarak belirlenmiştir.

Kaya ve Kahraman (2010) tarafından İstanbul için Entegre bulanık VIKOR ve AHP metodolojisi kullanılarak yenilenebilir enerji alternatifleri değerlendirilmiş ve belirlenen en uygun kaynak rüzgâr enerjisi olmuştur.

Beccali, Cellura, ve Mistretta (2003), bir bölge için 14 farklı YEK alternatifini bölgesel bazda 12 farklı kritere ve üç farklı senaryoya (çevre odaklı, ekonomi odaklı ve enerji tasarrufu ve rasyonelleştirme senaryosu) göre ELECTRE III (Elimination Et Choix Traduisant la Realite III) yöntemini kullanarak değerlendirilmişlerdir.

2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Enerji hayatı pek çok yönden doğrudan etkiler. Bu nedenle enerji alternatiflerini değerlendirmek çok yönü değerlendirmeyi gerektirir. Yatırım yapılacak uygun enerji kaynağını seçmek farklı faktörleri ve politikaları içermektedir (Taha ve Daim, 2013). Sürekli olarak artan enerji talebini yeterli enerji kaynağı ile karşılamak için enerji planlamasının politik, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlere göre hazırlanması politika yapıcılar için oldukça önemli bir sorun olmaktadır (Polatidis, Munda ve Haralambopoulos, 2006).

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının da hem bölgesel hem de genel olarak ülkeler için değerlendirilmesinde farklı birçok yöntem mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi için merkezi olmayan üretim, yerleştirilmiş ve kısa vadeli maliyet, dağıtılmış ve uzun vadeli faydalar, birçok paydaşın katılımı ve çoklu değerlendirme kriterleri içerdiği için optimum seçeneği seçmek için özel araçların kullanımı gerekmektedir (Polatidis, Munda ve Haralambopoulos, 2006). Yenilenebilir enerji kararları, kriterleri ve alternatifleri ilişkilendirerek, çok faktörlü bir karar verme problemi olarak görülebilir (Taha ve Daim, 2013). Bu tür problemlerin çözümünde kullanılan çok faktörlü karar verme tekniklerinden AHP, VİKOR, TOPSİS, ELECTRE gibi yöntemler ile hem normal hem de bulanık ortamda YEK alternatiflerinin değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde değerlendirme aracı olarak farklı kriterler kullanıldığı görülmüştür. Değerlendirme kriterlerinin seçimi YEK alternatiflerinin değerlendirilmesinde en kritik kısımdır. Kriterler sayısının yanı sıra nicel ve nitel verilerin mevcudiyetine de bağlıdır (Tsoutsos, Drandaki, Frantzeskaki, Iosifidis ve Kiosses, 2009). Sürdürülebilir enerji kaynak kararları için daha fazla kriter daha yararlıdır düşüncesi mutlak değildir. Aksine, daha az kriter, kriterlerdeki tekrarlama ihtimali ve birbirleri ile ilişkili kriterleri tekrar kullanma ihtimali nedeni ile enerji

sistemlerinin değerlendirilmesinde daha faydalıdır. Genel olarak karar verme için kullanılacak kriterler seçilirken şu özelliklere dikkat edilir. Kriterler, sistemin temel özellikleri ve performansını yansıtmalı, hedeflerle tutarlı olmalı, kriterler farklı yönlerden alternatiflerin performansını yansıtmalı, ölçütler mümkün olduğunca nicel değere göre ölçülebilir veya niteliksel olarak ifade edilebilir olmalıdır ve kriter değerleri karşılaştırılabilir olmalıdır (Wang vd., 2009).

Lee ve Chang (2018) genel olarak literatürde yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterleri listelemişlerdir. Bu çalışmada da bu kriterler listeleri kılavuz olarak kullanılmıştır. Kaya ve Kahraman (2010) kullanılan tüm kriterler içinde çok yaygın olarak kullanılan değerlendirme kriterlerini etkinlik, ekserji (rasyonel) verimlilik, yatırım maliyeti, O&M Maliyeti, NO_x ve CO₂ emisyonu, sosyal kabul ve iş yaratma (istihdam) olarak belirlemişlerdir.

Çok Faktörlü Karar Verme Tekniklerinde değerlendirmede kullanılan ana araç olan kriterler kendi içinde farklı önem derecelerine sahiptirler. Kriterler için ağırlık olarak da isimlendireceğimiz önem dereceleri kullanılan ÇFKV tekniğindeki ağırlık belirleme yöntemlerine göre değişmektedir. Kullanılacak sübjektif ya da objektif ağırlıklandırma teknikleri ile kriter ağırlıklar belirlenebilmektedir. Sübjektif ağırlıklandırma yöntemlerinden olan AHP, Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi (Chu, Kalaba ve Spingarn, 1979) veya Delphi yöntemlerinde uzman görüşü, karar vericilerin tercihleri ile kriterlerin önem dereceleri belirlenmektedir (Hwang ve Lin, 1987). Entropi, Çoklu Objektif Programlama, Temel Elemen Analizi gibi objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde ise karar vericilerin fikirlerine bakılmaz ve bir matematiksel model çözülerek kriter ağırlıkları belirlenir (Choo ve Wedley, 1985). Wang vd. (2009) en yaygın kullanılan kriter ağırlıkla yöntemlerinin eşit ağırlıklandırma yöntemi olduğunu, AHP tekniğinin de teorisinin anlaşılabilirliği ve uygulama kolaylığı nedeni ile yaygın kullanıldığını belirtmişlerdir.

Değerlendirme kriterleri ekonomik, çevresel, sosyal ve teknik olarak ana gruplara ayrılmış daha sonra farklı alt kriterlere göre sınıflandırılmışlardır. Teknik kriterler; etkinlik (verimlilik), kaynak varlığı, teknik olgunluk, güvenlik, operasyonellik, istikrar, kapasite, kapasite faktörü gibi alt kriterlerden oluşmuştur. Ekonomik kriterler; yatırımın maliyeti, operasyon ve sürdürülebilirlik maliyetleri (O&M), yakıt maliyetleri, değişken maliyetler gibi alt kriterlerden oluşmuştur.

Çevresel kriterler; CO₂, NO_x, SO₂ emisyonu, alan gereksinimi, gürültü, çevresel sürdürülebilirlik gibi alt kriterlerle ayrılmıştır. Sosyal kriterler; istihdam, sosyal fayda, sosyal kabul, kaza olasılığı, bölgesel gelişmişlik, pazar büyüklüğü gibi alt kriterlerden oluşmuştur (Lee ve Chang, 20018).

Teknik kriterlerde verimlilik, ekonomik kriterlerde yatırım maliyeti, çevresel kriterlerde CO₂ emisyonu ve sosyal kriterlerde istihdam en yaygın olarak kullanılan kriterler olarak belirlenmiştir (Wang, Jing, Zhang ve Zhao, 2009). Amer ve Daim (2011) Pakistan için YEK alternatiflerini değerlendirirken, literatürde kullanılmış 20 farklı alt değerlendirme kriterin kendi içinde önem sırasını belirlemişlerdir. En önemli 10 alt kriteri yatırım maliyeti, elektrik üretim maliyeti, uluslararası ekonomik fayda, O&M maliyeti, ekonomik değer/canlılık, emisyon, kullanılabilirlik, alan gereksinimi, güvenilirlik ve istihdam olarak belirlemişlerdir.

Yuan, C. Li, W. Li, Liu, X. Li (2017), Jilin bölgesi için farklı YEK alternatiflerini teknik kriterler; etkinlik, kullanılabilirlik, kurulu kapasite, enerji yoğunluğu alt kriterlerine, çevresel kriterleri; gürültü kirliliği, hava kirliliği alt kriterlerine, sosyal kriterleri; sosyal kabul ve istihdam yaratma alt kriterlerine ve ekonomik kriterleri; yatırım maliyeti ve operasyon ve bakım maliyetleri alt kriterlerine göre ayırıp değerlendirmişlerdir.

Demirtaş (2013), farklı YEK alternatiflerini optimum sürdürülebilir enerji kaynağı olarak teknik kriterleri; enerji üretim kapasitesi, teknik olgunluk, güvenilirlik, güvenlik alt kriterlerine, çevresel kriterleri; ekosisteme etki, CO₂ emisyonu alt kriterlerine, sosyal kriterleri; sosyal kabul ve sosyal fayda alt kriterlerine ve ekonomik kriterleri; yatırım maliyeti ve O&M maliyetleri (Operasyon ve Bakım maliyetleri), servis ömrü, geri ödeme periyodu alt kriterlerine göre ayırarak değerlendirmiştir.

Chatzimouratidis ve Pilavachi (2009a), tüm yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarını birlikte etkinlik, kullanılabilirlik, kapasite, rezerv ve üretim oranı teknik ve sürdürülebilirlik kriterlerine, yatırım maliyeti, O&M maliyeti, yakıt maliyeti, harici maliyetleri içeren ekonomik kriterlere göre değerlendirmişlerdir.

Ayan ve Papuçcu (2013), Türkiye için YEK alternatiflerini enerji kriteri ana kriterin altında enerji fiyat istikrarı, enerji arz güvenliği, enerji üretim istikrarı, dışa bağımlılık ve enerji verimliliği alt kriterleri, ekonomik kriter ana kriterin altında yerel

ekonomik gelişim, artan istihdam yapısı, ticarileşme potansiyeli, pazar büyüklüğü, yatırım maliyetleri uygunluğu ve ithalat riskleri alt kriterleri, çevresel kriter ana kriteri altında karbon salınımının azaltılması, SO_x ve NO_x salınımının azaltılması, düşük alan gereksinimi, çevre uyum planlarına uygunluk alt kriterleri, kurumsal kriter ana kriteri altında ise, politika etkinliği, yenilikçi ve destekleyici olma alt kriterlerine göre değerlendirme yapmışlardır.

Afgan ve Carvalho (2002), 10 farklı YEK kaynağını etkinlik, kurulum maliyeti, enerji maliyeti, CO₂ emisyonu ve alan gereksinimi kriterlerine göre değerlendirmişlerdir.

Büyüközkan ve Güleriyüz (2016), Türkiye için farklı YEK alternatiflerini teknik kriterleri; etkinlik; kullanılabilirlik, yatırım kapasitesi, teknolojik olgunluk ve teknolojik yenilikçilik alt kriterlerine, çevresel kriterleri; sera gazı emisyonu, alan gereksinimi ve ekosisteme etkisi alt kriterlerine, sosyal kriterleri; sosyal kabul ve istihdam yaratma alt kriterlerine, ekonomik kriterleri; yatırım maliyeti ve O&M maliyeti, yatırımın geri dönüşü, R&D (Üretim ve Araştırma Geliştirme Maliyeti) alt kriterlerine ve politik kriterleri olarak dışa bağıllık, siyasi mevzuatla uyumluluk, ulusal enerji politikasına uygunluk ve kamu politikası ve mali destek kriterlerine göre değerlendirmişlerdir.

Şahin (2016), farklı YEK alternatiflerini teknolojik kriterleri; enerji verimliliği ve kapasite faktörü alt kriterlerine, çevresel kriterleri; su tüketimi, alan gereksinimi ve emisyon miktarı alt kriterlerine, sosyal kriterleri; sosyal kabul, kazalar ve istihdam yaratma alt kriterlerine ve ekonomik kriterleri; seviyelendirilmiş enerji maliyeti alt kriterlerine göre değerlendirmiştir.

Mourmouris, Potolias ve Fantidis (2012), Yunanistan'ın Samothrace bölgesi için YEK alternatiflerini teknik kriterleri; etkinlik, kullanılabilirlik, çevresel kriterleri; alan gereksinimi, emisyon azaltma miktarı ve görsel etkisi alt kriterlerine, sosyal kriterleri; sosyal kabul, sosyal fayda ve istihdam yaratma alt kriterlerine, ekonomik kriterleri, yatırım maliyeti ve O&M maliyeti, net şimdiki maliyet alt kriterlerine ve diğer kriterlerler olarak güvenlik ve güvenilirlik kriterlerine göre değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada literatürdeki diğer çalışmalarda da kullanılan, Enerji Verimliliği, Elektrik Üretim Potansiyeli, Birincil Enerji Tasarruf Oranları, Teknolojik Olgunluk

kriterleri bölgesel olarak hesaplanıp kullanılmıştır. Bunların yanında, Ekonomik Ömür, Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti, Devlet Teşvikleri, Yatırım Geri Dönüş Süresi, Sosyal Kabul Edilebilirlik, Yeşil İstihdam, Sera Gazı Emisyon Miktarı, Alan Gereksinimi kriterleri değerlendirme için kullanılmıştır. Kriterlerin açıklaması ve verilerinin nasıl elde edildikleri aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Tablo 2.3'te YEK alternatifleri değerlendirilirken kullanılan değerlendirme kriterlerinin kullanıldığı bazı çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Tablo 2.3. Değerlendirme Kriterleri.

KRİTER SINIFI	KRİTER ADI	KULLANILAN ÇALIŞMALAR
Teknik Kriter	Bölgesel Enerji Verimliliği	Atmaca ve Başar (2012), Amer ve Daim (2011), Lee ve Chang (2018), Özcan vd. (2017), Afgan ve Carvallo (2002), Karaca vd. (2017).
Teknik Kriter	Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli	Erdem vd. (2013), Troldborg, Heslop ve Hough (2014), Chatzimouratidis and Pilavachi (2009b), Nigim, Munuer ve Green (2004), Amer ve Daim (2011).
Teknik Kriter	Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları	Wang vd. (2009), Wang, Jing, Zhang, Shi ve Zhang (2008a), Jiang-Jiang, Chun-Fa, You-Yin (2010), Beccali vd. (2003). Cavallaro ve Ciraolo (2005).
Teknik Kriter	Bölgesel Teknolojik Olgunluk	Büyüközkan ve Güleriyüz (2016), Wang vd. (2009), Kahraman, Kaya ve Çebi (2009), Wang vd. (2009), Beccali vd. (2003) Wang vd. (2008a), Troldborg vd. (2014).
Ekonomik Kriter	Ekonomik Ömür	Haddad, Liazid ve Ferreira (2017). Özcan Ünlüsoy ve Eren, (2017). Streimikiene, Sliogeriene ve Turskis (2016).
Ekonomik Kriter	Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti,	Atçı (2012), Kazancık (2016), Darling vd. (2011), Kost, Shammugam, Jülch, Nguyen ve Schlegl (2018), Georgopoulou, Lalas ve Papagiannakis (1997), Şengül Ü, vd.. (2015).
Ekonomik Kriter	Devlet Teşvikleri	Sağır ve Donalalp (2016), Özcan vd. (2017), Nigim vd. (2004), Yılmaz (2015).
Ekonomik Kriter	Yatırım Geri Dönüş Süresi	Hesser, Wohner, Meints, Stern ve Windsperger (2017), Wang vd. (2009), Wijesuriya, Wickramathilaka, Wijesinghe, Vithana ve Ranjit Perera (2017) Şengül Ü. vd. (2015), Demirtaş (2013), Yazdani-Chamzini, Fouladgar, Zavadskas ve Moini (2013).
Sosyal Kriter	Sosyal Kabul Edilebilirlik	Amer ve Daim (2011), Büyüközkan ve Güleriyüz (2016), Erdem, Gencer, Atmaca, Karaca ve Aydoğan (2013), Haddad vd., (2017).
Sosyal Kriter	Yeşil İstihdam	Amer ve Daim (2011), Özcan vd. (2017), Karaca vd. (2017), Büyüközkan ve Güleriyüz (2016), Wang vd. (2009), Kablan (1997).
Çevresel Kriter	Sera Gazı Emisyon Miktarı	Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008), Karaca vd. (2017), Tsoutsos vd. (2009), Kaya ve Kahraman (2010).
Çevresel Kriter	Alan Gereksinimi	Shen vd. (2010), Garni vd. (2016), Amer ve Daim (2011), Kaya ve Kahraman (2010), Troldborg vd. (2014), Gagnon, Belanger ve Uchiyama (2002), Beccali vd. (2003), Chatzimouratidis ve Pilavachi, (2008).

Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır

2.2.1. Teknik Kriterler

2.2.1.1. Enerji Verimliliği (BEV)

Verimlilik kavramı yabancı literatürde “Efficiency” olarak geçmektedir. Etkinlik kavramı ile karıştırılsa da Robbins ve Cenzo (2008) tarafından yayımlanan “*Fundamentals of Management*” adlı eserlerinin Türkçe çeviri olan ve “*Yönetimin Esasları*” kitabında (Öğüt, 2013) “*efficiency*” kavramı “*verimlilik*” olarak çevrilmiştir. Bu kriterle ilgili literatür incelendiğinde, “Enerji Verimliliği” veya “Enerji Etkinliği” olarak çalışmalara dahil edildiği anlaşılmıştır.

Enerji etkinliği çıkış enerjisinin giriş enerjisine oranı olarak kabul edilmektedir (Atmaca ve Başar, 2012), aynı zamanda bir kaynaktan ne kadar yararlı enerji elde edildiğini de gösterir (Amer ve Daim, 2011; Lee ve Chang, 2018). Etkinlik verisi olarak Özcan vd. (2017) U.S. Energy Information Administration [EIA] (2011) raporundan aldıkları yüzdelik etkinlik değerlerini kullanmışlardır. Bu raporda enerji etkinliğinin bölgeden bölgeye teknoloji ve çevresel etkilerle farklılık göstereceği belirtilmiştir. Bununla birlikte Afgan ve Carvallo (2002) çalışmalarında yine kendi belirledikleri yüzdelik değerleri kullanmışlardır. Fakat yüzdelik olarak kullanılan bu verimlilik değerlerinin sistemin karşılaştırılmasında kullanılacak çok geçerli bir gösterge olmayacağını belirtmişlerdir.

Başka bir açıdan enerji verimliliği, birim enerji kaynağından üretim sırasında sağlanan verimdir. Karaca vd. (2017) verimlilik değerini 2015 verileri ile Üretim Miktarı (GigaWatsaat (GWh))’nın Kurulu Kapasite’ye (MW) bölümü ile elde etmişlerdir.

Bu çalışmada da hesaplama için kullanılacak verimlilik verileri 1 MW kurulu güce karşın 2017 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretim miktarlarından elde edilmiştir. Bu yöntem ile 2017 verileri ile her bir kaynağın enerji verimlilik değerleri her bölge için hesaplanmış ve Ek 2. 1’de verilmiştir.

Bu kriter hesaplanmasında kullanılan verilerden 2017 üretim miktarları, Enerji Piyasaları Denetleme Kurulu’nun (EPDK) 2018 Nihai Yek Listesinden (EPDK, 2018b) eksik olanlar için enerjیاتlası.com sitesinden faydalanılmıştır. Bununla birlikte

lisansız üretim kurulu güç ve üretim miktarları için EPDK'nın 2017 yılı Aylık Elektrik Piyasası Raporları kullanılmıştır (EPDK, 2018c).

2.2.1.2. Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli (BEÜP)

Doğada var olan haliyle kaynakların potansiyeline doğal potansiyel denir. Doğal potansiyelin çeşitli teknolojilerle kullanılabilir enerjiye dönüştürülmüş şekline teknik potansiyel ve diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması ile ekonomik olarak açıklanan miktara da ekonomik potansiyel denir (Acaroğlu, 2013).

Kaynakların elektrik üretim potansiyeli her hangi bir bölgede kurulacak olan bir enerji santralinin coğrafi açıdan uygunluğunun değerlendirilmesidir (Erdem vd., 2013). Yenilenebilir teknolojinin potansiyel olarak yıllık ulusal ölçekte verebileceği enerji miktarını da ifade eder (Trolborg, Heslop ve Hough, 2014).

Enerji üretmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığını ifade eder ve daha fazla kaynağa sahip olan alternatif daha iyi olarak kabul edilir (Amer ve Daim, 2011). Chatzimouratidis and Pilavachi (2009b) ve Nigim, Munuer ve Green (2004), çalışmalarında potansiyelleri farklı bölgeler için belirlemişlerdir. Nigim vd (2004), kaynak varlığını çalışmanın yapıldığı bölge olan Waterloo bölgesinde farklı mevsimlerde ve son 10-20 yıl içinde kaynakların kullanılabilirlik durumları, beklenen elektrik üretim miktarı ve birçok konumda var olup olmadığına göre sınıflandırmışlardır. Kalkınma ajansları tarafından hazırlanan raporların çoğunda REPA, GEPA, BEPA sonuçlarına yani potansiyel kriterine göre değerlendirme yapılmıştır.

Mevcut bir yenilenebilir enerji kaynağının elektrik üretim potansiyelinin hesaplanması için farklı yöntemler kullanılmıştır. Literatür araştırıldığında ÇFKV teknikleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde bu kriterin farklı şekillerde kullanıldığı görülmüştür. Liu vd. (2018), yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr ve biyokütle kaynaklarının tekno-ekonomik değerlendirilmesi için simülasyon tekniği ile elektrik üretim potansiyellerini hesaplamışlar ve çalışmalarında kullanmışlardır. Bu kriterin çalışmaya eklenmesinin birinci nedeni, ülkemizin elektrik üretiminde kullanılan kaynakların kullanım oranlarını vermesidir. 2017 yılında elektrik üretimimizin, %32'si ithal kaynak olan doğal gazdan, %11'i ithal olan

kömürden, yaklaşık %11'i yerli kömürden, yaklaşık %25'i yenilenemeyen kaynak kabul edilen barajlı HES'lerden üretilmiştir (EPDK, 2018a). Görüldüğü gibi ülkemizde sürdürülebilir kalkınma konusunda önemli katkı sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı oldukça düşüktür. Bu kaynakların yatırım yapılabilirliklerini belirleyen elektrik üretim potansiyellerini gösterebilmektir.

İkinci sebep olarak, farklı bölgelerin ne kadar elektrik üretim potansiyeline sahip olduklarını bilmenin yapılacak bölgesel YEK yatırımlarının başarı ve etkinliği açısından kritik düzeyde önem taşımasıdır. Çünkü bir GES'in üretebileceği elektrik miktarını belirleyen etkenlerden güneşlenme süresi ve radyasyon miktarı İstanbul ve Kars illerinde birbirinden farklıdır. Dolayısı ile şehir/bölge elektrik üretim potansiyelleri her bir YEK alternatifi için farklıdır.

Ülkemizde şehirler veya bölgelerin elektrik üretim potansiyelleri ne kadar yüksek olursa olsun lisanslı ve lisansız elektrik üretiminde miktar sınırlamaları mevcuttur. Şehirlerin ayrı ayrı bölgesel üretim potansiyelleri belirlenirken, Türkiye 2023 YEK hedef değerlerini de içeren ve ETKB (2014) tarafından hazırlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı referans alınmıştır. Bölgelere ya da şehirlere kapasite dağılımı bu plana göre planlanmaktadır (TEİAŞ, Kişisel İletişim, Şubat 06, 2018). RES ve GES'lerde lisanslı üretim yapabilmek için yarışmaya katılma zorunluluğu mevcuttur. Lisanssız üretim için ise, üretilen elektriğin 02.10.2013 tarihli ve 28783 numaralı Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında TEİAŞ tarafından aylık olarak hazırlanan kapasite tahsis tablolarında belirlenen miktar kadarının şebekeye bağlanabilmesine, diğer bir tanımla ihtiyaç fazlasının şebekeye satılmasına, izin verilmektedir. Bu nedenle bölgesel değerlendirme yapılan bu çalışmada da farklılığı ortaya koyacak elektrik üretim potansiyel kriteri literatürde kullanılan değerlendirme kriterlerine dahil edilmelidir.

Bu çalışmada da her bir santralin bölgesel elektrik üretim potansiyelinin belirleme yöntemi olarak Troldborg vd.'in (2014) çalışmalarında olduğu gibi bir yılda üretililecek elektrik miktarı GWh olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama için, farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının ele aldığı her bir bölge için potansiyeller aşağıdaki veriler kullanılmıştır. Fakat veriler incelendiğinde, YEGM tarafından her bir alternatif için belirlenmiş potansiyel değerlerinin farklı birimlerle ifade edildiği anlaşılmıştır.

Örneğin REPA’da güç birimi MegaWatt (MW) olarak vermişken, GEPA’da enerji birimi KiloWattSaat-Yıl (KWh-yıl) olarak vermiştir. Yine BEPA’da enerji birimi TEP/yıl olarak verilmiştir. Bu birimlerin tamamını birbirleri ile kıyaslayabilmek için üretilebilecek elektrik enerji miktarları hesaplanmıştır. Bu kriter değerlerini farklı kaynaklar için karşılaştırılabilir yapabilmek için gerekli birim dönüşümleri yapılmış ve her bir enerji kaynağı için yıllık üretilebilecek elektrik enerjisi miktarları GWh olarak hesaplanmıştır.

Genel olarak yıllık üretilecek enerji miktarı aşağıdaki Eş 2.1 formülü ile hesaplanır. Formülde yazan kapasite faktörü; bir güç santralinin bir yıl içinde ürettiği elektriğin, 365 gün (8760 saat) çalışması durumunda üreteceği elektriğe bölünmesiyle elde edilen bir orandır (Peker, 2015). Bu çalışmada kapasite faktörleri olarak EPDK tarafından belirlenmiş olan değerler kullanılmıştır (enerjienstitusu.org). EPDK planlama biriminden mail yoluyla bu değerlerin doğruluğu teyit edilmiştir. EPDK tarafından rüzgâr enerji santralleri için %40, Güneş enerji santralleri için %22,8, Biokütle enerji santralleri için %80, Jeotermal enerji santralleri için %92 kapasite faktörü belirlenmiştir. Hidroelektrik enerji santralleri için kullanılacak kapasite faktörü 0,37’dir (Gökmen ve Temiz, 2015).

Formülde yazan Kurulu güç; o santral için belirlenmiş ya da belirlenebilecek gücü ifade etmektedir. Genel olarak birimi MW olarak verilir. Aynı zamanda, türbinin en uygun koşullarda saatte en fazla ne kadar güç üretebileceğini temsil eder (Tutaşı, 2018).

Formülde yazan 8760 rakamı santralin 365 gün*24 saat çalıştığı kabulü ile birimi saate dönüştürme katsayısıdır.

$$Yıllık Elektrik Üretimi = Kurulu Güç \times Kapasite Faktörü \times 8760 \quad (2.1)$$

Kaynakların elektrik üretim potansiyel kriter verileri Ek 2.2’ de verilmiştir. Bu tabloda Türkiye için güneş enerjisinden üretilebilecek elektrik miktarı toplamda yaklaşık 7.503 GWh, rüzgârda 35.040 GWh, jeotermal 23.156 Gwh, biyokütleden yaklaşık 7.040 GWh ve hidroelektrikten 142.092 GWh olarak hesaplanmıştır. Bu rakamlar Türkiye’nin her bir kaynak için belirlediği 2023 hedef rakamlarına oldukça yakındır. Literatürde farklı çalışmalarda farklı potansiyel rakamları da belirlenmiştir.

Güneş Enerjisi Elektrik Üretim Potansiyeli: Dünyanın yüzeyinde fiziksel olarak mevcut güneş ışınım (radyasyon) miktarı olarak ifade edilebilir (Angelis-Dimakis vd., 2011). YEGM tarafından yayınlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nda (GEPA) farklı şehirler için farklı PhotoVoltaic (Fotovoltaik [PV]) tiplere (Monokristalin Silikon, Polikristalin Silikon, İnce Bakır Film Şerit, Kadmium Tellerium, Şekilsiz Silikon) ait m² de yılda üretililecek enerji miktarları (KWh-Yıl) verilmiştir. Fakat grafikler üzerindeki değerler net okunamamış ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünden veri talep edilmiştir. Müdürlük tarafından grafik üstündeki değerlerin 2010 verileri olduğu ve paylaşılamayacağı belirtilmiştir ve güncel kaynak olarak Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma merkezi PV Coğrafi Bilgi Sistemi'nin hazırladığı “Photovoltaic Geographical Information System-Interactive Maps-PVGIS” (PVGIS) uygulamasının kullanılması önerilmiştir¹.

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi PV Coğrafi Bilgi Sistemi'nin hazırladığı “Photovoltaic Geographical Information System-Interactive Maps-PVGIS” (PVGIS) uygulaması her şehir için kurulu güç, PV teknoloji türü, sistemde güneş takip sisteminin olup olmadığı, sistem montaj şekli gibi kriterlere göre ortalama günlük ve aylık üretililecek elektrik miktarını (kWh) vermektedir (Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi [JRC], 2018). Bu uygulamada her şehir için hesaplamalar en yaygın olarak kullanılan PV teknoloji olan Polikristalin Silikon (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Kişisel İletişim, Mart 28, 2018) için yapılmıştır. Bu hesaplama portalında 1kW kurulu güç için sistem kayıpları %7 alınarak her şehir için üretililecek enerji miktarı hesaplanmıştır. Bu uygulamadaki üretililecek elektrik miktar hesaplamaları da güneşlenme süreleri radyasyon değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Ülkemizde kurulacak GES'ler için güç sınırlaması mevcuttur. 02 Kasım 2013 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurulması için yapılan ön lisans başvurularında, başvuruya konu her bir üretim tesisinin kurulu gücü 50 MW'ı geçemez ibaresi vardır. Bununla birlikte, Türkiye'de lisanslı güneş enerjisi üretimi için yarışma yapılmaktadır. 2015 yılında 600 MW için yarışma yapılmış ve

¹ Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Kişisel İletişim, Haziran 28, 2018).

kapasiteler dağıtılmış, fakat bunun yaklaşık 23 MW lık kısmı lisanslı üretimle devam etmiştir. Diğer kalan üreticilerin tamamı lisanssız üretim yapmaktadır.

Türkiye için GES kurulu güç 2023 hedefi 5.000 MW'tır. 2018 Haziran ayı itibari ile lisanssız kurulu güç 4.703 MW ve lisanslı kurulu güç 23 MW olmak üzere toplam PV GES kurulu gücü 4.726 MW olmuştur ve 2023 hedefi neredeyse gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, güneş enerjisi için 2023 yılı hedefi olan 5.000 MW değeri revize edilmelidir.

Gelecekte hangi şehirde ne kadarlık kurulu güç payı ayrılacağı bilinmemektedir. Fakat yapılmış olan yatırımlar yani hale hazırdaki GES kurulu güçleri, şehirlerin üretebileceği enerji miktarını hesaplamada kaynak olmaktadır. Eğer hedef olan 5000 MW kurulu güç kapasitesi ise ve her bir şehre GEPA'ya hiç bakmadan eşit olarak paylaştırılacaksa yaklaşık olarak 65 MW'lık kurulu güç payı düşecektir. Fakat 2018 Haziran ayı itibari Konya'da yaklaşık 498 MW, Kayseri'de yaklaşık 305 MW GES kurulu gücü mevcuttur. Bazı şehirlerde ise kurulu güç miktarı 0 MW'tır. Bu şehirlerde santrallerin kurulu olmaması potansiyelin olmadığı anlamına gelmez. O nedenle kurulu 5.000 MW kurulu güç şehirlere eşit olarak dağıtılmıştır ve şehirlerin elektrik üretim potansiyelleri bu şekilde hesaplanmıştır.

Yıllık üretilebilecek enerji miktarları için PVGIS verileri ile elde edilen şehirlerde ayrı ayrı üretilebilecek yıllık enerji miktarlarında GWh birim dönüşümü yapıldıktan sonra şehirlerin kurulu güç miktarları ile çarpılmıştır. Hesaplama formülü Eş 2.2'de verilmiştir.

$$GES \text{ Yıllık Elektrik Üretimi} = \text{Kurulu Güç} * GW \text{ için üretilebilecek toplam elektrik miktarı} \quad (2.2)$$

Rüzgâr Enerjisi Elektrik Üretim Potansiyeli: Rüzgâr enerjisinin varlığının belirlenebilmesi için birçok yöntem vardır. Günümüzde rüzgâr haritaları ve küresel veri tabanları pek çok bölge için potansiyeli vermektedir (Angelis-Dimakis vd., 2011). Bu çalışmada YEGM tarafından yayınlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi potansiyel Atlası (REPA) verilerinden faydalanılmıştır.

Bu atlas ile Türkiye için 200 mx200 m çözünürlüğünde 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamalarını ve 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları verilmiştir. Ayrıca, referans bir rüzgâr türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü, 50 m

yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları, 2 m ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri, deniz seviyesinde ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir. Bu verilere bağlı olarak da tablolarda her bir şehir için ne kadar elektrik üretilbileceği (gücü) “Kapasite (MW)” hanesi ile belirtilmiştir. Elektrik üretim potansiyeli kriter değerleri için bu kapasite değerleri kullanılmıştır.

REPA verilerine göre Türkiye’de yaklaşık olarak toplam 112.309 MW güce sahip santral kurulabilir. Fakat Türkiye 2023 Enerji hedeflerine göre RES kurulu güç hedefi 20.000 MW’tır ve yarışmalar bu hedeflere göre düzenlenmektedir. Bunun için Güç değeri için hedef doğrultusunda “20.000/112.309” oranı ile 112.309 MW’lık toplam potansiyel 20.000 MW’lık hedefe uygun hale getirilmiştir.

Jeotermal Enerji Elektrik Üretim Potansiyeli: Jeotermal enerji, Dünya’nın iç kısmından çıkarılan veya alınabilen ısıdır. Türkiye’deki bölgelerin jeotermal potansiyeli ile ilgili ilk araştırmalar 1960’larda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu verilerine göre, Ülkemizin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MW’tır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanların %78’i Batı Anadolu’da, %9’u İç Anadolu’da, %7’si Marmara Bölgesinde, %5’i Doğu Anadolu’da ve %1’i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90’ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vs.) için uygun olup, %10’u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (MTA, 2018).

Literatürde 150 °C’den fazla hazne sıcaklığına sahip olan jeotermal sahalarda konvansiyonel elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir denir. Fakat son yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak $T > 80^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar sıcaklıktaki akışkandan elektrik üretilmektedir (Kaymakçıoğlu ve Çirkin, 2005). Fakat üreticiler, yapılan görüşmelerde 84 °C’nin üstü sıcaklıkta üretim yapılabildiğini fakat uygun olanın 134 °C olduğunu belirtmişlerdir².

Yapılan sondajlarla aşırı derecede ısınmış sular, yaş ve kuru buhar olarak yeryüzüne çıkarılmaktadır. Bu yeraltı kaynağının üzerindeki basınç azaltılarak su-

² Jeotermal Elektrik Santral Yatırımcıları Derneği (JESDER) Yönetim Kurulu Başkanı Ufuk Şentürk’ ün şifahi beyanı, 07Şubat 2018).

buhar fazlarına ayrılmaktadır. Ayrılan buhar ile jeotermal santrallerde elektrik enerjisi üretilmektedir ve atık su diğer ısıtma sistemlerinde kullanılmakta veya yeraltına basılmaktadır. Yaş buhar, buhar yüzdesinin ve entalpisinin yüksek olması durumunda elektrik üretimi için daha verimli olmaktadır (Elektrik Mühendisleri Odası KKTC [KTEMO], 2018).

Jeotermal enerjinin ülkedeki potansiyeli ile ilgili toplu bir kaynak mevcut değildir. Bu konu ile ilgili Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü Jeotermal birimi ile görüşüldüğünde bilgisi olan kurumun MTA olduğunu belirtilmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) kütüphanesi ziyaret edilmiş ve bölgesel değerlendirme raporları incelenmiştir. MTA tarafından 2005 yılında yayınlanan “Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri” adlı kitapta debi ve sıcaklık değerleri kullanılarak her bir şehir aşağıdaki açıklanan formüller ve yöntem ile elektrik üretme potansiyelleri belirlenebilir. Fakat 2005 verilerinden sonra farklı birçok özel kuyu açılmış ve MTA tarafından güncel bir envanter raporu yayımlanmamıştır.

Termodinamikteki sıcaklık ve debi Parametreleri üzerinden elektrik üretimi için *Doymuş Sıvı Buhar* konusundaki X (kurluk derecesi) ile karışımdaki buhar oranı bulunur. X değeri $m_{\text{buhar}} / m_{\text{toplam}}$ değeri ile ifade edilir. Buradaki m_{toplam} , $m_{\text{sıvı}}$ ve m_{buhar} değerlerinin toplamıdır. X değeri kullanılarak ve belirlenmiş olan kuyu sıcaklık değeri ile Steam Tablosundaki (Çengel ve Boles, 2008) h_f , h_{fg} ve h_{avg} değerleri bulunur ve buradan $h_{avg} = h_f + xh_{fg}$ ($1\text{kJ} > \text{kg}$) h_{avg} formülü ile X değeri bulunur. Daha sonra gerekli birim dönüşümlerin yapılabilmesi için debideki “l/s” $1\text{ l/s} = 3,6\text{ ton/h}$ dönüşümü ile “ton/h” birimine çevrilir. X kurluk derecesi bu ton/h birimli debi değeri ile çarpılıp o karışımdaki buhar debisi elde edilir. Bu buhar debisi değeri verileri ile ve her 10 ton/h buhardan 1MW elektrik üretilir kabulü (Saito, 2010) ile üretilecek elektrik miktarı belirlenir.

2005 yılı envanter verileri yerine YEGM’den şehirlerin potansiyel değerleri ile ilgili bilgi talep edilmiştir. Potansiyel verileri MWt (MegaWatttermal) olarak paylaşılmıştır. Birim dönüşümleri ile yıllık toplam elektrik üretim potansiyeli yaklaşık 23.156 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu dönüşüm esnasında, MWt’in MWe’ye çevrimi yaklaşık 0,18 katsayısı ile çarpılarak elde edilmiştir³. Bu ortalama değer

³ Prof. Dr. Niyazi Aksoy ile yapılan kişisel görüşme, 25 Mayıs 2018).

Zarrouk ve Moon (2014) tarafından hazırlanan “Efficiency Of Geothermal Power Plants: A Worldwide Review” adlı çalışmada verilmiştir. Daha sonra kurulu güçlere (MWe) karşı Türkiye’deki işletmelerin üretim miktarları karşılaştırıldığında 1MWe kurulu güce karşı 8 GWh/yıl üretim yapıldığı görülmüştür. Şehirler için jeotermal enerji elektrik üretim potansiyel değerleri bu kapasite değerleri ile belirlenmiştir.

Biokütle Enerjisi Elektrik Üretim Potansiyeli: Biyokütle genel olarak tarımsal, ormancılık endüstriyel atıkların biyolojik olarak parçalanabilir kısmı ve endüstriyel ve belediye atıklarının biyolojik olarak parçalanabilir fraksiyonu olarak tanımlanır (Angelis-Dimakis vd., 2011).

Bu çalışmada Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü tarafından yayınlanan Türkiye Biokütle Enerjisi potansiyel Atlası (BEPA) verileri incelenmiştir. Bu atlasta Türkiye’nin neresinde hangi biyokütle kaynağından ne kadar elektrik ve ne kadar biyoyakıt üretme potansiyeli olduğu verilmiştir. Bu verilerde her bir bölge için hayvansal atıkların enerji eşdeğeri, bitkisel atıklar enerji eşdeğeri, kentsel organik atık enerji değeri ve nihayetinde atıkların toplam enerji eşdeğeri TEP/yıl birimi ile verilmiştir. Bölgesel elektrik üretim potansiyeli kriteri için nihayetinde atıkların toplam enerji eşdeğeri (TEP/yıl) birimi kullanılmıştır.

Ersoy (2017), Türkiye’nin hayvansal gübre kaynaklı Biyogaz enerji potansiyelini hesaplamıştır. Bu çalışmada hayvansal kaynaklı potansiyel hesaplama çalışmalarından farklı olarak büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının yanında tek tırnaklı (at, eşek ve katır) kaynaklarında hesaba katılmış olmasıdır. Tüm kaynaklar toplanabilir kabulü ile sonuç olarak toplamda 8,41 milyar m³ Biyogaz potansiyeli belirlemiş, bunu yaklaşık %60 lık kısmının Biometan olduğunu ve buradan elektrik üretileceğini dolayısı ile potansiyelin 5,04 milyar m³ Biometan hayvansal atık kaynaklı potansiyel olduğu bulunmuştur. Enerji dönüşümü için 1 m³ biometanın potansiyelinin yaklaşık olarak 2,09 kWh olduğu için hayvansal atık kaynaklı toplam potansiyel 10.553 GWh/yıl çıkmıştır. BEPA verileri ile karşılaştırıldığında kapasite faktörü %80 alındığında 10.944 GWh/yıl çıkmıştır. Sonuçlar birbirlerine yakındır.

Yine Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından 2016 yılında yayımlanan “Türkiye için BEFS Değerlendirmesi” raporunda bitkisel ve hayvansal atıklara göre kurulabilecek güç miktarlarını şehirler için hesaplamıştır. Bu çalışma

Kentsel organik atık ve orman atıklarını içermemektedir. Buna göre toplam olarak 1.004,45 MW güce sahip tesis kurulabilecektir. Buda yaklaşık yıllık 8.775 GWh üretimi ifade etmektedir.

Biokütle için TEP/yıl birimi. Önce TEP’i kWh çevirmek için 11.600 kWh’e dönüştürülmüştür. TEP: Ton Eşdeğer Petrol dönüşüm katsayıları 27 Ekim 2011 tarihli 28097 numaralı Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik ile belirlenmiştir. Buna göre 1 TEP yaklaşık olarak 11.600 kWh olarak alınmalıdır. BEPA verileri kullanıldığında Türkiye için toplam 457.031 GWh/yıl enerji üretim potansiyeli çıkmıştır. Fakat bu ülkemizin 2023 enerji hedefleri ile uyuşmamaktadır. Bu nedenle, biokütle için Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından 2016 yılında yayımlanan “Türkiye için BEFS Değerlendirmesi” raporunda hedef olan 1.000 MW için şehir şehir verilen güç değerleri kullanılmış ve üretilebilecek enerji miktarı Eş 2.1 ile hesaplanmıştır. Kaynakların elektrik üretim potansiyeli kriter değerleri için bu kapasite değerleri kullanılmıştır.

Hidroelektrik Enerji Elektrik Üretim Potansiyeli: Yenilenebilir kapsamında olan hidroelektrik santraller nehir tipi santraller olarak adlandırılmaktadır. Bu tip santraller su biriktirilmeden, belli bir yükseklikten pompalanarak dökülmesi ile enerji elde edilir (Yaman ve Haşıl, 2018).

Türkiye’de hidroelektrik santrallerin yenilenebilir sayılabilmesi koşulu yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin 5346 sayılı kanunda belirtilmiştir. Buna göre, kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını yenilenebilir kabul edilmektedir. Devlet Su İşleri 2017 Faaliyet raporunda Türkiye’de brüt teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh/yıl, teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel 216 milyar kWh/yıl, ekonomik olarak geliştirilen potansiyel ise 158 milyar kWh/yıl olarak belirtmiştir, fakat bunun ne kadarlık kısmının yenilenebilir olduğu açıklanmamıştır (Devlet Su İşleri [DSİ], 2017). Uygulama için güce bağlı enerji üretim miktarları hesaplandığında toplam potansiyelin yaklaşık 14.200 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır. 2017 yılındaki üretime bakıldığında da 128.600 GWh/yıl üretim yapılmıştır.

Çeşitli kaynaklardan özellikle de DSİ'den Türkiye'deki nehir tipi ya da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) sınıflandırmasına dair bir veriye ulaşılamamıştır. 2018 yılında YEKDEM destekleri için başvuran firmaların dökümü alınmıştır. YEKDEM 2018 listesi yerine başvuru listesi kullanılmasının nedeni, destekten yararlanmasa bile bu santrallerin potansiyelin içinde olacak olmalarıdır. Bu listeye göre 457 Hidroelektrik santral başvuru yapmış ve başvuruların toplam gücü yaklaşık 12.135 MWe'dir. Öncelikle Santral isimleri ile hangi şehirde oldukları belirlenmiş, daha sonra her bölge için potansiyeller güce bağlı üretim miktarı hesabı ile GWh/yıl birimi ile hesaplanmıştır. Kaynakların Elektrik Üretim Potansiyeli kriter değerleri için bu kapasite değerleri kullanılmıştır.

2.2.1.3. Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları (BBETO)

Bu kriter için literatürde birden fazla tanım mevcuttur. İlk tanımında tüketilen birincil enerji miktarının toplam talep edilen enerjiye oranı olarak açıklanmıştır ve genellikle fosil kaynak alternatifleri değerlendirildiğinde kullanılmıştır (Wang vd., 2009). Wang, Jing, Zhang, Shi ve Zhang (2008a) tarafından yakıt olarak doğal gaz ve biyogaz kullanan trijenerasyon santral alternatiflerini bulanık çok faktörlü karar verme teknikleri ile değerlendirildiği çalışmada bir değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. Diğer bir çalışmada dağıtılmış üçlü nesil sistemlerin entegre değerlendirmesinde değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır (Wang, Jing, Zhang, Zhang ve Shi, 2008b). Jiang-Jiang, Chun-Fa, You-Yin (2010) tarafından bu kriter birincil enerji talebine istenen çıktı oranı olarak tanımlanmıştır ve Birleştirilmiş Soğutma, Isıtma ve Güç (CCHP) sistemlerinin değerlendirmek için tatmin edici bir kriter olarak değerlendirilmiştir.

Diğer bir tanımda, belli bir eylem neticesinde birincil enerji kaynaklarından elde edilen tasarruf miktarının tahmini olarak açıklanmıştır (Wang vd., 2009). Bu tahmin iki şekilde yapılabilir; (1) yenilenebilir kaynaklara dönüşüm ile elde edilen fosil kaynaklardan tasarruf miktarı belirlenerek veya (2) aynı işletme koşullarında nihai enerji tüketimindeki azalma miktarını belirlenerek tahmin edilebilir. Beccali vd. (2003) tarafından bu kriter TJ (Terajoule)/yıl ($1 \text{ TJ} = 0,277777778 \text{ GWh}$) birimi ile fosil yakıtlardan elde edilen yıllık tasarruf enerjisi olarak değerlendirilmektedir. Cavallaro ve Ciraolo (2005), bu kriteri fosil enerji kaynaklarındaki tasarruf miktarı

olarak tanımlamışlardır. Ayrıca bu kriterin dizel elektrik santrali tarafından elektrik üretilirken yerel düzeyde tasarruf edilebilecek fosil yakıt miktarını ifade ettiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada tasarruf miktarı ikinci tanımdaki gibi, yenilenebilir kaynaklara dönüşüm ile elde edilen tasarruf miktarı olarak hesaplanmıştır. Her bir şehir için yıllık elektrik tüketim rakamları ve bu rakamların ne kadarlık oranının YEK alternatiflerinden karşılandıkları yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik oranı tasarruf oranı olarak kabul edilmiştir. Hesaplama için 2017 yılı şehirlerin tükettiği elektrik miktarı (EPDK, 2018a) ve yenilenebilir kaynaklardan 2017 yılında üretilen elektrik miktarları birbirlerine oranlanmıştır (EPDK, 2018b).

2.2.1.4. Bölgesel Teknolojik Olgunluk (BTRL)

Literatürde teknolojik olgunluk seviyesi (TRL) veya teknik olgunluk olarak isimlendirilen bu kriter benimsenen teknolojinin güvenilirliğini ve teknolojinin bölgede, ülkede, Avrupa’da ya da uluslararası alanda ne kadar yaygın olduğunu nitelenmede uygulanan teknolojilerin etkisi ile ilgilidir. Kaynağın ne ölçüde yaygın olduğunu göstermektedir (Büyüközkan ve Güleriyüz, 2016; Wang vd., 2009). Teknolojinin teorik verimlilik sınırına ulaştığının, teknolojinin geliştirilebilecek teknolojik karmaşıklığı ile bu teknolojinin bakım ve kurulumu için uygun bir işletim desteğini sağlamak konusunda yerel aktörlerin kapasiteleri arasındaki nitel bir karşılaştırmaya dayanmaktadır (Kahraman, Kaya ve Çebi, 2009).

Kriterin ölçümü için farklı çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır ve farklı ölçeklere göre değerlendirme yapılmıştır. Wang vd. (2008a), kriter ölçümünü teknoloji (1) iyi gelişmiştir veya (2) gelişmemiştir ayrımı ile belirlemişlerdir. Wang vd. (2009) ve Beccali vd. (2003) dört farklı özelliğe göre kaynakları puanlandırmışlardır (1’den 4’e kadar); (1) sadece laboratuvarlarda test edilmiş teknolojiler, (2) sadece pilot tesislerde gerçekleştirilen, demonstrasyon hedefinin deneysel olanla bağlantılı olduğu, işletme ve teknik koşullara atıfta bulunan teknolojiler, (3) hala geliştirilebilecek teknolojiler ve (4) etkinliğin teorik sınırlarına ulaşmaya yakın olan konsolide teknolojiler. Tsoutsos vd. (2009) ölçüm için bu kriterin kalitatif bir ölçek olduğunu belirtmişler ve sahip

olduğu özelliklere göre aşağıdaki puanlama ile değerlendirmişlerdir (1'den 5'e kadar); (1) Laboratuvar ve araştırma aşamasında teknolojiler (laboratuvar), (2) Pilot programların teknolojileri (pilot), (3) Verimliliğini arttırmak için daha fazla iyileştirme gerektiren teknolojiler (iyileştirme), (4) Geniş iç pazarda oldukça iyi bir yeri olan ticari olgun teknolojiler (com_loc), (5) Uluslararası ve Avrupa pazarında sağlam bir yere sahip ticari olarak olgun teknolojiler (com_EU).

2017 yılında Avrupa Komisyonu tarafından “Teknolojik Olgunluk Seviyesi: Yenilenebilir Enerji teknolojileri için Rehber İlkeler” adlı rapor hazırlanıp yayımlanmıştır. Bu raporda on farklı kaynak için (Güneş-PV, Güneş-CSP, Hidroelektrik, Rüzgâr, Isıtma ve Soğutma sistemleri, Jeotermal, Yenilenebilir Alternatif Yakıtlar, Biyoenerji- Biyoklojik, Biyoenerji- Termokimyasal) Avrupa düzeyinde enerji sektöründeki TRL kullanımı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede santraller sahip olduğu özelliklere göre aşağıdaki puanlama ile değerlendirilmiştir (1'den 9'a kadar); (1) Gözlenen temel ilkeler, (2) Formüle edilmiş teknoloji konsepti, (3) Deneysel deney kavramı (4) Laboratuvarda doğrulanmış teknoloji (5) Teknoloji ilgili ortamda doğrulanmış, (6) Teknoloji ilgili çevrede gösterilmiş, (7) Operasyonel ortamda sistem prototipi gösterilmiş, (8) Sistem eksiksiz ve kalifiye, (9) Operasyonel ortamda kanıtlanmış gerçek sistem (EC, 2017).

Bu çalışmada her bir teknolojiye verilen puanlar için Troldborg vd. (2014) tarafından yapılan çalışma referans alınmıştır. Bu kriter, teknolojinin durumunu yansıtmaktadır ve hem ulusal hem de Avrupa ölçeğinde ne kadar yaygın olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmada teknoloji niteliksel 5 puanlık bir ölçeğe göre değerlendirilmektedir, 1 puan çok düşük olgunluğa sahip olan teknolojiyi ifade eder (teknoloji sadece laboratuvarda test edilmiştir) ve 5 puan çok yüksek (katı piyasa pozisyon olgun teknoloji) ifade etmektedir. Uygulamada her şehir için olgunluk seviyeleri 1 ile 5 arasında puanlanmıştır. Bunun için her şehirde var olan YEK alternatifler yaygınlığına göre (yani o kaynağa ait var olan kurulu güç miktarlarına göre), en yaygın olan alternatif 5, hiç olmayan alternatif 1 puan almıştır. 1 ile 5 arasındaki puanlama dağılımı oranlama ile yapılmıştır. Bu puanlama yapılırken YEGM ve EPDK yetkililerinden kaynak yatırımı olmasa bile o bölge için bir planlama olup olmadığı bilgisi alınmıştır. Kaynak yaygınlığı için her bir şehirde farklı

kaynakların kurulu güç verileri (Tablo 2.4) kullanılmıştır ve bu kurulu güç değerlerine göre 1 ile 5 arasında puanlama rakamları kullanılacak şekilde oranlanma yapılmıştır.

Tablo 2.4. Şehirleri Kaynaklara Göre Kurulu Güç Miktarları.

BÖLGE	ŞEHİR	KURULU GÜM (MW)				
		GÜNEŞ (MW)	RÜZGÂR (MW)	JEOTERMAL (MW)	BİYOKÜTLE (MW)	HES YEK (MW)
TR10	İSTANBUL	2,94	222,95	0	52,96	0
TR21	EDİRNE	0,49	167,2	0	0	0
TR21	KIRKLARELİ	0	116,2	0	22,7	0
TR21	TEKİRDAĞ	0	152,6	0	6	0
TR22	BALIKESİR	44,5	1023,1	0	59,49	0
TR22	ÇANAKKALE	1,18	299,8	15,5	15,2	2,49
TR31	İZMİR	16,1	1269,12	0	14,47	0
TR32	AYDIN	18,49	220,6	635,5	11,44	79,31
TR32	DENİZLİ	50,28	0	309,06	1,12	110,17
TR32	MUĞLA	3,49	184,8	0	0	204,38
TR33	AFYONKARAHİSAR	89	227,45	2,76	16,22	4,44
TR33	KÜTAHYA	7,2	0	0	0	8,32
TR33	MANİSA	19,14	628,95	166,42	0	0
TR33	UŞAK	2,85	54	0	1,2	0
TR41	BİLECİK	2,99	39,05	0	0	31,52
TR41	BURSA	9,37	119,4	0	27,8	185,83
TR41	ESKİŞEHİR	9,72	0	0	2,04	0
TR42	BOLU	0	0	0	1,13	45,98
TR42	DÜZCE	0	0	0	4,26	79,93
TR42	KOCAELİ	3,05	10	0	10,92	0
TR42	SAKARYA	0	0	0	2,89	39,84
TR42	YALOVA	0	84,45	0	0	0
TR51	ANKARA	114	0	0	67,42	52,94
TR52	KARAMAN	9,89	7	0	1,41	218,81
TR52	KONYA	400	7,25	0	22,23	6,63
TR61	ANTALYA	38,85	0	0	18,25	190,47
TR61	BURDUR	38,65	0	0	0	0
TR61	ISPARTA	25,35	60	0	2,83	114,99
TR62	ADANA	15,89	0	0	18,93	1652,47
TR62	MERSİN	33,87	159	0	19,34	206,72
TR63	HATAY	0,52	360,1	0	8,48	9,98
TR63	KAHRAMANMARAŞ	20,14	24	0	6,95	840
TR63	OSMANİYE	4,1	235	0	3,12	194,93
TR71	AKSARAY	13,2	0	0	8,8	0
TR71	KIRIKKALE	9	0	0	1	33,7
TR71	KIRŞEHİR	1,7	168	0	0	0
TR71	NEVŞEHİR	23,42	0	0	0	87,13
TR71	NİĞDE	72	0	0	2,4	0
TR72	KAYSERİ	264	264	0	5,78	87,13
TR72	SİVAS	2,06	150	0	2,82	192,11
TR72	YOZGAT	1,61	0	0	0	2,87
TR81	BARTIN	0,25	0	0	0	26,41
TR81	KARABÜK	7,67	0	0	0	77,05

Tablo 2.4. (Devamı)

TR81	ZONGULDAK	0	0	0	0	44,9
TR82	ÇANKIRI	1,86	0	0	0	1,11
TR82	KASTAMONU	0	0	0	0	77,08
TR82	SİNOP	0	0	0	0	23,85
TR83	AMASYA	0,67	105,5	0	2,2	105,73
TR83	ÇORUM	1,99	0	0	5	237,78
TR83	SAMSUN	1,73	0	0	38,02	33,28
TR83	TOKAT	0	127,9	0	2,3	343,62
TR90	ARTVİN	0	0	0	0	594,75
TR90	GİRESUN	0	0	0	0	752,38
TR90	GÜMÜŞHANE	0	0	0	0	546,51
TR90	ORDU	0	0	0	0	503,5
TR90	RİZE	0	0	0	0	336,36
TR90	TRABZON	0	0	0	4,24	658,83
TRA1	BAYBURT	4	0	0	0	25,31
TRA1	ERZİNCAN	2,52	0	0	14,08	254,64
TRA1	ERZURUM	12,18	0	0	0	713,41
TRA2	AĞRI	0	0	0	0	0
TRA2	ARDAHAN	0	0	0	0	35,13
TRA2	İĞDIR	0	0	0	0	9,15
TRA2	KARS	0	0	0	0	115,75
TRB1	BİNGÖL	0	0	0	0	178,52
TRB1	ELAZIĞ	32,75	0	0	2,83	909,4
TRB1	MALATYA	9,76	0	0	7,6	16,65
TRB1	TUNCELİ	0,12	0	0	0	82
TRB2	BİTLİS	0	0	0	0	28,73
TRB2	HAKKARİ	0	0	0	0	46,43
TRB2	MUŞ	0	0	0	0	11,55
TRB2	VAN	0,5	0	0	0	41,45
TRC1	ADİYAMAN	9,36	25	0	0	209,52
TRC1	GAZİANTEP	85	86,3	0	7,31	2,25
TRC1	KİLİS	7,74	0	0	0	0
TRC2	DİYARBAKIR	2,54	0	0	0	47,15
TRC2	ŞANLIURFA	9,32	0	0	7,06	0
TRC3	BATMAN	6	0	0	0	52
TRC3	MARDİN	0,34	0	0	0	0
TRC3	SİİRT	0,2	0	0	0	342,91
TRC3	ŞIRNAK	0	0	0	0	0

2.2.2. Ekonomik Kriterler

2.2.2.1. Ekonomik Ömür (EÖ)

Santrallerin hizmet dışı bırakılmadan önce çalışabileceği süreye karşılık gelir ve yıllar ile ifade edilir (Haddad, Liazid ve Ferreira, 2017). Yenilenebilir Enerji santrallerinin santral kurulum maliyetleri ve işletme maliyetleri yüksek olduğundan

ekonomik ömür karlılığı doğrudan etki etmektedir (Özcan, Ünlüsoy ve Eren, 2017). Bu kriter Streimikiene, Sliogeriene ve Turskis (2016) tarafından işletme ömrü ya da işletme dayanıklılığı adı altında Litvanya'da elektrik üretim teknolojilerinin çok faktörlü analizinde teknik kriterler olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada ekonomik ömür IRINA (2018c) tarafından hazırlanan “Renewable Power Generation Costs in 2017” raporundaki verilen ve Tablo 2.5’te gösterilen veriler kullanılmıştır. Bu kriter bölgesel bir farklılık yaratmamaktadır. O nedenle her bölge için aynı değerler alınmıştır.

Tablo 2.5. Kaynaklara Göre Santrallerin Ekonomik Ömürleri.

KAYNAK	EKONOMİK ÖMÜR
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	25
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi (Fotovoltaik)	25
Hidroelektrik üretim tesisi	30
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	20
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	25

Kaynak: IRENA, 2018c

2.2.2.2. Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (LCOE)

Güneş ve rüzgâr teknolojilerinde yıllar geçtikçe oluşan sabit maliyet düşüşü yenilenebilir enerjiyi yeni nesil ihtiyaçları karşılamak için giderek daha rekabetçi bir seçenek haline gelmiştir (IRENA, 2018c). Elektrik üretim tesislerinin birbirinden farklı teknolojilerini karşılaştırılabilir yapabilmek için seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (Levelized Cost of Electricity (LCOE)) hesaplanma yöntemi geliştirilmiştir (Kazancık, 2016). Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti işletme-bakım maliyetleri ve yatırım maliyetlerini belirli bir oranla seviyelendirilip, üretilen enerjinin kWh başına toplam maliyeti hesaplanarak elde edilir (Atçı, 2012) ve bu değerler ile farklı yenilenebilir enerji santraller birbirleri ile karşılaştırılabilir. Bu özelliği ile özel sektör ve karar alıcılara yol gösterici olmaktadır. Bu kriter ile yeni bir güç santralinin elektrik üretim maliyeti, farklı santral seçeneklerinin analizi ve en düşük maliyetli olanının

belirlenmesi, alternatiflerin maliyet yapılarının belirlenmesi gerçekleştirilebilmektedir (Kazancık, 2016).

Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti santralin ekonomik ömrü boyunca enerji maliyetinin, aynı dönemde ürettiği enerjiye bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Eş 2.3) (Darling, You, Veselkad ve Velosa, 2011). Bununla birlikte enerji santrallerinin farklı üretim ve maliyet yapılarıyla karşılaştırılmasına da olanak sağlamaktadır ve santralin inşası ve işletilmesi için santralin ömrü boyunca ortaya çıkan tüm maliyetlerin, yaşam döngüsü boyunca üretilen enerji miktarının toplamı ile karşılaştırması ile belirlenir (Eş 2.4). Bu hesaplamada L : santralin inşaat süresini, I_0 : Başlangıç yılındaki yatırım harcamalarını, At : t yılındaki toplam harcamalarını, E_t : t yılındaki elektrik üretimini, r : iskonto oranını, n : sistemin ömrünü, t : yılı ifade etmektedir (Kost, Shammugam, Jülch, Nguyen, Schlegl, 2018).

$$LCOE = \frac{\text{Santral ömrü boyunca oluşan maliyet}}{\text{Santral ömrü boyunca ürettiği enerji}} \quad (2.3)$$

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n (At)/(1+r)^t}{\sum_{t=1}^n (Et)/(1+r)^t} \quad (2.4)$$

Tablo 2.6’da 2010 ve 2017 yıllarında farklı yenilebilir enerji santrallerinin toplam yatırım maliyetleri, kapasite faktörler ve seviyelendirilmiş elektrik maliyet değerleri verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi rüzgâr ve güneş enerji santrallerinde toplam yatırım maliyetlerinde ve dolayısı ile seviyelendirilmiş elektrik maliyetlerinde düşüş gerçekleşmişken diğer kaynakların yatırım maliyeti yükselmiştir. Jeotermal santraller dışında diğer tüm kaynakların kapasite faktörü artmıştır.

Seviyelendirilmiş enerji maliyeti literatürde pek çok çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Şahin (2016), enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde enerji verimliliği, kapasite faktörü, alan gereksinimi, su tüketimi, sera gazı emisyonları, sosyal kabul edilebilirlik, istihdam yaratma ve kazalar yanında seviyelendirilmiş enerji maliyetlerini de değerlendirme kriteri olarak kullanmıştır.

Tablo 2.6. Kaynaklara Göre Santrallerin Toplam Yatırım Maliyetleri, Kapasite Faktörleri ve Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyetleri.

Kaynak	Toplam Yatırım Maliyeti (Total installed cost) (\$/kW)		Kapasite Faktörü (Capacity factor)(%)		Seviyelerndirilmiş Enerjii Maliyeti (Levelised cost of electricity)(\$/kWh)	
	2010	2017	2010	2017	2010	2017
Güneş (Fotovoltaik)	4394	1388	0,14	0,18	0,36	0,10
Hidroelektrik	1171	1535	0,44	0,48	0,04	0,05
Rüzgâr	1843	1477	0,27	0,30	0,08	0,06
Biyokütle	1608	2668	0,61	0,86	0,06	0,07
Jeotermal	2452	2959	0,87	0,79	0,05	0,07

Kaynak: IRENA, 2018c

Kazancık (2016) tarafından Türkiye’de yenilenebilir enerji santrallerinin seviyelendirilmiş maliyetlerini farklı teknolojilere sahip yenilenebilir enerji santrallerini karşılaştırılabilir hale getirmek amacıyla, her bir santral için seviyelendirilmiş elektrik maliyetleri hesaplanmıştır.

Seviyelendirilmiş enerji maliyetii hesaplamak için anahtar girdiler arasında, yatırım maliyetleri, yakıt maliyetleri, sabit ve değişken operasyonlar ve bakım (O&M) maliyetleri, finansman maliyetleri ve her fabrika türü için varsayılan kullanım oranı bulunmaktadır. Daha detaylı bir biçimde bu alanlarla ilgili tüm maliyetleri yani saha çalışmaları (saha çalışmaları ve binalar), yol inşaatı, mühendislik hizmetleri, sondaj ve diğer tesadüfi inşaat işleri maliyeti, mekanik ekipman alım, elektrik şebekesi bağlantısı ve mekanik ekipman alımı maliyetlerini içerir (Georgopoulou, Lalas ve Papagiannakis, 1997; Şengül Ü, vd. 2015; İA, 2018). Bu nedenle literatürde kriter olarak alınan yatırım maliyetleri, O&M maliyetleri gibi maliyetler hesaplamaya dahil olduğundan ayrıca bir kriter olarak alınmamıştır. Çalışmada kullanılan veriler IRENA (2018c) tarafından hesaplanan 2017 yılı verileridir.

2.2.2.3. Devlet Teşvikleri (DT)

Bu kriter yenilenebilir enerji yatırımlarını yaygınlaştırmak dolayısı ile de yenilenebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmak için devlet desteklerini ifade etmektedir. Sağır ve Donalalp (2016), bulanık çok faktörlü karar verme perspektifinden Türkiye için enerji kaynakları değerlendirirken hükümet politikalarınca destek adı ile bu kriteri değerlendirme kriteri olarak kullanmışlardır.

Nigim vd. (2004), AHP ve Sequential Interactive Model for Urban Sustainability (SIMUS) teknikleri ile yerel yenilenebilir kaynak fırsatlarını değerlendirmede çalışmasında ayırt edici bir değerlendirme kriteri olarak kullanılmışlardır. Özcan vd. (2017), TOPSİS yöntemi ile farklı yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerini sıralarken devlet teşviklerini bir değerlendirme kriteri olarak tüm kaynak teşviklerini toplayarak kriter olarak kullanmışlardır.

Türkiye’de de yenilenebilir enerjiyi teşvik edici politikalar yaygın olarak uygulanmaktadır. 2014 yılında yayımlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı’nda 34 adet finansal, teknik, yasal ve yaklaşımsal önlem yani yenilenebilir enerjiyi teşvik edici faaliyet tanımlanmış (YEGM, 2014) ve bunlardan mevcut olarak uygulananlar Tablo 2.9’da verilmiştir.

Bunun dışında Türkiye’de yeni yatırımları özendirmeye yönelik olarak ülkedeki bölgeler arası eşitsizlikleri ortadan kaldırmak amacıyla bölge bazlı olarak tahsis bölgesel yatırım teşvikleri, genel yatırım teşvikleri, büyük ölçekli yatırımların teşviki ve stratejik yatırımların teşvikleri mevcuttur (AKİB, 2015). Yenilenebilir enerji için genel yatırım teşvikleri; yatırım ekipmanı satın almada (veya ithal etmede) KDV muafiyeti, yatırım ekipmanı ithal etmede gümrük vergisi muafiyeti, diğer fon ve ek ücretlerden muafiyet olarak açıklanmaktadır. Bunların yanında ücretlerden indirim teşviki 6446 sayılı yeni Elektrik Piyasası Kanununda işletimde olan veya 31 Aralık 2020 tarihine kadar işleme girecek olan elektrik santralleri için, yatırım ve işletme dönemlerini de kapsamak üzere 10 yıl boyunca enerji nakil hatları kiralama, irtifak ve kullanma hakkı konusunda %85 indirim uygulanmaktadır (KPMG, 2016).

Burada bahsedilen bölgesel yatırım teşvikleri, genel yatırım teşvikleri, büyük ölçekli yatırımların teşviki ve stratejik yatırımların teşviki ve ayrıca ücretlerden indirim teşviki kaynaklarda ve bölgesel bazda bir farklılık içermediğinden çalışmada kullanılmamıştır.

Bölgesel farklılıkları barındıran bölgesel yatırım teşvikleri ayırt edici kriterler olarak düşünülse de Bakanlar Kurulu tarafından alınan Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar’a göre (Devlet Destekleri, 2012) Ek2 de yayınlanan destekten faydalanan sektörler listesinde enerji ve elektrik sektörü bulunmamaktadır. O nedenle bölgesel destekler de çalışmaya eklenmemiştir.

Bu teşviklerden yenilenebilir kaynak farklılıklarına göre değişen ve kaynak farklılıklarını ortaya sabit fiyat garantisi ve yerli katkı ilaveleri teşvikleri kullanılacaktır. Farklı yenilenebilir kaynak için eşit olmayan değerlerde sabit fiyat garantisi sistemi geliştirilmiştir. Gerçek ve tüzel kişiler tarafından ihtiyaçlarından daha fazla ürettikleri elektrik belirli sabit fiyat değerleri ile devlete satılmaktadır (Yılmaz, 2015). Çalışmada kullanılan devlet teşviki verileri Tablo 2.7’da verilmiştir.

Tablo 2.7. Kaynaklar Bazında Yenilenebilir Enerji Santrallerindeki Devlet Teşvikleri.

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	9,6
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	11
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	13,2
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	18,9
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi(Fotovoltaik)	20

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005)

2.2.2.4. Yatırım Geri Dönüş Süresi (YGDS)

Geri ödeme süresi genellikle bir yatırım maliyetini telafi etmek için gereken süreyi tanımlar (Hesser, Wohner, Meints, Stern ve Windsperger, 2017). Bir enerji projesinin geri ödeme süresidir ve bir yatırımın geri dönüşünün yani orijinal yatırımın toplamını “geri ödemesi” için gerekli olan süreye karşılık gelir. Her ne kadar öncelikli olarak bir finansal şart olsa da, geri ödeme süresi kavramı zaman zaman enerji geri ödeme süresi olarak da değerlendirilir (Wang vd., 2009).

Yatırımın geri dönüş süresi yatırım kararları içi hangi kaynağa yatırım yapılacağı ile ilgili önemli bir kriterdir. Özel ekonomik kriterlere sahip bir yatırımın ekonomik çekiciliğini temsil eder (Papadopoulos ve Karagiannidis, 2008). Yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik üretimi için yaygın olarak kullanmak pek çok avantaj sağlamaktadır. Fakat yenilenebilir kaynakların çoğunun dağıtılmış ve değişken niteliğine ek olarak, yatırımda uzun geri ödeme süreleri yenilenebilir temelli üretim projelerinin desteklenmesinde ek bir engel olarak görülmektedir (Wijesuriya, Wickramathilaka, Wijesinghe, Vithana ve Ranjit Perera, 2017).

Yatırımın geri dönüş süresi kriteri pek çok çalışmada değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. Bu süre Şengül Ü. (2015) vd. tarafından elektrik santralinin finansman döneminde yatırımı geri ödeme süresi olarak açıklanmıştır. Demirtaş (2013), sürdürülebilir enerji planlaması için en iyi yenilenebilir enerji teknolojisinin değerlendirilmesi çalışmasında değerlendirme kriteri olarak kullanmıştır. Yazdani-Chamzini, Fouladgar, Zavadskas ve Moini (2013), bu kriteri yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde en optimum çalışmanın araştırılmasında değerlendirme verisi olarak kullanmışlardır. Doukas, Andreas ve Psarras (2007), dilsel değişkenler kullanarak sürdürülebilir teknolojik enerji önceliklerini oluşturmak için çok kriterli karar desteği modeli geliştirirken ekonomik değerlendirme kriterlerinden biri olarak kullanmışlardır.

Bu çalışmada kullanılan yatırım geri dönüş süresi verileri Kenny, Kaw ve Pearce (2010) tarafından hazırlanan ve tüm farklı enerji santralleri için hazırlanan listeden alınmıştır. Veri değerleri Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8. Enerji Santralleri için Yatırım Geri Dönüş Süreleri (Yıl).

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Yatırım Geri Dönüş Süresi
Hidroelektrik üretim tesisi	11,8
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	0,4-1,4
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	5,7
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	1,92
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi(Fotovoltaik)	1-2,7

Kaynak: Kenny, Kaw ve Pearce (2010).

2.2.3. Sosyal Kriterler

2.2.3.1. Sosyal Kabul Edilebilirlik (SK)

Sosyal kabul edilebilirlik kamuoyunun toplumsal kabulünü yani insanların yenilenebilir enerji kaynakları hakkında onay ve olumlu görüşünü ifade eder (Amer ve Daim, 2011; Büyüközkan ve Güleriyüz, 2016; Erdem, Gencer, Atmaca, Karaca ve Aydoğan, 2013). Bir santralin inşası ve işletilmesi hakkında karar verirken sosyal kabul, büyük önem taşıyan niteliksel bir kriterdir. Bu kriterlerin değerleri ne kadar büyük olursa, santral değerlendirmesi de o kadar iyi olur (Chatzimouratidis ve Pilavachi, 2008). Nüfusun büyük çoğunluğunun veya o bölgedeki baskın gruplarının görüşü, bir

enerji projesinin tamamlanması için gereken süreyi büyük ölçüde etkileyebileceğinden bu kriter son derece önemlidir (Kaya ve Kahraman, 2010). Bir elektrik üretim santralinin sosyal kabul edilebilirliğin olmaması projeyi geciktirebilir hatta iptal edilmesine neden olabilir (Haddad vd., 2017).

Sosyal kabul kriteri verileri ile ilgili literatürde farklı çalışmalar mevcuttur. Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008), bu kriteri ölçülebilir bir figür olarak görmemektedir ve nicel değil nitel ölçekli bir kriter olarak değerlendirmektedirler. Alternatifleri değerlendirebilmek için yani niceliksel ölçümleri yapabilmek için enerji santrali türlerinin yerel topluluk tarafından kabul derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılma yapılabileceğini belirtmişlerdir. Uygulamalarında AHP tekniğinin 1-9 skalasını kullanarak santralleri birbirlerine göre karşılaştırmışlardır. Yine Özcan ve Erol (2014), kabul edilebilirlik faktörlerini AHP tekniği ile Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde elektrik üretim santrallerinin bulunduğu bölgelerde ve söz sahibi kurumların yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda, ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak nicel olarak hesaplamışlardır. Sonuçta; yenilenebilir enerji santralleri arasında rüzgâr, biyokütle, güneş ve jeotermal enerji santrallerinin sosyal kabul faktörleri birbirine yakın çıkarken, yenilenebilir enerji santrali olan hidroelektrik santrallerinin sosyal kabul faktörü oldukça düşük çıkmıştır. Bu çalışmada da sosyal kabul edilebilirlik kriterinin verisi olarak Tablo 2.9'daki veriler kullanılacaktır.

Tablo 2.9. Kaynakların Sosyal Kabul Değerleri.

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Sosyal Kabul Edilebilirlik
Hidroelektrik üretim tesisi	0,0479
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	0,1340
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	0,1312
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	0,1270
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi(Fotovoltaik)	0,1137

Kaynak: Özcan ve Erol, 2014

2.2.3.2. Yeşil İstihdam (Yİ)

Yenilenebilir enerji santrallerinin bulunduğu bölgelerde sosyo-ekonomik bir gelişimi sağlamanın yanında, pek çok yeni iş olanağı yaratmıştır. Enerji santralleri,

inşaat ve işletme aşamasından hizmet dışı bırakma aşamasına kadar, yaşam döngüsü boyunca çok sayıda çalışana istihdam etmektedir. Tarım temelli yerel toplumların yıllar boyunca gelişmeleri ve refahları bu istihdama dayanmaktadır (Chatzimouratidis ve Pilavachi, 2008). Yeşil istihdam kriteri enerji projelerinin özellikle yerel halk için istihdam olanakları yaratıp yaratmadığı ile ilgilidir (Amer ve Daim, 2011). Türkiye'nin işgücü, istihdam ve işsizlik yapısı bölgesel bazda önemli farklılıklara sahiptir. Bu nedenle bölgelere göre özel istihdam politikalarının geliştirilmesi düşünülmektedir (KB, 2013). Türkiye'nin 2017 yılı bölgesel işsizlik oranları Tablo 2.10'da verilmiştir.

Yeşil istihdam kriteri pek çok çalışmada ülkeler, bölgeler veya kırsal alanlar için mevcut elektrik üretim seçenekleri önceliğini belirlerken önemli bir kriter olarak kullanılmıştır (Özcan vd. 2017; Karaca vd. 2017; Büyüközkan ve Güleriyüz 2016; Wang vd. 2009; Kablan 1997).

Tablo 210. Bölgelerin İşsizlik Oranları (2017).

Bölgeler	Bölgede Bulunan şehirler	İşsizlik Oranı (%)	
		(15+)	(15-64)
TR62	Adana, Mersin	10,7	10,9
TR51	Ankara	11,3	11,4
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	12,1	12,3
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	7,1	7,3
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	5,5	5,8
TR22	Balıkesir, Çanakkale	6	6,2
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	9,8	10
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	5,5	5,7
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	15,1	15,3
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	11,5	11,7
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	4,6	5,1
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	11,9	12,3
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	10,8	11
TR52	Konya, Karaman	5,9	6,2
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	11,4	11,8
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli-TRB1	7	7,3
TR33	Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak	6,2	6,4
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	26,9	27,1
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	6,7	7,1
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	8,3	8,6
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	3,6	3,8
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	12,8	13
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	7,2	7,7
TR10	İstanbul	13,9	13,9
TR31	İzmir	14	14,2
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	13,8	14

Kaynak: TÜİK, 2018b

Bu kriterin verileri farklı çalışmalarda farklı kaynaklardan elde edilmiştir. Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008), Energy Power Research Institute (EPRI/2001), Renewable Energy Policy Project (REPP/2001), US Department of Energy (USDOE/1997) kuruluşlarının hazırladıkları raporlardaki verileri kullanmışlardır. Streimikiene, Balezentis, Krisciukaitiene ve Balezentis (2012), bireysel emek bileşenlerini ve toplamalarının göreceli boyutlarını genel tutarlılık için karşılaştırmışlar ve uygun görülen şekilde düzenledikten sonra “kişi-yıl/kWh” birimi ile vermişlerdir. Buna göre hidroelektrik santralleri için; 1,2 kişi-yıl/kWh, rüzgâr için; 0,36 kişi-yıl/kWh, Güneş PV için; 6,6 kişi-yıl/kWh, Biyokütle için 1,8 kişi-yıl/kWh olarak belirlenmiştir. Jeotermal enerji santralleri bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Wei, Patadia ve Kammen (2010), ABD enerji sektörü için 2009'dan 2030'a kadar analitik bir iş yaratma modeli sunulmuştur. Sonuçta; ortalama hidroelektrik santralleri için; 0,72 kişi-yıl/GWh, rüzgâr için; 0,17 72 kişi-yıl/GWh, Güneş PV için; 0,87 72 kişi-yıl/GWh, Biyokütle için 0,21 72 kişi-yıl/GWh, Jeotermal için; 0,25 72 kişi-yıl/GWh olarak belirlenmiştir.

Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008); Ahmad ve Tahar (2014), 500 MW kurulu güce sahip bir santralin yaratacağı yeni istihdam miktarlarını kaynaklara göre açıklamışlardır. Hidroelektrik santraller için 2.500 yeni iş/500 MW, rüzgâr santralleri için 2.500 yeni iş/500 MW, güneş santralleri için 5.370 yeni iş/500 MW, biyokütle santralleri için 36.055 yeni iş/500 MW ve jeotermal santralleri için 27.050 yeni iş/500 MW.

Yılmaz (2014), Türkiye için anket çalışması ile farklı YEK santrallerinden kaç işçi çalıştırdıkları ile ilgili veri toplamış ve yeşil işler ile Türkiye'deki yenilenebilir enerji alanındaki potansiyeli 2013- 2030 yılları arasında tahmin etmiştir. Çalışma sonucunda 2030 yılına kadar 1,6 ile 2,5 milyon kişiye istihdam olanağı sağlayabileceği tahmin edilmiştir.

Bu doktora çalışmasında değerlendirme yapılırken farklılıklarını ortaya koymak için The Job and Economic Development Impact Model (JEDI) modeli ile tahmin edilen değerler kullanılmıştır. Amerika Ulusal Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen JEDI modelinde kaynağını geçmişteki yenilenebilir enerji yatırım projelerinden sağlayarak gerçek istihdam verilerini kullandığı için tahmin değerleri

gerçeğe daha yakın çıkmaktadır (Karaca vd., 2017). JEDI modeli kullanılarak 2018 yılı için istihdam miktarları Tablo 2.11'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 2.11. Yenilenebilir Enerji Santrallerinin yaratacağı Yeşil İstihdam Miktarları (Kişi /50 MW).

İstihdam Türü	Rüzgâr	Güneş (Fotovoltaik)	Biyokütle	Jeotermal	Hidroelektrik
Doğrudan	768	1490	1160	361	829
Dolaylı	524	94	760	248	152
Uyarılmış	430	916	901	389	74

Kaynak: NREL, JEDI, 2018

2.2.4. Çevresel Kriterler

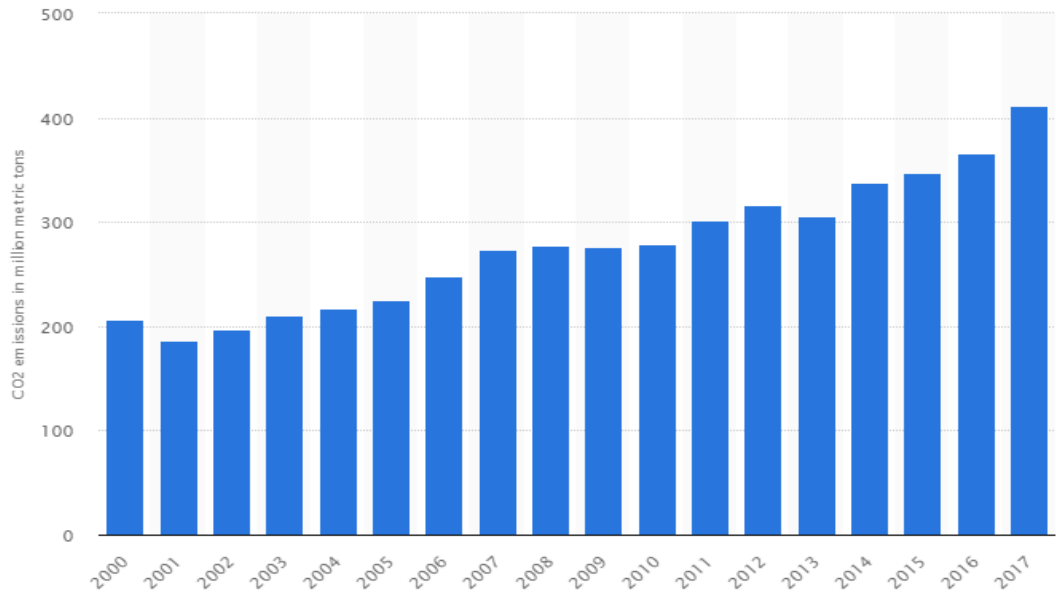
2.2.4.1. Sera Gazı Emisyon Miktarı (SGEM)

Sera gazı Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitröz Oksit (N₂O), Hidroflorür karbonlar (HFCs), Perfloro karbonlar (PFCs), Sülfürhekza florid (SF₆) gibi gazlarından oluşan ve atmosferde ısı tutma özelliğine sahip bileşiklerdir (seragazidogrulama.com, 2018). Bu esas olarak CO₂ miktarını azaltmaya dayanır ve ayrıca ozon tabakası ve küresel ısınma üzerindeki etkileri yansıtır (Garni vd., 2016).

Yenilenemeyen enerji kaynağının yerine yenilenebilir kaynak kullanıldığında kaçınılan emisyon miktarı olarak ifade edilmektedir ve bir santralin hava emisyonları nedeniyle emisyon azaltma miktarı ve ekolojik sistem bozukluğu açısından çevre ve toplum üzerindeki etkisi ile ilgilidir. Bu kriter diğer bir açıdan yenilenebilir enerji bakımından belirli bir yenilenebilir enerji sisteminden gelen toplam sera gazı (GHG) emisyonlarını ifade eder ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini değerlendirirken en çok kullanılan kriterlerden biridir. Farklı yenilenebilir teknolojilerinin yaşam döngüsündeki emisyon tahminlerini ifade etmektedir. Bu tahminler içinde yakıt üretimi ve tesise nakli, (ii) tesis yapımı, (iii) tesis işletimi ve bakımı ve (iv) söküm faaliyetlerinin emisyon miktarları bulunmaktadır (Mann ve Spath, 2001). Yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin emisyon değerleri genellikle 1 g/k Wh altındadır. Fotovoltaik ve rüzgâr sistemlerinde emisyonun %90'ı PV panel ve yardımcı elemanların üretim aşamasında ortaya çıkar (Onat ve Bayar, 2010).

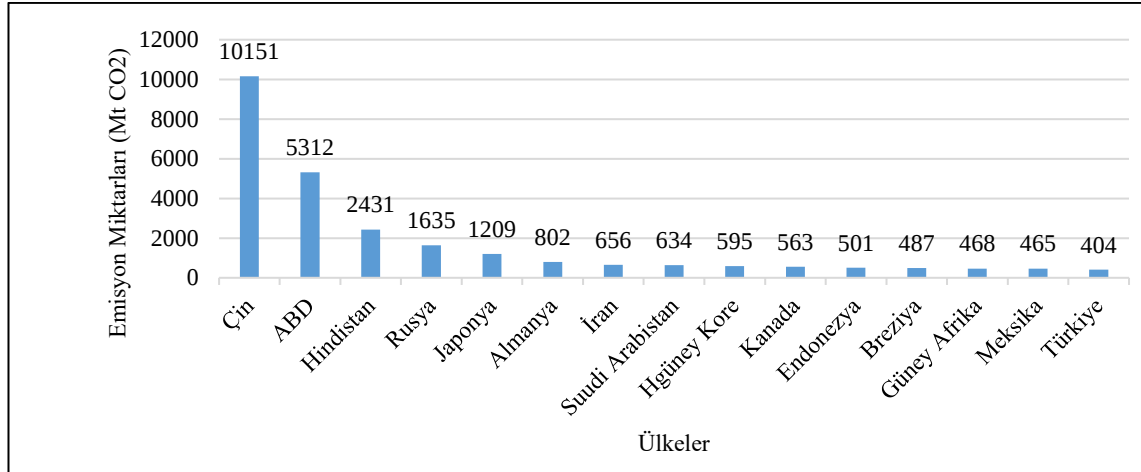
Emisyon miktarı kriteri pek çok çalışmada enerji santrallerinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak kullanılmıştır. Beccali vd. (2003) bölgesel ölçekte yenilenebilir enerji kaynaklarına dair enerji politikalarını belirlerken kaçınılan CO₂ eşdeğeri emisyon değeri hesaplayarak bu kriteri kullanmışlardır. Bazı çalışmalarda emisyon miktarları radyoaktif olmayan emisyonlar başlığı altında partikül madde ve dört gaz emisyonu (NMVOCs, CO₂, NO_x ve SO₂) olarak kabul edilmiştir ve her bir etken emisyon miktarları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Literatürdeki bazı çalışmalarda, emisyon “kg/yıl” birimi ile kaçınılan emisyon miktarı olarak değerlendirilmiştir (Chatzimouratidis ve Pilavachi, 2008; Karaca vd., 2017; Tsoutsos vd., 2009; Kaya ve Kahraman, 2010).

Türkiye'de 2000-2017 yılları arasında CO₂ emisyon miktarları Milyon Metrik Ton CO₂ (MtTon CO₂) birimi ile Şekil 2.1'de ve ülkelerin CO₂ emisyon miktarları Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye'nin emisyon miktarı sürekli olarak harcadığı enerji miktarı ile orantılı olarak artmıştır ve artmaya devam edecektir. Türkiye dünyaya en fazla CO₂ salan ülkeler arasında 15. sırada yer almaktadır.



Kaynak: statista.com, 2018

Şekil 2.1. Türkiye'de 2000-2017 yılları arasında karbon dioksit emisyonları (milyon metrik ton CO₂).



Kaynak: statista.com, 2018

Şekil 2.2. Türkiye'de 2000-2017 yılları arasında karbon dioksit emisyonları (milyon metrik ton CO₂).

Bu kriterin verileri farklı kaynaklardan ve farklı yöntemler kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmaların çoğunda sadece CO₂ emisyon miktarları ile değerlendirme yapılmıştır. Shen, Lin, Lie ve Yuan (2010), bulanık AHP yöntemi ile sözel ifadeleri (çok iyi, iyi, orta, kötü gibi) kullanarak verileri elde etmişlerdir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji santrallerinin sera gazı emisyonu verileri kullanılacaktır. World Nuclear Association (WNA) (2011), çeşitli elektrik üretimi kaynaklarının yaşam döngüsü boyunca yayacakları sera gazı emisyonları jeotermal hariç ton CO₂e/GWh birimi ile ortalama değer olarak belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 2. 12'de verilmiştir. Jeotermal için Sovacool (2008) tarafından hesaplanan değer kullanılmıştır.

Tablo 2.12. Elektrik Üretimi Kaynaklarının Yaşam Döngüsü Boyunca Yayacakları Sera Gazı Emisyonlarını (ton CO₂e/GWh).

Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Ortalama	Düşük	Yüksek
Linyit	1054	790	1372
Kömür	888	756	1310
Petrol	733	547	935
Doğal Gaz	499	362	891
Nükleer	29	2	130
Hidroelektrik üretim tesisi	26	2	237
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi*	26	6	124
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	38		
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	45	10	101
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi(Fotovoltaik)	85	13	731

Kaynak: WNA, 2011, *Sovacool, 2008

2.2.4.2. Alan Gereksinimi (AG)

Fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşüm sırasında fosil yakıtlardan elde edilecek yaklaşık kapasiteyi sağlayabilmek için çok büyük dönüştürücü alanlarına ihtiyaç vardır (Shen vd., 2010). Alan gereksinimi, belirli bir kurulu kapasite için yenilenebilir teknolojisine göre farklılık gösteren tesis kurulumu için gerekli arazi miktarını ifade etmektedir (Garni vd., 2016). Her bir elektrik üretim tesisinin ihtiyaç duyduğu arazi, enerji sistemlerinin çevre düzenini doğrudan etkilemesi ve şehre yakınlığına göre proje maliyetini de değiştirmesi nedeni ile, yenilenebilir enerji kaynak değerlendirmeleri için büyük bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle, alan gereksinimi diğer adı ile arazi kullanımı enerji uzmanları tarafından dikkate alınması gereken bir kriterdir (Amer ve Daim, 2011; Kaya ve Kahraman, 2010). Özellikle toplumsal çevre baskısı olduğu ortamlarda müdahale sahası için en kritik faktörlerden birini temsil eder, yüksek bir alan talebi ekonomik kaybı ifade edebilir. Özellikle yerel ölçek değerlendirmelerinde dezavantajlar veya olası faydalar bu kriterle daha iyi açıklanabilir (Beccali vd., 2003).

Alan gereksinim miktarı literatürdeki çalışmaların çoğunda en fazla biyokütle tesislerinde çıkmıştır. Bu çalışmaya dahil olmayan offshore rüzgâr santrallerinin bir alana ihtiyaç duymamasına rağmen özellikle denizde yapılan nakliye, gemicilik, balıkçılık gibi diğer faaliyetleri etkileyeceğinden onshore rüzgâr enerji santralleri ile aynı miktarda alan gereksinimi olduğu kabul edilmektedir (Troldborg vd., 2014). Bu kriter verileri literatürde farklı şekillerde elde edilmiştir. Beccali vd. (2003), farklı kaynak alternatiflerini alan gereksinimlerine göre 1 ile 4 arasında puanlarla değerlendirmişlerdir. Gagnon, Blelanger ve Uchiyama (2002), dünyanın her yerindeki farklı enerji sistemlerini araştırarak biyokütle için $533 \text{ km}^2/\text{TWh}$, rüzgâr için $72 \text{ m}^2/\text{TWh}$, güneş (Fotovoltaik) için $45 \text{ km}^2/\text{TWh}$ ve nehir tipi hidroelektrik santralleri için $1 \text{ km}^2/\text{TWh}$ alana ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008), uluslararası verilere dayanarak biyokütle için $5000 \text{ km}^2/\text{GW}$, rüzgâr için $100 \text{ m}^2/\text{GW}$, güneş (Fotovoltaik) için $35 \text{ km}^2/\text{GW}$, depolamalı hidroelektrik santralleri için $750 \text{ km}^2/\text{GW}$ ve jeotermal için $18 \text{ m}^2/\text{GW}$ alana ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Şengül Ü vd. (2015), çalışmalarında bu verileri kullanmışlardır. Troldborg vd. (2014), göz önünde bulundurulmuş yenilenebilir

teknolojilerinin her biri için en iyi tahmin kriterler değerini m^2/kW birimi ile belirlemiştir. Garni, Kassem, Awasthi, Komljenovic ve Al-Haddad (2016), Sudi Arabistan için yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi çalışmasında bu değerleri kullanmışlardır. Bununla birlikte her bir alternatif için maksimum ve minimum değerler de verilmiştir.

Bu çalışmada kriter verisi olarak Klein ve Whalley (2015) tarafından belirlenen ve doğrudan ve dolaylı tüm alan gereksiniminin yaşam döngüsü boyunca toplamını açıklayan alan gereksinim miktarları kullanılmıştır. Tablo 2.13'te bu veriler m^2/MWh birimi ile verilmiştir.

Tablo 2.13. Elektrik Üretimi Kaynaklarının Alan Gereksinim Miktarları (m^2/MWh)

Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Alan Gereksinimi
Hidroelektrik üretim tesisi	25,01
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	1,1
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	5,42
Biyokütleye dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	16,34
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi(Fotovoltaik)	0,81

Kaynak: Klein ve Whalley, 2015

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEMLER

Tez çalışmasının bu bölümünde genel olarak Çok Faktörlü Karar Verme (ÇFKV) yöntemleri, Bulanık Küme Teorisi kavramı, COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleri ve bunların Bulanık versiyonları ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan Bulanık Entropi yöntemi ele alınacaktır.

3.1. ÇOK FAKTÖRLÜ KARAR VERME

Karar verme, farklı hedeflere ulaşmak ve imkânlar dâhilinde beklentileri en iyi şekilde karşılayacak faaliyetlerin seçimidir (Kul, 2012). Tedarikçi seçimi, üreticinin güvenlik performansının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, malzeme seçimi gibi çoklu kriterli karar problemlerinin çözümü için, aynı anda birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Liu ve Ren, 2014). Çok Faktörlü Karar Verme (ÇFKV) teknikleri, operasyon araştırma modellerinin bir dalıdır ve iyi bilinen bir karar verme aracıdır (Taha ve Daim, 2013). Çok Faktörlü Karar Verme yöntemleri Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yöntemleri olarak sınıflandırılır. ÇNKV yöntemlerinde amaç tektir ve birden fazla alternatif birden fazla faktör ile değerlendirilip karar verilirken, ÇAKV yöntemlerinde karar problemi birden daha fazla amacı içerir. ÇAKV yöntemlerinde, karar alternatifleri bilinir fakat karar vermeyi sağlayacak faktörler matematiksel olarak ifade edilemez (Yıldırım, 2016).

Çok faktörlü karar verme teknikleri modern karar verme biliminin önemli bir parçasıdır. Mühendislik, yönetim, ekonomi, toplum, ordu gibi pek çok araştırma alanında ÇFKV teknikleri geliştirilmiş ve problem çözümleri için uygulanmıştır (Hung ve Chen, 2009; Xu, 2008). ÇFKV yöntemlerinden PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve benzeri yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir (Ömürbek ve Aksoy, 2016).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını da içeren enerji planlama senaryoları son yirmi yılda tamamen değişmiştir. Bunun nedenleri, arz seçeneklerin fazla olması, potansiyel olarak çelişen hedeflere sahip olmaları, kendisine olan ihtiyacı minimize etmek gibi kaygılar ve buna ek olarak farklı kurumlar, idari makamlar, potansiyel yatırımcılar ve çevreciler gibi pek çok aktörün de bu planlamaya dahil olması olarak açıklanabilir. Bu karmaşık ortam problemin çok kriterli karakterini gösterir ve geleneksel tek kriterli karar verme yaklaşımı artık bu sorunları çözemez (Mateo, 2012). Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili ÇFKV teknikleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde dört uygulama alanı bulunmuştur. Bunlar, yenilenebilir enerji planlaması ve politikaları, yenilenebilir enerji değerlendirme, teknoloji ve proje seçimi ve çevreseldir. Yenilenebilir enerji kaynak değerlendirmesi, farklı alternatif enerji kaynaklarının veya enerji teknolojilerinin değerlendirilmesini ifade eder (Taha ve Daim, 2013). Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çok faktörlü karar verme tekniklerindeki en önemli aşamalardan bir tanesi kriter ağırlıklarının belirlenmesidir. Kriter ağırlıklarını hesaplamak için genellikle iki farklı bakış açısından yararlanılır. Bunlar sübjektif ve objektif ağırlıklandırma yöntemleridir. Sübjektif ağırlıklandırma yöntemlerinden Saaty tarafından 1980 yılında önerilen AHP, Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi (Chu, Kalaba ve Spingam, 1979) veya Delphi yöntemlerinde karar vericilerin tercihleri dikkate alınmaktadır (Hwang ve Lin, 1987). Bunların dışında kullanılan sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri Simple multi-attribute rating technique (SMART), SMARTER, Swing, Trade-off, SIMOS, Pair-wise comparison, Öz vektör yöntemi, Tutarlı Matris Analizi ve PATTERN' dir (Wang vd., 2009).

Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde karar vericilerin fikirlerine bakılmadan matematiksel model çözülerek amaca ulaşılır. Bu yöntemlerden bazıları Entropi, Çoklu objektif programlama, Temel Elemen Analizi gibi yöntemlerdir (Choo ve Wedley, 1985). Bunların dışında En küçük ortalama kare (LMS) yöntemi, Minmax sapma yöntemi, TOPSIS yöntemi, Dikey ve yatay yöntem, Varyasyon katsayısı, Çok amaçlı optimizasyon yöntemi, Çoklu korelasyon katsayısı, Temel bileşenler Analizi yöntemleri de kullanılır (Wang vd., 2009).

Bu uygulamada yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel değerlendirilmesi problemi, kendi içinde pek çok farklı değerlendirme kriterini barındırması ve bu kriterlerin önem derecelerinin birbirinden farklı olması nedeni ile çok faktörlü karar verme problemi olarak tanımlanmıştır. Değerlendirme kriter ağırlıklarının hesaplanması için objektif değerlendirme yapılmak istendiğinden bulanık Entropi yöntemi kullanılacaktır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde ÇFKV tekniklerinden birçok problemin çözümünde yararlanıldığı görülmüştür. Kul (2012), alışılmamış imalat yöntemlerinin seçimi probleminde Bulanık AHP yöntemi temelli Bulanık TOPSİS yöntemini kullanmış, daha sonra bu çözümü yöntemlerin klasik formu çözümü ile karşılaştırmıştır. Ömürbek ve Aksoy (2016), bir petrol firmasının 2002-2014 yılları arasındaki performansını AHP ve Entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarını hesaplayarak ve sonrasında TOPSİS ve ELECTRE II yöntemleri ile performans değerlendirmesini yapmıştır. Özdemir (2017), ÇKKV tekniklerinden Bulanık VİKOR ve Bulanık TOPSİS yöntemlerini kullanarak bir sosyal yenilik ölçeği geliştirilmiş ve sosyal yenilik potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi sunmuştur.

Çok faktörlü karar verme problemleri tercih edilecek farklı alternatifleri ifade eden " A_i " ($i=1,2,...,m$) ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak kriterleri " C_j " ($j=1,2,...,n$) kapsamaktadır. Alternatif ve kriterler aşağıdaki matris (Eş 3.1) ile açık bir şekilde ifade edilmiştir. Bu matriste satırlar farklı alternatifleri göstermektedir ve $A = \{A_1, A_2, ..., A_m\}$ şeklinde ifade edilmektedir. Sütunlar değerlendirme kriterlerini göstermektedir ve $C = \{C_1, C_2, ..., C_n\}$ şeklinde gösterilmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

3.2. BULANIK KÜME TORİSİ

Klasik yani keskin (crisp) olan kümeler sonlu, sayılabilir veya aşırı değişken olabilen $x \in X$ öğelerinin veya nesnelerin bir koleksiyonu olarak tanımlanır (Zimmermann, 2001). Algıyı veya yargıyı ifade etmek için kullanılan dil çoğu zaman öznel, belirsizdir veya net değildir (Wang ve Chang, 2007). İnsan kararındaki belirsizliği, net olmamayı ve öznelliğini ortadan kaldırmak için karar verme sürecindeki bu dilsel terimlerini ifade etmek için Zadeh tarafından 1965 yılında bulanık kümeler kuramı ortaya atılmıştır. Bulanık küme teorisi ya da kuramı kesin olmayan verilerin, belirsiz ve belirsizliğin dahil olduğu karar problemlerine dahil edilmesi için kullanılmaktadır (Çakır, 2016).

Bulanık kümeler teorisi bir istatistiksel varyasyondan ziyade bir çeşit içsel belirsizlikten kaynaklanan belirsizliğin sebep olduğu problemlerin çözümü amacı ile düzenlenmiştir (Hung ve Chen, 2009). Bulanık küme matematiksel olarak, söylem evrenindeki herhangi bir varlığa, bulanık küme içindeki üyelik derecesini gösteren bir değer atanması şeklinde tanımlanabilir (Karadoğan, Başçetin, Kahrıman ve Görgün, 2001).

Dilsel etkilerin üyelik fonksiyonlarındaki seçimi serbesttir ve Tip-1 üyelik fonksiyonu iki boyutludur. Ortam çok bulanıksa yani üyelik derecesini 0 ve 1 olarak ifade edilemiyorsa Tip-2 bulanık kümeler kullanılır (Özek ve Akpolat, 2010). Çok faktörlü karar verme teknikleri için bulanık ortamda Tip-1 bulanık kümeler yeterli kalmamış, bunun için aralık ve sezgisel bulanık kümeleri barındıran Tip-2 bulanık kümeler kullanılmaya başlanmıştır (Zavadskas, Antucheviciene, Hajiagha ve Hashemi, 2015).

Bulanık bir kümenin ilk elemanı üyeyi ikinci elemanı üyelik derecesini ifade eden sıralı bir çift kümesi ile gösterilir (Zimmermann, 2001). Bulanık set aşağıdaki şekilde ifade edilir,

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + \mu_{\tilde{A}}(x_2)/x_2 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i \quad (3.2)$$

Herhangi bir bulanık küme “ $\tilde{A}$ ” iken, üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$ x in $\tilde{A}$ kümesine aitlik derecesini gösterir (Paksoy, Pehlivan ve Özceylan, 2013). Her bir x elemanına

sahip gerçek X evrensel kümesinde üyelik değeri $[0,1]$ aralığında bir değer alır (Chaghooshi, Fathi ve Kasif, 2012). $\mu_{\tilde{A}}(x)$ in 1'e yakın değer alması x in $\tilde{A}$ ya üyeliğinin artması anlamına gelir (Zadeh, 1965).

Genel olarak bulanıklık için pratik uygulamalarda üçgen ve bulanık sayılar kullanılmaktadır. Üçgen belirsiz sayılar çoğu karar problemi hakkında belirsiz bilgileri ölçmek için uygundur (Chaghooshi, Fathi, Kasif, 2012) ve bu sayıların sezgiselliği ve rakamların etkin temsil edilmesi başlıca kullanım nedenleridir (Karsak, 2002).

Çalışmada kullanılacağımız nicel kriterlerin performansları üçgen bulanık sayı olarak ifade edilmiştir. Üçgen bulanık sayılar (a,b,c) şeklinde ifade edilirken bir bulanık küme $\tilde{A} = \{a, b, c\}$ şekline gösterilir. Burada a en küçük değer, b orta değer ve c en yüksek değeri ifade etmektedir. Eğer $a=b=c$ olsa se bu sayı bulanık değil kesin bir sayı (*crisp number*) olurdu (Ramik ve Perzina, 2014). Buna uygun olarak çalışmada ele alınan nicel kriterler (alt limit, ortalama, üst limit) şeklinde ifade edilmiştir.

Zadeh (1965) üçgen bulanık bir sayıyı matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade etmiştir.

$$\mu_{\tilde{A}}(X) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & \text{Diğer haller} \end{cases} \quad (3.3)$$

Burada a ve c bulanık kümenin alt ve üst sınır değerlerini, b ise tam üyelikli (yani $\mu_{\tilde{A}}(x)=1$) tek sayını gösterir.

Bir bulanık kümeye ait olan net bir küme en azından α derecesinde α seviye bir kümedir (Zimmermann, 2001). Bulanık sayılarda α kesimleri cebirsel işlemleri yapmak için gereklidir. Herhangi bir bulanık küme α seviye kesim gösteriminden yararlanılarak birçok keskin kümeye ayrışabilir (Sabis). Bulanık sayılarda $\alpha=1$ olursa sayı gerçek sayı, $\alpha=0$ ise sayı tam bulanık olur, yani aralık sayıya dönüşür. Her seviye bir α kesim bir ilişkiyi temsil eder, öyle ki, belirli α düzeylerindeki eleman kümeleri, bir düzeydeki benzerlik sınıfları olarak düşünülebilir. $0<\alpha<1$ ise aynı bulanık sayı α seviyesinde kesilerek kesik bulanık küme olur. α kesmesi aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$\tilde{A}_\alpha = \{x \in X / \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (3.4)$$

Üçgen Bulanık sayılarla yapılan basit matematiksel işlemlerin Eşitlikleri aşağıdaki gibidir (Çitli ve Ahlatçioğlu, 2006),

$$A_1 \oplus A_2 = a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2 \quad (3.5)$$

$$A_1 \ominus A_2 = a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2 \quad (3.6)$$

$$k \otimes A_1 = \begin{pmatrix} ka_1, kb_1, kc_1 & k > 0 \\ kc_1, kb_1, ka_1 & k < 0 \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

$$A_1 \otimes A_2 = a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2 \text{ Eğer } a_1 \text{ ve } a_2 \geq 0 \text{ ise} \quad (3.8)$$

$$A_1 \odot A_2 = \left(\frac{a_1}{c_2}, \frac{b_1}{b_2}, \frac{c_1}{a_2} \right) \text{ Eğer } a_1 \text{ ve } a_2 \geq 0 \text{ ise} \quad (3.9)$$

$A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $a_1 \leq b_1 \leq c_1$ iken, $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ ve $a_2 \leq b_2 \leq c_2$ iken

3.3. BULANIK ENTROPİ

Entropi çok faktörlü karar verme teknikleri ile problem çözümlerinde kriter ağırlıklarının objektif hesaplanması için kullanılan bir yöntemdir (Yavuz, 2016). Kriter ağırlıkları alternatiflerin sıralanmasını doğrudan etkiler (Wang, Jing ve Zhang, 2009). Entropi yönteminde, niteliklerin önem düzeylerine ait bilginin karar matrisinin içinde olduğu kabul edilir. Temel fikir, bu bilginin eldeki veriler arasındaki karşılıklardan geldiğidir (Gerşil ve Palamutçuoğlu, 2016). Kriter ağırlıkları belirleme yöntemi olarak Entropi yöntemi karar vericilerin sübjektif düşüncelerine dayanan index ağırlıklarının hesaplandığı AHP ve Delphi yöntemlerinden farklı olarak verileri kullanan objektif bir yöntemdir (Çakır ve Perçin, 2013). Entropi özellikle veri kümeleri arasındaki zıtlığın incelenmesinde etkilidir. Şöyle ki, bir kriter için alternatif değerleri arasında çok büyük fark yoksa o kriter kullanışlı değildir ve hatta aynı değere sahip ise o kriter değerlendirmeden çıkarılır (Öztel, 2016). Entropi yöntemi veri niteliğinin ortalama olarak esasını belirlemede etkili bir yöntemdir (Jiang-Jiang, Chun-Fa, You-Yin, ve Guo-Zhong, 2008). Entropi kriterlerinin kaç tanesinin sistem bilgisini yansıttığını ve kriterdeki belirsizliğin ne kadar olduğunu yansıtır (Wang vd., 2009).

Entropi kelimesi ilk olarak Alman Fizikçi Rudolf Clausius tarafından kullanılmış ve kapalı bir sistemdeki enerji miktarının ölçüsü olarak sisteme giren ısı miktarı

dolayısı ile de sistem sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Daha sonra 1948 yılında Shannon tarafından önerilen ve Shannon Entropisi olarak ifade edilen terim günümüzde istatistik, matematik, ulaştırma problemleri, doğrusal ve doğrusal olmayan programlama gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Baray, 2014). Entropi kavramı için belirsizliğin olasılıksal ölçüsüdür de denilebilir (Orakçı ve Özdemir, 2017).

Shannon (1948), bir bilgi kaynağının matematiksel olarak ifade edilebileceğini ve belirli bir kaynaktan saniyede bit olarak ne kadar bilgi üretilebileceğini araştırmıştır. Shannon entropisi; bir olayın gerçekleşme olasılığı sadece o olayın belirsizliğin göstergesiye, entropi fiziksel sistemin tüm elemanlarının belirsizlikleri olarak tanımlar (Şamilov, 2015). Buna göre n duruma sahip x sisteminin entropisi $H(x)$ iken (p) rassal değişkenin beklentisi aşağıdaki Eşitlikle hesaplanır. Burada $p_1, p_2, \dots$ değerleri olasılık kütle fonksiyonundan hesaplanan rasgele değişken olasılıklarıdır (Hung ve Chen, 2009).

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (3.10)$$

De Luca ve Termini (1972), Zadeh tarafından 1965 yılında tanımlanan bulanık kümeler teorisini kullanarak Shannon'ın sonlu evrensel bir set üzerindeki fonksiyonuna dayalı olarak bulanık bir kümenin olasılıksal olmayan entropi eşitliğini tanımladılar. Bu sayede kümenin "bulanıklık derecesinin ölçüsü" veya "entropisinin" belirlenmesi amaçlanmıştır.

Değerlendirme kriterlerinin önem dereceleri ya da başka bir ifade ile kriter ağırlıkları “W” ile ifade edilmektedir ve bu $W_j = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ şeklinde gösterilir.

$W_1, \geq 0$ ve $\sum_{j=1}^n W_j = 1$ dir.

Bulanık Entropi ise bulanık bir kümenin bulanıklık derecesini matematiksel bir değer ile ifade etmek için kullanılır (Yeniyayla, 2011). Pek çok gerçek hayat problemi kesin olmayan verileri içerir. Bu veriler bazen kesin olarak ölçülemez, bazen aralıklıdır, bazen de bulanık verilerdir (Hosseinzadeh ve Fallahnejad, 2010). Sezgisel bulanık ortam altında da çoklu faktörlü karar verme teknikleri kullanılırken kriter ağırlıkları için entropi yönteminden de yararlanılmıştır.

Çakır (2016), BİST’ de kayıtlı olan 16 çimento firmalarının performansını yirmi adet kriterle değerlendirmiş, bu değerlendirmede kriter ağırlıklarını bulanık Entropi

yöntemi kullanarak hesaplamıştır. Cavallaro vd. (2016), ısı ve güç sistemlerinin değerlendirmesinde kriter ağırlıklarını bulanık Entropi yöntemi ile hesaplamışlardır. Chaghooshi vd. (2012), robotik sistemlerin seçiminde kullandıkları değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını bulanık Entropi yöntemi ile belirlemişlerdir. Hung ve Chen (2009), bir yatırım şirketinin en iyi yatırım seçeneği seçim problemini ele almışlardır. Beş alternatif ve üç değerlendirme kriterine göre sonuçlar bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Wang vd. (2009), sürdürülebilir enerji kaynaklarının değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını belirlemede bulanık Entropi yöntemini de bir alternatif olarak önermişlerdir. Şengül Ü., Eren, Shiraz, Gezder ve Şengül A.B. (2015), Türkiye için yenilenebilir enerji kaynak alternatiflerini değerlendirirken kriter ağırlıklarını hesaplamada bulanık Entropi yöntemini kullanmışlardır.

Lotfi ve Fallahnejad (2010), α kesim kümeleri gibi aralık verileri kapsayan daha gelişmiş bir Shannon'un entropi uygulamasını genişleten yeni bir uygulama önermişlerdir (Aytekin ve Karamaşa, 2017). Aralıklı veri kullanıldığında her bir kritere göre her bir alternatifin değerinin bir aralık içinde değişebileceği ve farklı davranışlara sahip olabileceği gerçeği göz önünde bulundurulur (Lotfi ve Fallahnejad, 2010). Shannon'ın bulanık Entropisinin α -seviyesi kümelere dayanan çözümü aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Cavallaro, Zavadskas ve Raslanas, 2016; Hosseinzadeh ve Fallahnejad, 2010; Chaghooshi, Fathi ve Kasif, 2012).

Adım 1. Bulanık verilerin α kesim kümeleri kullanarak aralık verilerine dönüştürülmesi

Eş 3.11'de gösterilen $\tilde{x}_{ij}$ bulanık verileri içeren karar matrisi α kesim kümelere göre aralık verilerine dönüştürülür.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

Bulanık değişkenler α kesimde aşağıdaki aralık formunda ifade edilebilir. Bulanık veri (a,b,c) iken aralık sayılar Eş 3.12' ye göre hesaplanır (Gündüz, 2015).

$$(\tilde{x}_{ij})_{\alpha}^L = a + \alpha * (b - a), (\tilde{x}_{ij})_{\alpha}^R = c + \alpha * (b - c) \quad (3.11)$$

$$[(\tilde{x}_{ij})_{\alpha}^L, (\tilde{x}_{ij})_{\alpha}^R] = [\min_{x_{ij}} \{x_{ij} \in R \mid \mu_{x_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, \max_{x_{ij}} \{x_{ij} \in R \mid \mu_{x_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}] \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Bulanık veri farklı güven düzeylerini ayarlayarak farklı α -düzey kümelerine dönüştürülür,

$$B = \begin{bmatrix} [x_{11}^L, x_{11}^R] & [x_{12}^L, x_{12}^R] & \dots & \dots & [x_{1n}^L, x_{1n}^R] \\ [x_{21}^L, x_{21}^R] & [x_{22}^L, x_{22}^R] & \dots & \dots & [x_{2n}^L, x_{2n}^R] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ [x_{m1}^L, x_{m1}^R] & [x_{m2}^L, x_{m2}^R] & \dots & \dots & [x_{mn}^L, x_{mn}^R] \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Adım 2. Normalize edilmiş değerlerin elde edilmesi

Normalize edilmiş değerler p_{ij}^L ve p_{ij}^R aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$p_{ij}^L = \frac{x_{ij}^L}{\sum_{j=1}^m x_{ij}^R} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.13)$$

$$p_{ij}^R = \frac{x_{ij}^R}{\sum_{j=1}^m x_{ij}^R} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.14)$$

Adım 3. Alt ve üst sınır aralığı entropisinin hesaplanması

Aralıklı entropinin alt sınırı e_i^L ve üst sınırı e_i^R aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$e_i^L = \min \left\{ -e_0 \sum_{j=1}^m p_{ij}^L \ln p_{ij}^L, -e_0 \sum_{j=1}^m p_{ij}^R \ln p_{ij}^R \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

$$e_i^R = \max \left\{ -e_0 \sum_{j=1}^m p_{ij}^L \ln p_{ij}^L, -e_0 \sum_{j=1}^m p_{ij}^R \ln p_{ij}^R \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.16)$$

Bu eşitlikte, $e_0 = (\ln m)^{-1}$ ve $p_{ij}^L \ln p_{ij}^L$ ve $p_{ij}^R \ln p_{ij}^R$ çarpım değerleri 0 dır (Eğer, $p_{ij}^L = 0$ ve $p_{ij}^R = 0$ ise).

Adım 4. Alt ve üst sınır aralık değişiklik değerlerinin hesaplanması

Alt sınır aralık değışikliğı d_i^L ve üst sınır aralık değışikliğı d_i^R aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_i^L = 1 - e_i^R \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.17)$$

$$d_i^R = 1 - e_i^L \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.18)$$

Adım 5. Kriter ağırlıklarının alt ve üst değerlerinin hesaplanması

Kriter ağırlıklarının alt ve üst değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$w_i^L = \frac{d_i^L}{\sum_{s=1}^n d_s^L} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.19)$$

$$w_i^R = \frac{d_i^R}{\sum_{s=1}^n d_s^R} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.20)$$

Adım 6. Ortalama kriter ağırlığının hesaplanması

Alt ve üst değerlerin aritmetik ortalaması alınır.

3.4. COPRAS YÖNTEMİ

Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi araştırmacıları Zavadskas ve Kaklauskas tarafından 1996 yılında karmaşık oransal değerlendirme kısaca COPRAS olarak ifade edilen bir yöntem keşfedilmiştir. Bu yöntem kriterlerin hem maksimum hem de minimum hedeflerinin ikisi içinde hesaplama sağlar (Aksoy, Ömürbek ve Karaatlı, 2015).

COPRAS yöntemi herhangi bir projenin verimliliğini değerlendirmede kullanılacak seçim kriterleri ve bu kriterleri değerlendirmek için kullanılmaktadır (Ömürbek ve Balcı, 2017). COPRAS alternatiflerin yarar derecelerini gösterir. COPRAS yönteminin işlem süresi diğer yöntemlere göre daha kısadır. Bu yöntem, ölçülerinin oldukça küçük olması beklenen problemler için uygulanabilir, ayrıca alternatiflerin sahip oldukları skorları yüzdesel olarak ifade eder (Paksoy, 2017).

COPRAS yönteminin çözüm aşamaları aşağıdaki gibi ifade edilir (Zavadskas, Kaklauskas, Turskis ve Tamosaitiene, 2008; Podvezko, 2011; Özdağoğlu, 2013).

Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinde aşağıdaki matris halinde gösterilir. Satırlar alternatifleri, sütunlar kriterleri ifade eder.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

Adım 2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturması

Aşağıdaki Eşitlike göre normalize edilmiş değerlerle karar matrisi normalize edilmiş karar matrisi “D” ye dönüştürülür,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.22)$$

Adım 3. Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisi D, aşağıdaki eşitlik ağırlıklandırılmış normalize matrise ” D ”ye dönüştürülür,

$$d'_{ij} = w_j x_{ij} \quad (3.23)$$

(w_j j. kriterin önem düzeyi)

Adım 4. Fayda ve Maliyet Kriter Değerlerinin Toplamının Hesaplanması

$$s_{+i} = \sum_{j=1}^k d'_{ij} \quad (3.24)$$

$$s_{-i} = \sum_{j=k+1}^n d'_{ij} \quad (3.25)$$

(k: fayda kriter sayısı, n-k: maliyet kriter sayısı)

Adım 5. Alternatiflerin Görelî Önem Değerlerinin Hesaplanması

Görelî önem derecelerini ifade eden “ Q_i ” değerleri hesaplanır

$$Q_i = s_{+i} + \frac{\sum_{i=1}^m s_{-i}}{s_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{1}{s_{-i}}} \quad (3.26)$$

(k: fayda kriter sayısı, n-k: maliyet kriter sayısı)

Adım 6. Alternatiflerin Performans Skorlarının Hesaplanması

Performans skorlarının derecelerini ifade eden “ P_i ” değerleri hesaplanır

$$Q_{max} = \max \{Q_i\} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.27)$$

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} 100\% \quad (3.28)$$

COPRAS performans skoru $P_i=100$ olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatif sıralaması büyükten küçüğe doğru yapılmalıdır.

Ömürbek ve Balcı (2017), Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye havayolu taşımacılığını değerlendirirken COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Aksoy vd. (2015), bu yöntemi kullanarak Türkiye Kömür İşletmeleri'ni değerlendirmişlerdir. Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu (2017), yenilenebilir enerji kaynak alternatiflerine ilave yatırımların nasıl dağıtılacağını COPRAS yöntemi ile belirlemişlerdir. Yazdani-Chamzini, Fouladgar, Zavadskas ve Moini (2013), yenilenebilir enerji kaynak alternatiflerini COPRAS yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir.

3.5. BULANIK COPRAS YÖNTEMİ

Üçgen bulanık sayıların kullanıldığı bulanık COPRAS yönteminin çözüm aşamaları karar matrisindeki üçgen sayıların kesin sayıya dönüştürme işlemleri hariç COPRAS yöntemi ile aynıdır. Bulanık COPRAS yöntemi çözüm aşamaları Fouladgar, Yazdani-Chamzini, Lashgari, Zavadskas ve Turskis (2012) tarafından aşağıdaki adımlar ile açıklanmıştır:

Adım 1. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

m adet alternatifin ve n adet kriterin yer aldığı bir karar probleminde $\tilde{x}_{ij}$ i . alternatifin, j . kritere göre değerlendirilmesi sonucunda hesaplanan bulanık performans değeridir. $\tilde{x}_{ij}$ üçgen bulanık sayısı aşağıdaki gibi gösterilir. Bulanık performans değerlerinden oluşan karar matrisi Eş 3.30 da ki gibi gösterilir.

$$\tilde{x}_{ij} = [x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u] \quad (3.29)$$

$$\tilde{X} = \tilde{x}_{ij} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.30)$$

Adım 2. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması

Elde edilen bulanık karar matrisi üçgen bulanık sayıları içermektedir. Bu sayıları kesin (crisp) sayılara dönüştürmek gerekmektedir. Bu işlem için yaygın olarak dört yöntem kullanılır: (i) Merkezlenmiş yöntem (veya alan merkezi - COA); (ii) Meanof-maximum (MOM); (iii) α -kesim yöntemi; ve (iv) işaretli mesafe metodu kullanılır (Balezentis A., Balezentis, T. ve Brauers 2012). Bu çalışmada, En İyi Bulanık Olmayan

Performansı (BNP) değerini elde etmek için COA yöntemi uygulanacaktır. Bunun için sıklıkla kullanılan yöntem, basit ve işlemleri kolay olan Best Nonfuzzy Performance (BNP) yöntemidir. BNP yönteminde dönüştürme işlemi Eş 3.31'a göre yapılır.

$$x_{ij} = \frac{[(x_{ij}^u - x_{ij}^l) + (x_{ij}^m - x_{ij}^l)]}{3} + x_{ij}^l \quad (3.31)$$

Kesin sayılara dönüştürülen x_{ij} performans değerleri ile oluşturulan X karar matrisi Eş 3.32'de verilmiştir.

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.32)$$

Adım 3. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Aşağıdaki eşitliğe göre normalize edilmiş değerlerle normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.33)$$

$$\bar{X} = [\bar{x}_{ij}] = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.34)$$

Adım 4. Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisi $\bar{X}$, aşağıdaki eşitlik ağırlıklandırılmış normalize matrise $\hat{X}$ ne dönüştürülür,

$$\hat{x}_{ij} = w_{j*} \bar{x}_{ij} \quad (3.35)$$

(w_{j*} j. kriterin önem düzeyi)

$$\hat{X} = [\hat{x}_{ij}] = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \dots & \dots & \hat{x}_{1n} \\ \hat{x}_{21} & \hat{x}_{22} & \dots & \dots & \hat{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \dots & \dots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.36)$$

Adım 5. Fayda ve Maliyet Kriter Değerlerinin Toplamının Hesaplanması

$$s_{+i} = \sum_{j=1}^k \hat{x}_{-ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.37)$$

$$s_{-i} = \sum_{j=k+1}^n \hat{x}_{+ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = k + 1, k + 2, \dots, n \quad (3.38)$$

(k: fayda kriter sayısı, n-k: maliyet kriter sayısı)

Adım 6. Alternatiflerin Görelî Önem Değerlerinin Hesaplanması

Görelî önem derecelerini ifade eden “ Q_i ” değerleri hesaplanır

$$Q_i = S_{+i} + \frac{\sum_{i=1}^m s_{-i}}{s_{-i} * \sum_{i=1}^m \frac{1}{s_{-i}}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.39)$$

Adım 7. Alternatiflerin Performans Skorlarının Hesaplanması

Performans skorlarının derecelerini ifade eden “ P_i ” değerleri hesaplanır

$$Q_{max} = \max \{Q_i\} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.40)$$

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} 100\% \quad (3.41)$$

COPRAS performans skoru $P_i=100$ olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatif sıralaması büyükten küçüğe doğru yapılmalıdır.

3.6. MULTİMOORA YÖNTEMİ

Temelinde oran analizi yatan yöntem, 2006 yılında Brauers ve Zavadskas tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin normalizasyon işlemi TOPSİS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile aynıdır yani her bir eleman, ait olduğu sütunun kareler toplamının kareköküne bölünerek normalize edilir, diğer yöntemlerden farklı olarak ise çözümler yalnızca referans noktası alınarak gerçekleştirilir yani ideal olmayan çözümle ilgilenmez (Özdemir, 2017). Bu yöntemin kendi içinde dört farklı türü vardır. Bunlar MOORA Oran Yöntemi, MOORA Referans Noktası Yaklaşımı, MOORA Önem Katsayısı Yaklaşımı, MOORA Tam Çarpım Yaklaşımıdır (Paksoy, 2017).

MULTİMOORA yönteminin farklı yaklaşımları ve çözüm adımları Brauers ve Zavadskas (2006, 2010, 2012, 2013) tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

3.6.1. Moora Oran Yöntemi

Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulmak

Karar matrisinde aşağıdaki matris halinde gösterilir. Satırlar alternatifleri, sütunlar kriterleri ifade eder

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.42)$$

Adım 2. Normalize Edilmiş Karar Matrisini Oluşturmak

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak karar matrisi normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.43)$$

x_{ij}^* i. Alternatifin j. amaca göre normalleştirilmiş performans değeridir. [0,1] veya bazen [-1,1] aralığında değer alabilir. Ağırlıklı normalleştirilmiş “V” matrisinin elemanları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır. w_j j. kriterin ağırlığını temsil eder.

$$v_{ij} = w_j * x_{ij} \quad (3.44)$$

Adım 3. Alternatiflerin sıralanması

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g v_{ij} - \sum_{j=g+1}^n v_{ij} \quad (3.45)$$

Bu eşitlikte g, maksimum edilecek amaçların sayısı, (n-g), minimize edilecek amaçların sayısı ve y_i^* ise i. Alternatifin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değerini göstermektedir. y_i^* performans değeridir ve büyükten küçüğe sıralanır, birinci sıradaki alternatif en uygun seçenek olarak kabul edilir (Özbek, 2015).

3.6.2. Moora Referans Noktası Yaklaşımı

Bu yöntemle de diğer yöntemle elde edilen normalleştirilmiş veriler kullanılır. Alternatifler için hedef maksimum ise en yüksek, minimum ise en düşük değer referans noktası (r_i) olarak alınır. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak referans noktasına

uzaklık (d_{ij}) belirlenir. Daha sonra alternatiflerin performan değeri (P_i) bulunur (Paksoy, 2017). Bu uzaklıklardan en küçüğü en iyi seçenek olarak kabul edilir.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (3.46)$$

$$P_i = \min_i(\max_j d_{ij}) \quad (3.47)$$

3.6.3. Moora Önem Katsayısı Yaklaşımı

Yine bu yöntemde de diğer yöntemle elde edilen normalleştirilmiş veriler kullanılır. Amaç öncelikleri farklı olan durumlarda amaç öncelikleri (w_i) d_{ij} değerine eklenerek ve alternatiflerin farklı performans değerleri dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik ile alternatiflerin performans skorları (y_i^*) hesaplanır (Brauers ve Zavadskas, 2006; Özbek, 2015). Daha sonra y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birinci sıradaki en uygun alternatif olarak kabul edilir (Paksoy, 2017).

$$d_{ij} = w_i |r_i - x_{ij}^*| \quad (3.48)$$

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (3.49)$$

3.6.4. Moora Tam Çarpım Yaklaşımı

Bu yaklaşım Brauers ve Zavadskas tarafından 2010 yılında geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, alternatifler için ayrı ayrı maksimizasyon amaçlı veriler çarpılıp, minimizasyon amaçlı verilerin çarpımına bölünür (Paksoy, 2017). Bu işlem aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$u_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (3.50)$$

Bu eşitlikte

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (3.51)$$

(i : alternatif sayısı, j : maksimizasyon ölçüt sayısı)

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (3.52)$$

($n-j$: minimizasyon ölçüt sayısı)

u_i : alternatiflerin skorlarını göstermektedir. u_i büyükten küçüğe doğru sıralanır. En iyi alternatif birinci sıradaki alternatiftir.

MULTIMOORA yaklaşımı Brauers ve Zavadskas tarafından 2010 yılında ortaya çıkarılmıştır. Bu yaklaşım yukarıda açıkladığımız MOORA Oran, Referans noktası ve Tam Çarpım Yaklaşımlarından oluşur ve bir anlamda üçünün özetidir (Brauers ve Zavadskas, 2013). MULTIMOORA farklı MOORA yaklaşımları ile elde edilen sıralamaların “Sıra Baskınlık Teorisine” göre değerlendirilir ve nihai bir MULTIMOORA sırası elde edilir (Özbek, 2017).

Karar seçeneklerinin skoru belirlenirken *Baskınlık*, *Geçişlik*, *Eşitlik* ve *Döngüsel Akıl Yürütme* durumlarına göre hareket edilir.

Baskınlık: Bir karar seçeneğinin diğer seçeneklere göre baskın olmasıdır ve Mutlak veya Genel Baskınlık şeklinde ortaya çıkar. Mutlak Baskınlıkta her farklı yaklaşım sonucunda da o seçenek aynı sırayı almıştır. Genel Baskınlıkta, $a > b > c > d$ durumundaki karar seçeneği eğer üç yaklaşımın ikisinde aynı sıraya sahipse, baskınlığa aşağıdaki şekilde karar verilir.

(d-a-a) baskındır (c-b-b)

(a-d-a) baskındır (b-c-b)

(a-a-d) baskındır (b-b-c)

Geçişlik: a, b' ye baskın ve b de c' ye baskınsa o halde a, c' ye baskındır denir.

Eşitlik: Mutlak eşitlik (iki karar seçeneğinin aynı iki sonuca sahip olması) veya Kısmi Eşitlik (Üç olaydan ikisinde dengelik olma durumu) şeklinde ortaya çıkabilir.

Döngüsel Akıl Yürütme: a genellikle b ye baskındır, b genellikle c ye baskındır fakat c genellikle a ya baskındır. Böyle durumlarda a, b ve c aynı sırada kabul edilir (Brauers ve Zavadskas, 2013 ve Türe, Koçak ve Doğan, 2016).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Aksoy vd. (2015) ikinci bir yöntem olarak MULTIMOORA yöntemini kullanarak Türkiye Kömür İşletmeleri'ni değerlendirmişlerdir. Türe vd. (2016) 76 ülke için ülke riskleri 22 kritere göre MULTIMOORA yöntemi kullanılarak değerlendirilmişlerdir. Souzangarzadeh, Rezvani ve Jahan (2017), enerji soğurucuları olarak alüminyum borularının optimum tasarımı probleminde optimum alternatifi MULTIMOORA yöntemi ile seçmişlerdir. Çalış, Özçelik ve Gencer (2016), Türkiye imalat sanayi sektörlerini, diğer ÇFKV

tekniklerinin yanında MULTIMOORA yöntemi ile katma değer, istihdam payları, işyeri sayısı, çalışan sayısı gibi farklı rekabet göstergelerine değerlerine göre sıralamışlardır.

3.7. BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMİ

MULTIMOORA yöntemi, genelleştirilmiş aralıklı bulanık yamuk sayılar ve sezgisel bulanık sayılar kullanılarak geliştirilmiştir. Aralık değerli sezgisel bulanık MULTIMOORA tekniği de yeni uygulama yöntemlerinden biridir (Zavadskas vd., 2015). Bulanık küme teorisi ile birleştirilen bulanık MOORA yöntemi ise ilk kez Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından kamuda özelleştirme çalışması yapılırken kullanılmıştır.

Literatürde Bulanık MOORA (Sadece Moora Oran Yöntemi) yönteminin uygulandığı çalışmalar mevcuttur. Archana ve Sujatha (2012), kablosuz internet sağlayıcı kurumların seçiminde, Karande ve Chakraborty (2012), işletmeler için en uygun Kurumsal Kaynak Planlama Yazılımı seçiminde, benzer bir şekilde Vatansever ve Uluköy (2013), yine Kurumsal Kaynak Planlama yazılımı seçiminde, Özçelik vd. (2014), Kayseri’de özel eğitim ve rehabilitasyon merkezi yer seçim probleminin çözümünde bulanık MOORA yaklaşımını kullanmışlardır. Bulanık MOORA yaklaşımında sadece Bulanık Moora Oran Yaklaşımı kullanılmıştır.

Bulanık MULTIMOORA yaklaşımı ilk olarak Baležentis, T. (2011) tarafından tanıtılmıştır. Bulanık mantık oran yöntemi, referans noktası ve tam çarpım yaklaşımlarının tümü için uygulanmıştır. Bulanık MULTIMOORA yöntemi çözüm aşamaları Baležentis, T. (2011) ve Sezer, Bali ve Gürol (2016) tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

Adım 1. Üçgen bulanık Sayılardan Oluşan Karar Matrisini Oluşturmak

$\tilde{x}_{ij} = [x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u]$ ($i = 1, 2, \dots, m$ alternatifleri, $j = 1, 2, \dots, n$ kriterleri ve $k = 1, 2, \dots, l$ karar vericilerin numaralarını ifade eder)

$$\tilde{x}_{ij} = [x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u]$$

$$\tilde{X} = \tilde{x}_{ij} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.53)$$

Adım 2. Bulanık Karar Matrisini Normalleştirmek (r_{ij})

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (3.54)$$

$$r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (3.55)$$

$$r_{ij}^u = \frac{x_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (3.56)$$

Adım 3. Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi Oluşturmak

Her bir kriterin farklı önem derecesini göz önünde bulundurarak, ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$v_{ij}^l = W_j r_{ij}^l \quad (3.57)$$

$$v_{ij}^m = W_j r_{ij}^m \quad (3.58)$$

$$v_{ij}^u = W_j r_{ij}^u \quad (3.59)$$

Adım 4. Fayda (max) ve maliyet (min) kriterleri açısından normalize edilmiş performans değerlerinin (S) bulunması

Fayda performans değerleri,

$$S_i^{+l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l \quad j \in j^{enb} \quad (3.60)$$

$$S_i^{+m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m \quad j \in j^{enb} \quad (3.61)$$

$$S_i^{+u} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^u \quad j \in j^{enb} \quad (3.62)$$

Maliyet performans değerleri,

$$S_i^{-l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l \quad j \in j^{enk} \quad (3.63)$$

$$S_i^{-m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m \quad j \in j^{enk} \quad (3.64)$$

$$S_i^{-u} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^u \quad j \in j^{enk} \quad (3.65)$$

Adım 5. Bulanık Moora Oran Yöntemi

Normalleştirmeyi, özetleme oranlarının hesaplanması takip eder. Alternatiflerin sıralanması için oranlar bulanık sayı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır

$$\tilde{y}_i = [y_i^l, y_i^m, y_i^u] = \sum_{j=1}^g v_{ij} - \sum_{j=g+1}^n v_{ij} \quad (3.66)$$

Bu formülde $j=1,2,\dots,g$ maksimum edilecek amaçların sayısı, $j=g+1, g+2, \dots, n$ minimize edilecek amaçların sayısını ifade etmektedir.

Sonuçta hesaplanan $\tilde{y}_i$ hala bulanık sayıdır. Bu üçgen bulanık sayılar kesin sayıya dönüştürme işlemlerinden Best Nonfuzzy Performance (BNP) yöntemi (Eş 3.31'e göre) uygulanarak kesin (crisp) sayıya dönüştürülür. Buradaki BNP değeri i. alternatifin bulanık olmayan performans değerini verir ve en yüksek BNP değerine sahip alternatif en iyi sıralamaya sahiptir denir.

Adım 6. Bulanık Moora Referans Noktası Yaklaşımı

Bulanık referans noktası yaklaşımı bulanık oran sistemine dayanır. Bu yöntemle de oran yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş verilerin matrisi $\tilde{R}' = \tilde{r}'_{ij}$ kullanılır. J . referans noktası koordinatının bulanık maksimum veya minimumu j . kriteri için aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{r}_{ref} = \begin{cases} \tilde{x}_j^+ = (\max r_{ij}^l, \max r_{ij}^m, \max r_{ij}^u) & j \leq g; \\ \tilde{x}_j^+ = (\min r_{ij}^l, \min r_{ij}^m, \min r_{ij}^u) & j > g; \end{cases} \quad (3.67)$$

Daha sonra normalleştirilmiş matrisinin her elemanı referans noktalarından sapmaya göre yeniden hesaplanır. Kriterler ağırlık değerlerine sahip olduklarından aşağıdaki formül kullanılır.

$$d_i = W_{ij} |r_{ref} - \tilde{r}_{ij}| \quad (3.68)$$

Daha sonra Best Nonfuzzy Performance (BNP) yöntemi Eş 3.31'a göre uygulanarak sayılar kesin (crisp) sayıya dönüştürülür. En küçük BNP değerine sahip alternatif en iyi sıralamaya sahip olur.

Final sırası ağırlıklı normalize değerlerin ağırlıklı referans noktasından sapmalarına göre belirlenir. Maksimum uzaklık değerleri içindeki minimum değerli alternatif en iyi sırayı alır.

$$\min(\max d_{ij}(\tilde{r}_{ref}, \tilde{r}_{ij})) \quad (3.69)$$

Adım 7. Bulanık Moora Tam Çarpım Yaklaşımı

$$\tilde{u}_i = \frac{\tilde{a}_i}{\tilde{b}_i} \quad (3.70)$$

$\tilde{a}_i$ maksimizasyon amaçlı veriler çarpımı ve $\tilde{b}_i$ minimasyon amaçlı verilerin çarpımıdır. Burada ağırlıklı normalize edilmiş matris değerleri kullanılmaktadır (Balezantis T., Zeng ve Balezantis A., 2014). Elde edilen matris kesin sayılara dönüştürülür ve en yüksek BNP değerine sahip alternatif en iyi sıralamaya sahip olacak şekilde sıralama elde edilir.

Adım 8. Alternatiflerin Sıralanması

Multimoora yöntemindeki işlemler burada da geçerlidir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1. BULANIK ENTROPİ YÖNTEMİ İLE KRİTER AĞIRLIKLARININ HESAPLANMASI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel değerlendirilmesi yapılırken bölgesel ayrımlar, İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflamasına (İBBS) göre Düzey 2 olarak belirtilen sınıflandırmaya göre yapılmıştır. Bu sınıflandırmada 26 ayrı bölge söz konusudur ve bu bölgeler, kendi içinde farklı şehirleri kapsamaktadır. Bölgelere dâhil olan şehir sayıları sabit değildir. Örneğin; TR10 olarak isimlendirilen bölge sadece İstanbul şehrini, TR51 olarak isimlendirilen bölge sadece Ankara şehrini kapsarken, TR90 olarak isimlendirilen bölge Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane şehirlerini, TR42 olarak isimlendirilen bölge Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova şehirlerini kapsamaktadır. Görüldüğü gibi farklı bölgelerin kapsadığı şehir sayıları birbirlerinden farklıdır.

Her şehrin kendine ait özellikleri olduğu için, bölgesel değerlendirme kriter verileri de birbirlerinden farklıdır. Bu kriterlerler bölgeler arası farklılıkları ortaya koyacaktır. Örnek olarak, her şehrin enerji verimlilik değerleri veya elektrik üretim potansiyel verileri birbirlerinden farklıdır. Çünkü şehrin yıllık rüzgâr hızları, güneşlenme süreleri, yükseklikleri, mevsimleri gibi pek çok faktör özellikleri birbirinden farklıdır.

Bu çalışmada Düzey 2 olarak sınıflandırılan 26 bölge için bir değerlendirme yapılmıştır. Her bölgenin kapsadığı şehirlerin verileri bölgesel değerlendirme kriter verisi olarak kullanılmıştır ve her bölgenin kapsadığı şehirlerin sahip olduğu veri değerleri ile elde edilmiştir. Birden daha fazla şehri içeren bölgeler için birden daha fazla şehir verisi mevcuttur. Özellikle TR90 ve TR71 gibi üçten daha fazla şehri kapsayan bölgelerde veri sayısı da üçten fazladır. Bu çalışmadaki 18 bölge üç ve üçten fazla şehri kapsamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kesin sayılar yerine (tek bölgeye için tek bir veri olmadığından) üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Üçgen bulanık sayılar şehir verileri kullanılarak her bölge için hesaplanmıştır. Kriterlere ait şehir verileri kesin sayı (crisp) biçimdedir ve bu şehirlerden oluşan bölge verileri üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Önceki bölümlerinde açıklandığı üzere üçgen bulanık sayılar (a,b,c) şeklinde ifade edilmektedir. Burada kullanılan üçgen bulanık sayılar gerçek sayılardır ve aşağıda açıklandığı gibi her kriter için en düşük, en yüksek ve ortalama değer alınmıştır.

Alt Limit (a): İlgili istatistiksel bölge sınırları içindeki şehirlerin sahip olduğu en alt değeri ifade eder.

Ortalama (b): İlgili istatistiksel bölge sınırları içindeki şehirlerin sahip olduğu ortalama değeri ifade eder.

Üst Limit (c): İlgili istatistiksel bölge sınırları içindeki şehirlerin sahip olduğu en yüksek performans değerini ifade eder.

Bu üçgen bulanık sayıları elde etmek için Wang (2014) tarafından hazırlanan Eş 4.1 kullanılmıştır. Formülde, $i = 1,2,3, \dots, m$, $j = 1,2,3, \dots, n$ ve $e = 1,2,3, \dots, t$ iken x_{ij} kriter j 'nin alternatif i için o bölgede bulunan e şehrindeki değeridir. p_{ij} i . alternatifin j . kritere göre değerlendirme performansıdır.

$$p_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), \quad a_{ij} = \min_{1 \leq e \leq t} \{x_{ij}(e)\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{e=1}^n x_{ij}(e), \quad c_{ij} = \max_{1 \leq e \leq t} \{x_{ij}(e)\} \quad (4.1)$$

Bulanık entropi çözüm adımlarına geçmeden önce bulanık karar matrisi üçgen bulanık sayı olarak hazırlanmıştır. Her bir bölgenin karar matrisleri birbirinden farklıdır. Fakat bir bölge için hazırlanan bulanık karar matrisi hem bulanık entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplamasında, hem bulanık COPRAS yöntemi alternatif sıralaması yapılırken hem de bulanık MULTIMOORA yöntemleri alternatif sıralaması yapılırken aynı karar matrisi kullanılmaktadır. Tablo 4.1'de TR21 bölgesi için Bulanık Karar Matrisi verilmiştir.

Tablo 4.1. TR 21 Bölgesi için Bulanık Karar Matrisi.

	BEV			BEÜP			BBET O			BTRL			EÖ			LCOE			DT			YGDS			SK			Yİ			SGEM			AG			GÜNEŞ
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
HİDROELEKTRİK	0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			2,16			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			6,37			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			251,03			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			322,86			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31			3,31
	0,00			384,11			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97			3,97
	0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			0,21			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	0,00			2,59			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00
	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			2,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00
	1,00			2,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00			1,00
	30			20			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25
	30			20			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25
	30			20			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25			25
	0,05			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,10
	0,05			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,10
	0,05			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,07			0,10
	9,60			18,90			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			20,00
	9,60			18,90			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			20,00
	9,60			18,90			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			13,20			20,00
	11,80			1,92			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			1,00
	11,80			1,92			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			1,85
	11,80			1,92			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			5,70			2,70
	0,05			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,11
	0,05			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,11
	0,05			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,13			0,11
	1055,00			2821,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			2500,00
	1055,00			2821,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			2500,00
	1055,00			2821,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			998,00			2500,00
	26,00			45,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			85,00
	26,00			45,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			85,00
	26,00			45,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			38,00			85,00
	25,01			16,34			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			0,81
	25,01			16,34			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			0,81
	25,01			16,34			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			5,42			0,81

Bulanık karar matrisi hazırlandıktan sonra, bulanık ENTROPİ yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanması adımlarına geçilmiştir. Hesaplama için aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

Adım 1. Bulanık verilerin α kesim kümeleri kullanarak aralık verilerine dönüştürülmesi: Bulanık sayılarda alfa kesimleri cebirsel işlerin yapılabilmesi için gereklidir. $\alpha=1$ olması halinde sayı gerçek sayıdır, $\alpha=0$ durumunda ise sayı tam bulanık sayıdır. Farklı çalışmalarda durumun bulanıklığına göre α kesim değeri 0,1; 0,5;0,9 gibi değerler olarak alınmıştır. Bu çalışmada, sayıların aralıklı olması ya da bulanıklığı her bölgenin barındırdığı şehir sayısının dolayısı ile şehirlerin sahip olduğu verilerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.3. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Aralık Veriler Tablosu.

	BEV		BEÜP		BBETO		BTRL		EÖ		LCOE		DT		YGDS		SK		Yİ		SGEM		AG	
GÜNEŞ	0,00	0,00	0,22	0,03	0,03	0,00	0,00	0,13	0,20	0,20	0,29	0,29	0,28	0,28	0,06	0,10	0,21	0,21	0,27	0,27	0,39	0,39	0,02	0,02
RÜZGÂR	0,28	0,28	0,34	0,65	0,85	0,29	0,96	0,27	0,27	0,20	0,17	0,17	0,15	0,15	0,03	0,05	0,24	0,24	0,19	0,19	0,12	0,12	0,02	0,02
JEOTERMAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,20	0,20	0,20	0,18	0,18	0,25	0,25	0,24	0,24	0,11	0,11	0,17	0,17	0,11	0,11
BİYOKÜTLE	0,11	0,11	0,44	0,09	0,12	0,00	0,04	0,20	0,27	0,16	0,20	0,20	0,26	0,26	0,08	0,08	0,23	0,23	0,31	0,31	0,20	0,20	0,34	0,34
HİDROELEKTRİK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,24	0,14	0,14	0,13	0,13	0,52	0,52	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,51	0,51

Adım 3. Alt ve üst sınır aralığın entropisi hesaplanması: Alt ve üst sınır aralık entropisi hesaplanması için Eş 3.15 ve 3.16 kullanılmıştır. Tablo 4.4.'te TR21 bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralığın Entropisi Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.4. TR21 Bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralığın Entropisi Tablosu.

BEV	BEÜP	BBETO	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
0,37	0,66	0,37	0,31	0,23	0,11	0,92	0,97	0,95	0,95	0,93	0,93
0,37	0,31	0,23	0,11	0,92	0,97	0,95	0,95	0,93	0,93	0,69	0,69

Adım 4. Alt ve üst sınır aralık değişiklik değerlerinin hesaplanması: Alt ve üst sınır aralık değişiklik değerlerinin hesaplanması için Eş 3.17 ve 3.18 kullanılmıştır. Tablo 4.5'te TR21 bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralık Değişiklik Değerleri Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.5. TR21 Bölgesi için Alt ve Üst Sınır Aralık Değişiklik Değerleri Tablosu.

BEV		BEÜP		BBETO		BTRL		EÖ		LCOE		DT		YGDS		SK		Yİ		SGEM		AG	
0,34	0,63	0,63	0,69	0,77	0,89	0,03	0,08	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,21	0,27	0,03	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07	0,31	0,31

Adım 5. Kriter ağırlıklarının alt ve üst değerlerinin hesaplanması: Bu hesaplamaların yapılabilmesi için Eş 3.19 ve 3.20 kullanılmıştır. Bu değerler aralık değerlerin kriter ağırlık değerleri alt ve üst değeri olarak da kullanılmıştır. Tablo 4.6’da TR21 bölgesi için Kriter Ağırlıklarının Alt ve Üst Değerleri Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.6. TR21 Bölgesi için Kriter Ağırlıklarının Alt ve Üst Değerleri Tablosu.

BEV		BEÜP		BBETO		BTRL		EÖ		LCOE		DT		YGDS		SK		Yİ		SGEM		AG	
0,1373	0,2037	0,2539	0,2238	0,3083	0,2907	0,0113	0,0261	0,0020	0,0016	0,0069	0,0055	0,0103	0,0084	0,0834	0,0889	0,0126	0,0102	0,0210	0,0170	0,0273	0,0221	0,1256	0,1018

Adım 6. Ortalama kriter ağırlığının hesaplanması: Alt ve üst değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu değer ortalama kriter değeri olarak da kullanılmaktadır. Tablo 4.7’de TR21 bölgesi için Ortalama Kriter Ağırlıklarının Değerleri Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.7. TR21 Bölgesi için Ortalama Kriter Ağırlıklarının Değerleri Tablosu.

BEV	BEÜP	BBETO	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
0,1705	0,2389	0,2995	0,0187	0,0018	0,0062	0,0093	0,0862	0,0114	0,0190	0,0247	0,1137

Bu adımlar izlenerek her bölge için kriter ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler birbirlerinden farklı çıkmıştır. Ek 3.1.’de bölgelerin kriter ağırlık listesi verilmiştir.

4.2. BULANIK COPRAS YÖNTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ

Bulanık COPRAS yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılırken belli bilgilerin hazır olması gerekmektedir. Bunlardan ilki kriter ağırlıklarıdır. Kriter ağırlıkları her bölge için bulanık Entropi yöntemi ile her bölge için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları bulanık MULTIMOORA yönteminde de kullanılmıştır.

Bir sonraki bilgi kriterlerini fayda veya maliyet (maksimum etme amacı veya minimum etme amacı) durumlarına göre sınıflandırılmasıdır. Kriterlerden, Bölgesel Enerji Verimliliği (BEV), Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli (BEÜP), Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları (BBETO), Bölgesel Teknolojik Olgunluk (BTRL), Ekonomik Ömür (EÖ), Devlet Teşvikleri (DT), Sosyal Kabul Edilebilirlik (SK) ve Yeşil İstihdam (Yİ) fayda kriterleridir ve maksimum değere sahip olan alternatif en iyi kabul edilir. Bunun yanında, Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (LCOE), Yatırım Geri Dönüş Süresi (YGDS), Sera Gazı Emisyon Miktarı (SGEM) ve Alan Gereksinimi (AG) maliyet kriterleridir ve minimum değere sahip alternatif en iyi kabul edilir. Kriterlerin fayda veya maliyet özellikleri bulanık MULTIMOORA yönteminde de kullanılmaktadır.

Bulanık COPRAS ve bulanık MULTIMOORA çözüm adımlarında yapılacak matematiksel işlemler için üçgen bulanık sayılar ile yapılan matematiksel işlem kuralları kullanılmıştır (Eş 3.5, Eş 3.6, Eş 3.7, Eş 3.8, Eş 3.9).

Bulanık COPRAS yöntemi ile YEK alternatiflerinin sıralamalarının belirlenmesinde aşağıdaki çözüm adımları izlenmiştir.

Adım 1. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması: Her bölge için bulanık karar matrisi birbirinden farklıdır ve bulanık entropi yönteminin birinci aşamasında hazırlanan bulanık karar matrisi burada da kullanılmıştır (Tablo 4.1).

Adım 2. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması: Bulanık karar matrisi elemanları üçgen bulanık sayılardan oluşmaktadır. Bu işleme durulama işlemi denilmektedir ve Eş 3.3 kullanılarak üçgen bulanık sayıların kesin (crisp) sayılara dönüştürmesi yapılmaktadır. Burada kullanılan durulaştırma yöntemi Best Nonfuzzy

Performance (BNP) yöntemidir. Tablo 4.8.'de TR21 Bölgesi için Durulaştırılmış Karar Matrisi Tablosu verilmiştir.

Adım 3. Normalize Edilmiş Karar Matrisini Oluşturmak: Bu adımda normalize matrisi elde etmek için Eş 3.3 kullanılmıştır. Tablo 4.9.'da TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.8. TR21 Bölgesi için Durulaştırılmış Karar Matrisi Tablosu.

	BEV	BEÜP	BBETO	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
GÜNEŞ	1,41	87,65	0,00	1,33	25,00	0,10	20,00	1,85	0,11	2500,00	85,00	0,81
RÜZGÂR	2,98	2325,22	22,69	2,00	25,00	0,06	11,00	0,90	0,13	1722,00	26,00	1,10
JEOTERMAL	0,00	2,43	0,00	1,00	25,00	0,07	13,20	5,70	0,13	998,00	38,00	5,42
BİOKÜTLE	2,84	319,33	0,93	1,67	20,00	0,07	18,90	1,92	0,13	2821,00	45,00	16,34
HİDROELEKTRİK	0,00	0,00	0,00	1,00	30,00	0,05	9,60	11,80	0,05	1055,00	26,00	25,01
TOPLAM	7,24	2734,64	23,62	7,00	125,00	0,35	72,70	22,17	0,55	9096,00	220,00	48,68

Tablo 4.9. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.

	BEV	BEÜP	BBETO	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
GÜNEŞ	0,19	0,03	0,00	0,19	0,20	0,29	0,28	0,08	0,21	0,27	0,39	0,02
RÜZGÂR	0,41	0,85	0,96	0,29	0,20	0,17	0,15	0,04	0,24	0,19	0,12	0,02
JEOTERMAL	0,00	0,00	0,00	0,14	0,20	0,20	0,18	0,26	0,24	0,11	0,17	0,11
BİOKÜTLE	0,39	0,12	0,04	0,24	0,16	0,20	0,26	0,09	0,23	0,31	0,20	0,34
HİDROELEKTRİK	0,00	0,00	0,00	0,14	0,24	0,14	0,13	0,53	0,09	0,12	0,12	0,51
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Adım 4. Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisi Oluşturmak: Bu çalışmada her bir kriterin önem düzeyleri yani ağırlıkları birbirinden farklıdır. Bu aşamada kriter ağırlık çalışmaya dahil edilir. Eş 3.35 kullanılarak ağırlıklı normalize matris değerleri hesaplanır. Tablo 4.10.'da TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu verilmiştir.

Adım 5. Fayda ve Maliyet Kriter Değerlerinin Toplamının Hesaplanması: Eş 3.37 kullanılarak fayda kriterlerin ağırlıklı normalize matris değerleri, Eş 3.38 ile maliyet kriterleri ağırlıklı normalize matris değerleri toplanmıştır.

Tablo 4.10. TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.

	BEV	BEÜP	BBETO	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
	max	max	max	max	max	min	max	min	max	max	min	min
	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1
Ağırlıklar	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,019	0,025	0,114
GÜNEŞ	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
RÜZGÂR	0,07	0,20	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JEOTERMAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
BİOKÜTLE	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04
HİDROELEKTRİK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06

Adım 6. Alternatiflerin Görelî Önem Değerlerinin Hesaplanması: Görelî önem derecesini ifade eden “ Q_i ” değerinin hesaplanması için Eş 3.9 kullanılmıştır.

Adım 7. Alternatiflerin Performans Skorlarının Hesaplanması: Performans skorlarının derecelerini ifade eden “ P_i ” değerlerini hesaplamak için Eş 3.40 kullanılmıştır.

COPRAS performans skoru $P_i=100$ olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatifler P değerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Adım 5,6 ve 7’nin hesaplamaları ve işlem sonuçları Tablo 4.11.’de verilmiştir.

Tablo 4.11. TR21 Bölgesi Alternatiflerin Sıralaması Tablosu.

	S+	S-	1/S-	Q	P		Sıralama
GÜNEŞ	0,0549	0,0204	49,0005	0,1110	16,12	16,12	3
RÜZGÂR	0,5746	0,0101	99,4781	0,6884	100,00	100,00	1
JEOTERMAL	0,0097	0,0403	24,8005	0,0381	5,53	5,53	4
BİOKÜTLE	0,1224	0,0519	19,2587	0,1444	20,98	20,98	2
HİDROELEKTRİK	0,0075	0,1081	9,2525	0,0181	2,63	2,63	5
		0,2308	201,7903	0,6884			
		SUM	SUM	MAX			

4.3. BULANIK COPRAS YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK SIRALAMALARI

Tüm bölgeler için bulanık COPRAS yöntemi ile elde edilen alternatiflerin sıralamalarının listesi Ek 3.2’de verilmiştir.

4.4. BULANIK MULTIMOORA YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ

Bulanık MULTIMOORA yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılırken belli bilgilerin hazır olması gerekmektedir. Bunlardan ilki kriter ağırlıklarıdır. Kriter ağırlıkları her bölge için bulanık entropi yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları bulanık MULTIMOORA yönteminde de kullanılmıştır

Bu yöntemle değerlendirme yapılırken üçgen bulanık sayılar arasındaki matematiksel işlemler Eş 3.5, Eş 3.6, Eş 3.7, Eş 3.8, Eş 3.9’a göre yapılmıştır. Bulanık MULTIMOORA yöntemi ile değerlendirme adımları aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Adım 1. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Her bölge için bulanık karar matrisi birbirinden farklıdır ve bulanık entropi yönteminin birinci aşamasında hazırlanan bulanık karar matrisi burada da kullanılmıştır (Tablo 4.1).

Adım 2. Bulanık Karar Matrisini Normalleştirmek: Eş 3.54, 3.55, 3.56 kullanılarak üçgen bulanık sayıların alt, üst ve ortadaki sayı değerlerinin normalize edilmiş değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.12.’de TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.12. TR21 Bölgesi için Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.

	HİDROEL	BİOKÜT	JEOTER	RÜZGÂR	GÜNEŞ	(w)		BEV	BEÜP	BBET O	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
	0,0000	0,0000	0,0000	0,2599	0,0000	1	0,137												
	0,0000	0,2273	0,0000	0,3167	0,0000	2	0,170												
	0,0000	0,6702	0,0000	0,3651	0,4450	3	0,204												
	0,0000	0,0608	0,0000	0,4652	0,0209	4	0,254												
	0,0000	0,0782	0,0008	0,5242	0,0212	5	0,239												
	0,0000	0,0930	0,0010	0,6993	0,0215	6	0,224												
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0741	0,0000	7	0,308												
	0,0000	0,0041	0,0000	0,2971	0,0000	8	0,300												
	0,0000	0,0502	0,0000	0,9506	0,0000	9	0,291												
	0,1768	0,1768	0,1768	0,3536	0,1768	10	0,011												
	0,1768	0,3536	0,1768	0,3536	0,1768	11	0,019												
	0,1768	0,3536	0,1768	0,3536	0,3536	12	0,026												
	0,1610	0,1073	0,1342	0,1342	0,1342	13	0,002												
	0,1610	0,1073	0,1342	0,1342	0,1342	14	0,002												
	0,1610	0,1073	0,1342	0,1342	0,1342	15	0,002												
	0,1853	0,2594	0,2594	0,2223	0,3706	16	0,007												
	0,1853	0,2594	0,2594	0,2223	0,3706	17	0,006												
	0,1853	0,2594	0,2594	0,2223	0,3706	18	0,006												
	0,1493	0,2939	0,2053	0,1711	0,3111	19	0,010												
	0,1493	0,2939	0,2053	0,1711	0,3111	20	0,009												
	0,1493	0,2939	0,2053	0,1711	0,3111	21	0,008												
	0,2703	0,0440	0,1306	0,0092	0,0229	22	0,083												
	0,2703	0,0440	0,1306	0,0206	0,0424	23	0,086												
	0,2703	0,0440	0,1306	0,0321	0,0619	24	0,089												
	0,1084	0,2875	0,2970	0,3034	0,2574	25	0,013												
	0,1084	0,2875	0,2970	0,3034	0,2574	26	0,011												
	0,1084	0,2875	0,2970	0,3034	0,2574	27	0,010												
	0,0301	0,0804	0,0285	0,0491	0,0713	28	0,021												
	0,0301	0,0804	0,0285	0,0491	0,0713	29	0,019												
	0,0301	0,0804	0,0285	0,0491	0,0713	30	0,017												
	0,1136	0,1967	0,1661	0,1136	0,3715	31	0,027												
	0,1136	0,1967	0,1661	0,1136	0,3715	32	0,025												
	0,1136	0,1967	0,1661	0,1136	0,3715	33	0,022												
	0,1909	0,1247	0,0414	0,0084	0,0062	34	0,126												
	0,1909	0,1247	0,0414	0,0084	0,0062	35	0,114												
	0,1909	0,1247	0,0414	0,0084	0,0062	36	0,102												

Adım 3. Ağırlıklandırılmış Bulanık karar Matrisi Oluşturmak: Her bir kriterin farklı önem derecesini göz önünde bulundurarak, ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisi Eş 3.57, 3.58, 3.59 kullanılarak üçgen bulanık sayıların alt, üst ve ortadaki sayı değerlerinin ağırlık normalize edilmiş değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.13.'te TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu verilmiştir.

Tablo 4.13. TR21 Bölgesi için Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi Tablosu.

KTRİK	BIOKÜTLE	L	RÜZGÂR	GÜNEŞ	m	w	BEV	BEÜP	BBET O	BTRL	EÖ	LCOE	DT	YGDS	SK	Yİ	SGEM	AG
0,0000	0,0000	0,0000	0,0357	0,0000	1	l	0,137	0,254	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0000	0,0387	0,0000	0,0540	0,0000	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0000	0,1365	0,0000	0,0744	0,0907	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0000	0,0154	0,0000	0,1181	0,0053	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0000	0,0187	0,0002	0,1252	0,0051	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0000	0,0208	0,0002	0,1565	0,0048	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0000	0,0000	0,0000	0,0228	0,0000	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0000	0,0012	0,0000	0,0890	0,0000	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0000	0,0146	0,0000	0,2764	0,0000	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0020	0,0020	0,0020	0,0040	0,0020	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0033	0,0066	0,0033	0,0066	0,0033	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0046	0,0092	0,0046	0,0092	0,0046	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0013	0,0018	0,0018	0,0015	0,0015	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0011	0,0016	0,0016	0,0014	0,0014	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0010	0,0014	0,0014	0,0012	0,0012	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0015	0,0030	0,0021	0,0018	0,0018	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0014	0,0027	0,0019	0,0016	0,0016	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0012	0,0025	0,0017	0,0014	0,0014	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0225	0,0037	0,0109	0,0008	0,0019	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0233	0,0038	0,0113	0,0018	0,0037	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0240	0,0039	0,0116	0,0029	0,0055	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0014	0,0036	0,0037	0,0038	0,0032	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0012	0,0033	0,0034	0,0035	0,0029	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0011	0,0029	0,0030	0,0031	0,0026	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0006	0,0017	0,0006	0,0010	0,0015	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0006	0,0015	0,0005	0,0009	0,0014	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0005	0,0014	0,0005	0,0008	0,0012	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0031	0,0054	0,0045	0,0031	0,0102	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0028	0,0049	0,0041	0,0028	0,0092	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0025	0,0044	0,0037	0,0025	0,0082	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102
0,0240	0,0157	0,0052	0,0011	0,0008	1	l	0,254	0,239	0,308	0,011	0,002	0,007	0,010	0,083	0,013	0,019	0,027	0,126
0,0217	0,0142	0,0047	0,0010	0,0007	1	m	0,170	0,239	0,300	0,019	0,002	0,006	0,009	0,086	0,011	0,021	0,025	0,114
0,0194	0,0127	0,0042	0,0009	0,0006	1	u	0,204	0,224	0,291	0,026	0,002	0,006	0,008	0,089	0,010	0,021	0,022	0,102

Adım 4. Fayda (max) ve maliyet (min) kriterleri açısından normalize edilmiş performans değerlerinin (S) Bulunması: Fayda kriterlerinin performans değerleri Eş 3.60, Eş 3.61, Eş 3.62 kullanılarak, maliyet kriterlerinin performansları Eş 3.63, Eş 3.64 ve Eş 3.65 kullanılarak hesaplanmıştır.

Adım 5. Bulanık Moora Oran Yöntemi: Bu aşamada Eş 3.66 kullanılarak oranlar hesaplanmıştır. Bulanık olan sayılar yine BNP yöntemi kullanılarak kesin sayıya dönüştürülür. BNP değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilmiştir.

Adım 5 ve 6 hesaplamaları ve işlem sonuçları yani Bulanık Moora Oran yöntemi sıralama sonuçları Tablo 4.14.'te verilmiştir.

Tablo 4.14. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Oran Yöntemi Sıralama Tablosu.

	S+			S-			(S+)-(S-)				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	BNP Değeri	Sıralama
GÜNEŞ	0,0155	0,0158	0,1114	0,0154	0,0158	0,0164	0,0009	0,0000	0,0960	0,0323	4
RÜZGÂR	0,1875	0,2811	0,5221	0,0064	0,0069	0,0075	0,1801	0,2741	0,5157	0,3233	1
JEOTERMAL	0,0087	0,0096	0,0103	0,0224	0,0217	0,0209	0,0122	0,0121	0,0121	0,0121	5
BİOKÜTLE	0,0260	0,0730	0,1881	0,0265	0,0244	0,0224	0,0036	0,0486	0,1616	0,0713	2
HİDROELEKTRİK	0,0059	0,0068	0,0078	0,0509	0,0490	0,0470	0,0411	0,0421	0,0431	0,0421	3
		0,1216	0,2379								
		SUM	SUM								

Adım 6. Bulanık Moora Referans Noktası Yaklaşımı: Her bir kriter için bir referans noktası belirlenmiştir. Fayda kriterleri için alternatiflerin değerleri içindeki en büyük, maliyet kriterleri için alternatiflerin değerleri içindeki en küçük değer referans nokta değerleridir (Eş 3.67). Daha sonra Eş 3.68 ile referans noktalara uzaklıklar hesaplanmıştır. Referans noktasına uzaklık değerlerin BNP yöntemi ile kesin sayılara dönüştürülmüştür ve bu sayıların her alternatif için en büyük değeri alınmıştır. Alternatiflerin sıralaması için de en büyük değerlerin içinde en küçük değer en iyi alternatif olacak şekilde sıralaması yapılmıştır. Bu adımın işlem sonuçları ve alternatif sıralamaları Tablo 4.15.'te verilmiştir.

Tablo 4.15. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Referans Noktası Yöntemi Sıralama Tablosu.

	BEV	BEÜ P	BBET O	BTRL	EÖ	LCO E	DT	YGD S	SK	Yİ	SGE M	AG		
kar/maliyet	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1		
REFERANSA UZAKLIK													Max Uzaklık	Sıralama
GÜNEŞ	0,045	0,128	0,129	0,002	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,006	0,000	0,1294	3
RÜZGÂR	0,021	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,0207	1
JEOTERMAL	0,075	0,133	0,129	0,003	0,000	0,000	0,001	0,009	0,000	0,001	0,001	0,004	0,1331	4
BİOKÜTLE	0,017	0,115	0,124	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,014	0,1241	2
HİDROELEKTRİK	0,075	0,133	0,129	0,003	0,000	0,000	0,002	0,021	0,002	0,001	0,000	0,021	0,1333	5

Adım 7. Bulanık Moora Tam Çarpım Yaklaşımı: Bu aşamada fayda ve maliyet kriterlerinin ağırlıklı bulanık karar matrisi değerleri çarpılmıştır. Daha sonra bu değerler Eş 3.69 ve Eş 3.70 kullanılarak birbirlerine oranlanmıştır. Bu değerler BNP yöntemi ile kesin sayıya dönüştürülmüştür. En yüksek BNP değerine sahip alternatif en iyi alternatif kabul edilerek sıralama yapılmıştır. Bu adımın işlem sonuçları ve alternatif sıralamaları Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.16. TR21 Bölgesi için Bulanık Moora Tam Çarpım Yöntemi Sıralama Tablosu.

	max			min			U oranı			BNP	Sıralama
	l	m	u	l	m	u	l	m	u		
GÜNEŞ	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	3
RÜZGÂR	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000008	0,00000063	0,00000024	1
JEOTERMAL	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	4
BİOKÜTLE	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	2
HİDROELEKTRİK	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	5

Adım 8. Alternatiflerin Sıralanması: Moora yönteminde olduğu gibi Bulanık Oran Yöntemi, Bulanık Referans Noktası Yöntemi ve Bulanık Tam Çarpım Yaklaşımı Yöntemlerinden elde edilen sonuç skoru belirlenirken *Baskınlık*, *Geçişlik*, *Eşitlik* ve *Döngüsel Akıl Yürütme* durumlarına göre sıralama yapılmıştır. Tablo 4.17'de TR21 bölgesi için Bulanık MULTIMOORA sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.17. TR21 Bölgesi için Bulanık Multimoora Sıralama Tablosu.

	Moora Oran Yaklaşımı	Moora Referans Noktası Yaklaşımı	Moora Tam Çarpım Formu	MULTIMOORA
GÜNEŞ	4	3	3	3
RÜZGÂR	1	1	1	1
JEOTERMAL	5	4	4	4
BİOKÜTLE	2	2	2	2
HİDROELEKTRİK	3	5	5	5

4.5. BULANIK MULTIMOORA YÖTEMİ İLE BÖLGELER İÇİN UYGUN YEK SIRALAMALARI

Tüm bölgeler için bulanık MULTIMOORA yöntemi ile elde edilen alternatiflerin sıralamalarının listesi Ek 3.3.'te verilmiştir.

4.6. BULANIK COPRAS VE BULANIK MULTIMOORA YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN SIRALAMALAR ARASINDAKİ KORELASYON

Bulanık Copras ve Bulanık Multimoora yöntemleriyle 26 Bölge için hesaplanan YEK sıralamalarının farklı olup olmadığı da araştırılmıştır. Bulanık Copras ve Mutimoora yöntemlerinin her ikisi içinde sıralamalar arasındaki korelasyona bakılmıştır. YEK'lere ait sıralama değerleri normal dağılıma uymadığı için Spearman Sıra Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır. Bulanık Copras ve Mutimoora yöntemleri ile bölgeler için elde edilen YEK sıra değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18. Sıra Değerlerine Ait Korelasyon Katsayıları

Alternatif	Korelasyon Katsayısı
Güneş	0,553*
Rüzgâr	0,731*
Jeotermal	0,925*
Biyokütle	0,744*
Hidroelektrik	0,752*

*p<0,01

Tablo 4.18'e göre YEK'lere ait korelasyon katsayılarının hepsi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, iki yöntemin enerji kaynakları sıralamasında çok aşırı farklılıklar olmadığını yani benzer şekilde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.



SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Doktora çalışması çerçevesi içinde yapılan yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirmelerin sağlıklı ilerleyebilmesi için enerji kaynakları, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynak türleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları, dünya ve Türkiye’deki durumları ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda özellikle sürdürülebilir kalkınmanın önemli faktörlerinden biri olan yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel olarak değerlendirilmesi problemi ve bu problemin çözüm aşamaları planlanmıştır.

Literatür araştırmasında yenilenebilir enerji kaynak alternatifleri değerlendirilme problemlerinin dolayısı ile karar verme problemlerinin çözümlerinde çok faktörlü karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Karar verme problemlerinde nihai karara varabilmek için pek çok faktör aynı anda etkilidir. Fakat hangi faktörün ya da başka bir ifade ile karar kriterinin ne kadar önemli olduğu yani önem ağırlıkları farklıdır. Çok faktörlü karar verme tekniklerinde problem çözümü için belirlenmesi gereken kriter ağırlıkları için subjektif yöntemler yerine objektif yöntemlerin kullanılması tercih edildiğinden bulanık entropi yöntemi kullanılmıştır. Her bir YEK alternatifinin bölgesel uygunlukları bu kriter ağırlıklarına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada yöntem belirlenirken, her bölgenin tek şehri kapsamaması hatta çoğunun üçten fazla şehri kapsamaması değerlendirme verilerinin kesin (crisp) sayı özelliğini kaybettirmesi nedeni ile hesaplamada zorluk meydana getirmiştir. Literatürde bu tür sıkıntıların bulanık mantık teorisi ile giderilebileceği görülmüştür. Bölgelerin üçten daha fazla şehri kapsamaması yani üçten daha fazla veri içermesi nedeni ile kriter verileri kesin sayı yerine bulanık sayı olarak ifade edilmiştir. Bulanık sayılardan üçgen bulanık sayılar üç sayıyı kapsamaktadır. Bu nedenle veriler üçgen bulanık sayı şeklinde ifade edilmiştir. Çok faktörlü karar verme tekniklerinin de bulanık uygulamaları kullanılmıştır. Bu sayede değerlendirme sonucu daha etkin olmuştur.

Genel olarak bulanık kavramı somut kavramalar yerine soyut kavramaları (iyi, çok iyi, kötü, çok kötü vs. kavramları) işlem yapılabilir hale dönüştürmek için kullanılmaktadır. Literatür araştırması yapıldığında, son yıllarda soyut kavramlar

yanında sayısal veriler için kesin sayılar yerine aralık sayı, üçgen bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar gibi bulanık uygulamaların da kullanıldığı görülmüştür.

Çok faktörlü karar verme yöntemlerinde birinci adımda kriter ağırlıklarının hesaplanması vardır. Kriter ağırlıklarının hesaplanması için literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntem, uzman görüşlerinin alındığı AHP tekniğidir. AHP tekniği sübjektif ağırlıklandırma yöntemidir. Bu çalışmada sübjektif değerlendirme yöntemi yerine objektif değerlendirme yöntemlerinden birinin kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntemler içinde veriler arasındaki farklılıkları temel alan ve kriter ağırlıklarını bu farklılıklara göre belirleyen Bulanık ENTROPİ yöntemi kullanılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel olarak değerlendirilmesi için kullanılacak yöntem çok faktörlü karar verme yöntemlerinden biridir. Fakat çok faktörlü karar verme yöntemleri çok çeşitlidir ve birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu yöntemler içinde değerlendirme yapmak için Bulanık COPRAS ve Bulanık MULTIMOORA yöntemleri tercih edilmiştir. COPRAS yönteminde, alternatifler birbirleriyle karşılaştırılarak diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğu yüzde olarak belirlenir. Bu yöntem hem bulanık hem de kesin sayılar ile yapılan uygulamalarda kullanılabilmektedir ve yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirmesinde çok sık kullanılmamıştır. MULTIMOORA yönteminde ise, tüm amaçlar dikkate ve değerlendirmeye alınarak, alternatifler ve amaçlar arasındaki tüm etkileşimler bölüm bölüm değil aynı anda göz önüne alarak değerlendirme yapılmaktadır. Literatürde MULTIMOORA yönteminin de hem kesin hem de bulanık sayılar ile yapılan uygulamalarda kullanıldığı görülmüştür. Bu iki yöntemde hem fayda hem de maliyet kriterlerini aynı anda değerlendirme olanağı sağlamaktadır.

Yöntemler belirlendikten sonra değerlendirme kriterleri için literatür taraması yapılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde pek çok kriterin değerlendirmede kullanıldığı görülmüştür. Kriterler teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sınıflandırılmıştır. Bu kriterler içinde en yaygın olarak kullanılan değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Türkiye’de bu kriter verilerinin hiçbiri bölgeler ya da şehirler için mevcut değildir. Özellikle bölgesel farklılıkları ortaya koymak adına kriter verilerini bölgesel olarak elde etmek için uzun süre araştırma yapılmıştır. Pek çok kamu ve özel kurum yetkilileri ile görüşme yapılmıştır. Kriterlerden dört

tanesi için bölgesel kriter verileri elde edilmiştir. Bu kriterler Bölgesel Enerji Verimliliği, Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli, Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranları, Bölgesel Teknolojik Olgunluk'tur.

Yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretmenin dışında kullanım alanı olarak ısıtma, soğutma, tarım vs. gibi farklı alanlara sahiptir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretme potansiyelleri bağlamında değerlendirilmiştir.

Değerlendirme sonuçlarına göre, bulanık copras sonuçlarında, güneş enerji kaynağı: TR 31, TR B2, TR C3 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR10, TR 21, TR 31, TR 33, TR 61, TR 71, TR 72, TR 82, TRA1,TRA2,TR C1 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32, TR 42, TR 51, TR 52, TR 62, TR 63, TR 81, TR 83, TR 90, TR B1, TR C2 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Rüzgâr enerji kaynağı: TR10, TR 21, TR 22, TR 31, TR 33, TR 61, TR 71, TR 72 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32, TR 41, TR 42, TR 62, TR 63, TR 81, TR 82, TR 83, TR 90, TR A1, TR A2, TR B1, TR C1, TR C2, için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 51, TR52, TR B2, TR C3 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. 4 ve 5. sırada hiç bir bölge için uygun bir kaynak olamamıştır. Jeotermal enerji kaynağı: TR 32 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 22, TR 33 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 31 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir, TR 10 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Biyokütle enerji kaynağı: TR 10, TR 21, TR 51,TR 52 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 42, TR 62, TR 63, TR 81, TR 83, TR 90, TR B1, TR C2 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 22, TR 31, TR 33, TR 41, TR 61, TR 71, TR 72, TR 82, TR A1, TR A2, TR B2, TR C1, TR C3 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Hidroelektrik enerji kaynağı: TR 41, TR 42, TR 51, TR 52, TR 62, TR 63, TR 81, TR 82, TR 83, TR 90, TR A1, TR A2, TR B1, TR B2, TR C1, TR C2, TR C3 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 61, TR 71, TR 72 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur.

Bulanık multimoora sonuçlarında, güneş enerji kaynağı: TR A1, TR A2, TR B2, TR C3 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 10, TR 21, TR 31, TR 51, TR 61, TR 82, TR B1, TR C1 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 22, TR 41, TR 42, TR 52, TR 62, TR 63, TR 71, TR 72, TR 81, TR 83, TR 90, TR C2 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Rüzgâr enerji kaynağı: TR 10, TR 21, TR 22, TR 31, TR 33, TR 63 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32, TR 41, TR 42, TR 61, TR 62, TR 71, TR 72, TR 82, TR 83, TR C1 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 52, TR 81, TR 90, TR A2, TR C2, TR C3 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 51, TR A1, TR B1, TR B2 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Hiçbir bölge için sonuncu alternatif olamamıştır. Jeotermal enerji kaynağı: TR 32 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 22, TR 33 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Hiçbir bölge için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmemiştir, TR 10, TR 21, TR 31, TR C1 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Biyokütle enerji kaynağı: TR 51 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 10, TR 21, TR 31, TR 52, TR 81, TR 90, TR B1, TR C2 için 2. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 22, TR 33, TR 41, TR 42, TR 62, TR 63, TR 71, TR 72, TR 83, TR A1, TR B2 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32, TR 61, TR 82, TR A2, TR C3 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur. Hidroelektrik enerji kaynağı: TR 41, TR 42, TR 52, TR 61, TR 62, TR 71, TR 72, TR 81, TR 82, TR 83, TR 90, TR A1, TR A2, TR B1, TR B2, TR C1, TR C2, TR C3 için 1. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 51, TR 63 için 2. Sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 32 için 3. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. TR 33 için 4. sırada uygun Yek alternatifi olarak belirlenmiştir. Diğerleri için 5. sırada uygun Yek alternatifi olmuştur.

İki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında ise, TR 10, TR 21, TR 62, TR 52, TR 82, TR 83, TR B2 VE TR C3 bölgelerinin sonuçları aynı çıkmıştır. Diğer bölgelerin sıralamalarındaki sapma sadece bazı kaynaklarda 1 sıra olarak değişmiştir. Yani bir yöntemde 2. sırada çıkan alternatif diğer yöntemde 3. sırada çıkmıştır. 1 den daha fazla

sıralama sapması hiçbir bölgede gözlenmemiştir. Yani iki yöntemin enerji kaynakları sıralamasının benzer şekilde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.

Çalışma diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında şu şekilde sonuçlar ile karşılaşılmıştır. Kaya ve Kahraman (2010) tarafından TR 10 bölgesinin şehri olan İstanbul için yenilenebilir enerji alternatifleri değerlendirilmiş ve belirlenen en uygun kaynak rüzgâr enerjisi olarak açıklanmıştır. Bu çalışmada da her iki yöntemde de birinci sırada rüzgâr ikinci sırada biyokütle kaynağı uygun kaynak olarak belirlenmiştir.

TR 22 bölgesinde yer alan Gökçeada için rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidroelektrik santraller uygun enerji yatırım seçeneği olarak sunulmuştur (A. Şengül, Tan, Atak ve A.B. Şengül, 2014). Bu bölgeden sorumlu Güney Marmara Kalkınma Ajansı hazırladığı raporda hidroelektrik santrallere yönelik çalışmaların da gündeme alınarak değerlendirilmesi gerektiğini ve bunun yanında bölgede rüzgâr, güneş ve biyokütle potansiyelinin yüksektir olduğunu açıklamışlardır. Buna karşılık bu çalışmada hidroelektrik enerji en son kaynak olarak sıralanırken, iki yöntemde de rüzgâr birinci, jeotermal ikinci sırada uygun kaynak olarak sıralanmışlardır. TR 32 bölgesi için GEKA (2011) tarafından yapılan yenilenebilir enerji değerlendirmesi sonucunda güneş, rüzgâr ve jeotermal kaynakların bir sıralama olmadan uygun kaynaklar olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmada da birinci sırada rüzgâr, ikinci sırada jeotermal kaynaklar uygun kaynaklar olarak belirlenmiştir. Güneş enerji kaynağı farklı yöntemlerde 4 ve 5. sırada yer almıştır.

TR33 bölgesinde bulunan Uşak ili için Taktak ve Ilı (2018) güneş enerjisi alanında yatırım yapmak için en uygun illerimizden biri olduğunu belirtmişlerdir. Topal ve Arslan Topal (2012) ise Afyon ili için biyokütle enerji potansiyelini baklagiller, endüstriyel bitkiler, tahıllar, yem bitkileri, yağlı tohumlar ve yumru bitkileri esas alarak incelemiş ve 53.329 MW enerji üretilebilecek potansiyel tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda bu bölgenin geneli için rüzgâr birinci sırada jeotermal ikinci sırada uygun yenilenebilir enerji kaynağı olarak belirlenmiştir. TR 41 bölgesinde bulunan Bursa ilinde yapılacak bir enerji yatırımı için Kargı ve Aydın'ın (2017) GES, RES, HES ve JES alternatiflerini değerlendirmesinde RES ve/veya GES

yatırımının uygun olduğunu açıklamıştır. Bu çalışma sonucunda TR 41 bölgesi için uygun kaynak sıralaması hidrolik, rüzgâr ve güneş olarak belirlenmiştir.

TR 42 bölgesi için MARKA (2011) tarafından yapılan değerlendirme sonucunda, biyokütle potansiyelinin değerlendirilebilir olduğu belirtilmiştir ve bölgede jeotermal kaynakların ısıtma amaçlı kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma sonucunda ise, iki yöntemde de uygun kaynak sıralaması hidroelektrik, rüzgâr ve biyokütle şeklinde gerçekleşmiştir. TR 62 bölgesi için ÇKA (2012) hazırladığı raporda rüzgâr ve güneş enerji potansiyellerinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma sonucunda ise, iki yöntemde de uygun kaynak sıralaması hidroelektrik, rüzgâr ve biyokütle şeklinde gerçekleşmiştir.

TR 72 bölgesindeki Kayseri ili için Oğuz ve Akkurt (2017) tarafından yapılan YEK alternatif değerlendirmesi sonucunda güneş enerji kaynağının bölge için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma sonucunda ise bu bölgenin tamamı için en uygun kaynak sıralaması bir yöntemde rüzgâr ve hidrolik ve diğer yöntemde ise hidrolik ve rüzgâr olarak sıralanmıştır. TR 83 bölgesi için OKA (2012) tarafından hazırlanan raporda bu bölge için biyokütle, rüzgâr ve güneş potansiyellerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma sonucunda ise, iki yöntemde de uygun kaynak sıralaması hidroelektrik, rüzgâr ve biyokütle şeklinde gerçekleşmiştir.

TRA2 bölgesinde yer alan Iğdır ili için Yalçın (2016) çalışmasında GES yatırımlarına uygun olduğunu belirtmiştir. SERKA yaptığı çalışmada bölgenin rüzgâr, güneş, jeotermal ve hayvancılığın yaygın olması nedeni ile biyokütle kaynaklarının tamamının uygun kaynak olduğu sonucuna varmıştır. Bu çalışmada ise, bölgenin geneli için en uygun kaynak hidroelektrik enerji iken güneş ve rüzgâr kaynakları iki yöntemde farklı sıralarda olmak koşulu ile ikinci ve üçüncü sırada yer almışlardır. Yapraklı ve Bayramoğlu (2014), TR A1 bölgesi için biyokütle enerji potansiyelini ve ekonomik etkilerini belirlemişler ve hayvansal ve bitkisel kaynaklı toplam ekonomik potansiyelin 4.778 TEP olduğu ve bu potansiyelin %56'sının Erzurum'da, %27,2'sinin Erzincan'da ve %16,8'nin Bayburt'ta olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda TR A1 bölgesi için en uygun kaynak hidroelektrik kaynağı iken biyokütle bir yöntemde 3. diğer yöntemde 4. sırada uygun kaynak olarak belirlenmiştir.

TR B1 bölgesinde bulunan Malatya ili için Ata ve Öcal (2014) tarafından yapılan YEK değerlendirmesi çalışması sonucunda rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda ise en uygun kaynak hidroelektrik iken ikinci ve üçüncü sırada iki yöntemde sıralamalar değişmek koşulu ile rüzgâr ve biyokütle kaynakları uygun kaynaklar olarak belirlenmişlerdir. TR C2 bölgesi için Karacadağ Kalkınma Ajansı (2010), yaptığı değerlendirmede güneş ve biyokütle enerji kaynaklarının uygun olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada ise hidroelektrik kaynakları birinci sırada, güneş ise dördüncü sırada uygun kaynak olarak belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarının dışı bağıllık, sürdürülebilir olmamak gibi darboğazlarına karşılık tek alternatifidir. Dünyadaki tüm ülkelerde olduğu gibi yenilenemez kaynak arayışları ülkemizde de devam etmektedir. Fakat bunlarla birlikte özellikle gelecek nesiller için yenilenebilir enerji kaynakları yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu bağlamda, hangi yenilenebilir enerji alternatifinin hangi bölge için daha uygun olduğu sorusu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma ile bu soruya cevap verilmeye çalışılmıştır. Çalışma esnasında nicel karar verme tekniklerinin kullanımında özellikle verilerin sayısal olarak elde edilmesinde zorluklar ile karşılaşmıştır. Şehirlerin hatta ilçelerin bile yenilenebilir enerji potansiyelleri özellikle de elektrik üretme potansiyel değerleri birbirleri ile karşılaştırılabilir şekilde aynı birimler ile kolaylıkla ifade edilebilir olmalıdır. Bu ilerde yapılacak çalışmalar ve özellikle yatırım kararlarında etkili olacaktır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynak varlığı konusunda çok şanslı bir konumdadır. Bu avantajını yenilenemez enerji kaynakları konusundaki dezavantaja karşı bir avantaj olarak kullanmak gerekir.

Bu çalışmaya paralel olarak tek bir yenilenebilir enerji kaynağının ülke için değerlendirmesi yapılabileceği gibi, farklı şehirler için de yapılabilir. Değerlendirme kriterlerinin genişletilerek farklı kaynak değerlendirmeleri yapılabilir. Bunu yanında hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji kaynakları belli bölgeler için de değerlendirilebilir.

Özellikle bölgesel farklılıkları ortaya koyacak olan bölgesel ölçekli veriler çeşitli yöntemler ile elde edilip çalışmalar genişletilebilir.



KAYNAKÇA

- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları*, Ankara: Nobel Yayınları.
- Archana, M., Sujatha, V. (2012). "Application of Fuzzy MOORA and GRA in Multi Criterion Decision Making Problems", *International Journal of Computer Applications*, 53 (9),46–50.
- Adıyaman, Ç. (2012). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları (Yüksek Lisans Tezi). Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Afgan, N. H., Carvalho, M. G. (2002). "Multi-criteria Assessment of New and Renewable Energy Power Plants". *Energy*, 27, 739–755
- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizle* (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale: Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ahmad S, Tahar RM. (2014). "Selection of Renewable Energy Sources for Sustainable Development of Electricity Generation System Using Analytic Hierarchy Process: A Case of Malaysia". *Renew Energy*, 63, 458–66.
- Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname. (2011). *T.C. Resmi Gazete*, 662, 2 .
- Akdeniz İhracatçı Birlikler (AKİB) (2015). *Yeni Teşvik Sistemi & Yatırımlarda Devlet Yardımı*, Mersin: AKİB
- Akkuş, İ., Alan, H. (2016). *Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar Ve Öneriler Raporu* (Rapor No: 123). Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.
- Aksoy, E., Ömürbek, N., Karaatlı M. (2015). "Ahp Temelli MULTIMOORA ve COPRAS Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi". *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1-28

- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye' nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul: İTO.
- Amer, M., Daim, T. U. (2011). "Selection of Renewable Energy Technologies For a Developing Country: A Case of Pakistan". *Energy Sustain. Dev*, 15, 420–435.
- Angelis-Dimakis, A., Biberacher, M., Dominguez, J., Fiorese, G., Gadocha, S., Gnansounou, E., Guariso, G., Kartalidis, A., Panichelli, I., V, M. (2011). "Methods and Tools to Evaluate The Availability of Renewable Energy Sources", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1182–1200
- Aras, S., Elibüyük, U., Üçgöl, İ., (Kasım 2017). "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevre Üzerine Olumlu ve Olumsuz Etkileri" [Bildiri], 9. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Antalya.
- Ata, R. , Öcal, F. (2014). "Manisa'nın Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Analizi". *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*. 10 (1), 1– 10.
- Atçıl, M., E. (2012). *Türkiye'nin Enerji Yatırımlarının Planlanması Sürecinin Bulanık Ahp Yöntemi İle Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Atmaca, E., Başar, H. B. (2012). "Evaluation of Power Plants in Turkey Using Analytic Network Process (ANP)", *Energy*, 44, 555-563 (557)
- Ayan, T. Y., Papuçcu, H. (2013). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3), 89-110.
- Aytekin, A., Karamaşa, Ç. (2017). "Analyzing Financial Performance of Insurance Companies Traded in BIST via Fuzzy Shannon's Entropy Based Fuzzy TOPSIS Methodology". *Alphanumeric journal*, 5(1), 71-83
- Baran, B., Mamis, M. S., Alagoz, B. B. (2016). " Utilization of Energy from Waste Potential in Turkey as Distributed Secondary Renewable Energy Source". *Renewable Energy*, 90, 493-500.
- Baray, A. (2014). *Üretim Süreçlerinin Entropik Analizi*. İstanbul: ÇağlayanYayınevi

- Başel, E.D.K. (2010). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması* (Doktora Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Batı, O. (2013). *Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları* (Doktora Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Beccali, M., Cellura, M., 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.
- Biter, M., Çubukçu, M. “Türkiye’de Yerel Yönetimlerin Sürdürülebilir Enerji Eylem Planları Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme” [Bildiri], 9. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Kasım 2017, Antalya.
- Balezentis, T. (2011). “A Farming Efficacy Estimation Model Based On Fuzzy Multimoora”. *Management theory and studies for rural business and infrastructure development*, 5 (29), 43-52.
- Balezentis A., Balezentis, T. ve Brauers (2012). “Personnel selection based on computing with words and fuzzy MULTIMOORA”. *Expert Systems with Applications*. 39, 7961–7967.
- Balezentis, T., Zeng, S., Balezentis, A. (2014). “MULTIMOORA- IFN: a MCDM Method Based On Intuitionistic Fuzzy Number For Performance Management”, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 48 (4) 85–102, 43-52.
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2006). “The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy”. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445-469
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2010). “Project Management by MULTIMOORA as an Instrument For Transition Economie”. *Technological And Economic Development of Economy*, 16 (1), 5-24
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2012). “Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization”. *Informatica*, 23 (1), 1-25

- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2013). "Multi-Objective Decision Making With a Large Number of Objectives. An Application for Europe 2020". *International Journal of Operations Research*, 10 (2), 67-79
- Büyüközkan, G., Güteryüz, S. (2016). "An integrated DEMATEL ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey", *Int. J. Production Economics*, 182, 435–448.
- Cavallaro F, Ciraolo L. (2005). "A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island". *Energy Policy*, 33(2), 235-244.
- Cavallaro, F., Zavadskas, E. K., Raslanas, S. (2016), "Evaluation of Combined Heat and Power (CHP) Systems Using Fuzzy Shannon Entropy and Fuzzy TOPSIS". *Sustainability*, 8(5), 556.
- Cevallos-Sierraa, J., Ramos-martin, J. (2018). "Spatial Assessment of The Potential of Renewable Energy: The Case of Ecuador". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1154–1165.
- Chaghooshi, A. J., Fathi, M. Z., Kasef, M. (2012). "Integration of Fuzzy Shannon's Entropy with Fuzzy TOPSIS for Industrial Robotic System Selection". *Journal of Industrial Engineering Management*, 5 (1), 102–114.
- Chatzimouratidis AI, Pilavachi PA. (2008). "Multicriteria Evaluation of Power Plants Impact on Living Standard Using the Analytic Hierarchy Process". *Energy Policy*, 36, 1074–1089.
- Chatzimouratidis, A. I., Pilavachi, P. A. (2009b). "Sensitivity Analysis of Technological, Economic and Sustainability Evaluation of Power Plants Using The Analytic Hierarchy Process". *Energy Policy*, 37, 788–798.
- Chatzimouratidis, A. I., Pilavachi, P.A. (2009a). "Technological, Economic and Sustainability Evaluation of Power Plants Using The Analytic Hierarchy Process", *Energy Policy*, 37, 778–787.
- Choo, E.U., Wedley, W.C. (1985). "Optimal Criterion Weights in Repetitive Multicriteria Decision Making". *J. Oper. Res. Soc.*, 36, 983–992

- Christidis, T., Lewis, G., Bigelow, B. (2017). “Understanding Support and Opposition to Wind Turbine Development in Ontario, Canada and Assessing Possible Steps for Future Development”. *Renewable Energy*, 112, 93-103.
- Chu, A.T.W., Kalaba, R.E. Spingarn, K. (1979). “A Comparison of Two Methods for Determining The Weights of Belonging To Fuzzy Sets”. *J. Optimiz. Theor. App.*, 27, 531–538.
- Çakır, S. (2016). “Proposing Integrated Shannon’s Entropy–Inverse Data Envelopment Analysis Methods for Resource Allocation Problem Under A Fuzzy Environment”. *Engineering Optimization*, 49 (10), 1733-1749.
- Çakır, S., Perçin, S. (2013). “AB Ülkeleri’nde Bütünleşik Entropi Ağırlık-Topsis Yöntemiyle Ar-Ge Performansının Ölçülmesi”. *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32 (1), 77-95.
- Çalış, A., Özçelik, G., Gencer, C. (2016). “Türkiye’deki İmalat Sanayi Sektörlerinin Promethee, Multimoor ve SMAA-II Yöntemleri ile Sıralanması, *Endüstri Mühendisliği*, 27(2), 28-44
- Çapık, M., Yılmaz, A. O., Çavuloğlu, İ. (2012). “Present Situation and Potential Role of Renewable Energy in Turkey”. *Renewable Energy*, 46, 1-13.
- Çengel, Y. A., Boles, M. A. (2008), “Thermodynamics An Engineering Approach”, Pınarbaşı, A. (Eds.), *Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla*, İzmir: Güven Kitapevi
- Çepik, B. (2015). *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları* (Doktora Tezi). İstanbul: Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çıtak, E., Pala, P. B. K. (2016). “Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3 (25), 79-102.
- Çitli, N., Ahlatçioğlu M. (2006). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çukurova Kalkınma Ajansı (ÇKA) (2012). *Yenilenebilir Enerji Araştırma Raporu*. Adana: ÇKA.
- Dalmış, Ö. (2017). 2017 *BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu*. Ankara: TESPAM.
- Damgacı E., Boran K. ve Boran F. E. (2017). “Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanarak Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 20(3), 629-637.
- Daniel, J., Vishal, N. V., Albert, B., Selvarasan, I. (2008). “Evaluation of the Significant Renewable Energy Resources in India Using Analytical Hierarchy Process” [Bildiri]. Ehrgott, M., Naujoks, B., Stewart, J. T., Wallenius, J. (Eds.). *19th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, 7-12 Ocak 2008, (ss. 13-26), Newzeland: Auckland.
- De Luca, A., ve Termini, S. (1972). “A Definition of a Nonprobabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets Theory”. *Information and control*, 20(4), 301-312.
- Demirtaş, Ö. (2013). “Evaluating the Best Renewable Energy Technology for Sustainable Energy Planning”. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3, 23-33.
- Devlet Destekleri, Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar. (2012). *T.C. Resmi Gazete*, 28328, 19 Haziran 2012
- Devlet Su işleri (DSİ) (2018). *Su Dünyası*, Ankara: Devlet Su İşleri Vakfı Yayını.
- Devlet Su İşleri (DSİ) (2017). *DSİ 2017 Yılı Faaliyet Raporu*, Ankara: DSİ.
- Doğu Marmara Kalkınma Ajansı (MARKA) (2011). TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu. İzmit: MARKA.
- Doukas, H. C., Andreas, B.M., Psarras, J. E. (2007). “Multi-Criteria Decision Aid for The Formulation of Sustainable Technological Energy Priorities Using Linguistic Variables”. *European Journal of Operational Research*, 182, 844–855
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (2013). *T.C. Resmi Gazete*, 28809, 2 Kasım 2013.

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (2013). *T.C. Resmi Gazete*. 28783, 02 Ekim 2013.
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011). *T.C. Resmi Gazete*. 28097, 27 Ekim 2011.
- Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) (2018a). Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. Ankara: EPDK .
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014). Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. Ankara: ETKB.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2017). 2015-2017 Stratejik Planı (Güncellenmiş Versiyon, Kasım 2017). Ankara: ETKB.
- Erdem, S., Gencer, C., Atmaca, E., Karaca, T., Aydoğan, E. K. (2013). “Türkiye’de Enerji Santrallerinin Ahp Yöntemi ile Seçimi”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayısı. 243-252
- Ersanlı, D. (2013). Renewable Energy in Regional Planning and Development: An Evaluation of Development Agencies in Turkey (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersoy, A., E. (2017). *Türkiye’nin Hayvansal Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu ve Biyogaz Enerjisi Potansiyeli* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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.
- European Commission (EC) (2017). Technology Readiness Level: Guidance Principles for Renewable Energy Technologies Final Report. Brüksel: EC
- Everett, B. (2004). “Solar Thermal Energy”, Boyle, D. (Ed.). *Renewable Energy* (İkinci Baskı) (ss. 59) içinde, İngiltere: Oxford.
- Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, A., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2012). “Maintenance Strategy Selection Using AHP Andcopras Under Fuzzy

- Environment”. *International Journal of Strategic Property Management*; 16(1), 85-104
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO) (2016). *BEFS Assessment for Turkey Sustainable Bioenergy Options From Crop And Livestock Residues*, İtalya: FAO.
- Gagnon, L., Blelanger, C., Uchiyama, Y. (2002). “Life-cycle Assessment of Electricity Generation Options: The Status of Research in Year 2001”. *Energy Policy*, 30, 1267–1278.
- Garni, H. A., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D. ve 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.
- Gedik, T. Ö. (2015). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Georgopoulou E, Lalas D, Papagiannakis L. (1997). “A Multicriteria Decision Aid Approach for Energy Planning Problems: The Case of Renewable Energy Option”. *Eur J Oper Res*. 103, 38–54.
- Gerşil, M. ve Palamutçuoğlu, T. (2016). “Hisseleri BİST’te İşlem Gören Teknoloji Şirketlerinin Finansal Performanslarının Değerlendirilmesinde TOPSİS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması”. *İzmir SMMMO Dayanışma Dergisi*, Nisan, 57-71.
- Gezen, M., Karaarslan, A. (2015). *Aralık Katsayılı Çok Amaçlı Tamsayılı Programlama İle Türkiye'deki En Uygun Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Global Wind Energy Council (GWEC). 2017. Global Wind Report.
- Gökdemir, M., Kömürcü, M., Evcimen, T. 2012. “Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”, *TMH Dergisi*, 471, 18-26.

- Gökmen, C. (2015). *Türkiye'nin Bölgelere Göre Enerji Potansiyeli*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gökmen, A., Temiz, D. (2015). "The Importance and Impact of Fossil and Renewable Energy Sources in Turkey on Business and the Economy". *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(1), 14-20.
- Gündüz, A. Y. (2006). *Bölgesel Kalkınma Politikası*, Akara: Ekin Kitapevi.
- Gündüz, O. (2015). "Bulanık Veri Zarflama ile Kuru Kayısı Yetiştiren İşletmelerin Etkinlik Analizi". *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 525-537.
- Güney Ege Kalkınma Ajansı (GEKA) (2011). *Yenilebilir Enerji Çalışma Raporu*. Denizli: GEKA.
- Haddad, B., Liazid, A., Ferreira, P. (2017). "A Multi-Criteria Approach to Rank Renewables for The Algerian Electricity System", *Renewable Energy*, 107, 462-472
- Hesser, F., Wohner, B., Meints, T., Stern, T., Windsperger, A. (2017). "Integration of LCA in R&D By Applying the Concept of Payback Period: Case Study of a Modified Multilayer Wood Parquet". *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(3), 307–316
- Hori, K., Matsui, T., Hasuike, T., Fukui, K., Machimura, T. (2016). "Development and Application of The Renewable Energy Regional Optimization Utility Tool for Environmental Sustainability: REROUTES". *Renewable Energy*, 93, 548-561
- Hosseinzadeh, L. F., Fallahnejad, R. (2010). "Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making". *Entropy*, 12, 53–62.
- Hung, C. C., Chen, L. H. (2009). "A Fuzzy TOPSIS Decision Making Model With Entropy Weight Under Intuitionistic Fuzzy Environment". In: *Proceedings of the International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists (IMECS-2009)*, 1, 13–16.
- Hwang, C.L., Lin, M.J. (1987). *Group Decision Making under Multiple Criteria: Methods and Applications*, Berlin: Springer.

- International Renewable Energy Agency (IRENA), (2018a). *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2018*, Abu Dhabi.
- International Renewable Energy Agency (IRENA), (2018b). *Renewable Energy Statistics 2018*, Abu Dhabi.
- International Renewable Energy Agency (IRENA), (2018c). *Renewable Power Generation Costs in 2017*, Abu Dhabi.
- Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A. (2011). “Providing All Global Energy with Wind, Water, And Solar Power, Part I: Technologies, Energy Resources, Quantities And areas of Infrastructure, and Materials”. *Energy Policy*, 39, 1154–1169.
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (2017), *T.C. Resmi Gazete*, 5686, 13 Haziran 2007.
- Jiang-Jiang, W., Chun-Fa, Z., You-Yin, J. (2010), “Multi-Criteria Analysis of Combined Cooling, Heating and Power Systems in Different Climate Zones in China”, *Applied Energy*, 87, 1247–1259
- Jiang-Jiang, W., Chun-Fa, Z., You-Yin, J., Guo-Zhong, Z (2008). “Using The Fuzzy Multi-Criteria Model to Select The Optimal Cool Storage System For Air Conditioning”. *Energy and Buildings*, 40, 2059–2066
- Jung, N., Moula, M., Fang, T., Hamdy, M., Lahdelma, R. (2016). “Social Acceptance of Renewable Energy Technologies for Buildings in the Helsinki Metropolitan Area of Finland”, *Renewable Energy*, 99, 813-824.
- Kablan M. (1997). “Prioritization of Decentralized Electricity Options Available For Rural Areas in Jordan”. *Energy Convers Manag*, 38, 1515–1521.
- Kahraman, C., Kaya, İ., Çebi, S. (2009). “A Comparative Analysis for Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process”. *Energy*, 34, 1603–1616
- Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun. (2006). *T.C. Resmi Gazete*, 26074, 25 Ocak 2006.

- Karaca, C., Ulutaş, A., Eşgünoğlu M. (2017). “Türkiye’de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının COPRAS Yöntemiyle Tespiti ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının İstihdam Artırıcı Etkisi”. *Maliye Dergisi*, 172, 111-132.
- Karacadağ Kalkınma Ajansı (KARACADAĞ) (2010). *TRC2 (Diyarbakır-Şanlıurfa) Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*. Diyarbakır: Karacadağ.
- Karagöl, E. T., Kavaz, İ. (2017). Dünya ve Türkiye’ de Yenilenebilir Enerji (Rapor No: Seta 197), Ankara: SETA.
- Karadoğan, A., Başçetin, A., Kahrıman, A. ve Görgün, S. (2001). “Bulanık Küme Teorisinin Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılabilirliği”. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS, 975-395-416-6.
- Karande, P., Chakraborty, S. (2012), “A Fuzzy MOORA Approach For ERP System Selection”, *Decision Science Letters*, 1(1), 11–22.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R. (2011). “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (19), 63-75.
- Kargı S. A., Aydın, Z. B. (2017). “Bulanık Ahp Yönteminin Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçiminde Kullanılması: Bursa Örneği”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (55,) 60-74.
- Karsak, E. E. (2002). “Distance-Based Fuzzy MCDM Approach for Evaluating Flexible Manufacturing System Alternatives”. *International Journal of Production Research*, 40(13), 3167–3181
- Kaya, K. Koç, E. (2015). “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi”. *Mühendis ve Makina*, 56 (660), 61-68.
- Kaya, T., Kahraman, C. (2010). “Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of Istanbul”. *Energy*. 35, 2517-2527.
- Kaymakçioğlu, F., Çirkin, T. (2015). “Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi ve Elektrik Üretim [Bildiri], III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum Bildirileri: Mersin.

- Kazancı, L., B. (2016). *Türkiye Elektrik Enerji Sektöründe Robust Optimizasyon Modeli*, (Doktora Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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.
- Kınacı, E. B. (2017). *Türk Yenilenebilir Enerji Sektörünün Analizi: Bir Bootsrap-Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı* (Yüksek Lisans tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Klein, S.J.W., Whalley, S. (2015). “Comparing the Sustainability of U.S. Electricity Options through Multi-criteria Decision Analysis”. *Energy Policy*, 79, 127-149.
- Kocaman, B. (2003). *Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Koç, E., Kaplan, E. (2008). “Dünyada ve Türkiye’de genel enerji durumu-II Türkiye Değerlendirilmesi”, *Termodinamik Dergisi*, 188, 106-188.
- Koç, E., Kaya K. (2015). “Enerji Kaynakları- Yenilenebilir Enerji Durumu”, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 56 (668), 36-47.
- Koç, E., Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu–Genel Değerlendirme,” *Mühendis ve Makina Dergisi*, 54 (639), 32-44.
- Kost, C., Shammugam, S., Jülch, V., Nguyen, H., Schlegl, T. (2018). “Levelized Cost Of Electricity Renewable Energy Technologies”. *Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems Ise*, 50.
- KPMG (2016). *Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Vergi ve Teşvikler*.
- Kul, Y. (2012). *Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Metotlarının Kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi), Ankara: Gazi Üniversitesi
- Lee, H, Chang, C. (2018). “Comparative Analysis of MCDM Methods for Ranking Renewable Energysources in Taiwan”. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 92, 883- 896

- Lindal, B., (1973), "Industrial and Other Applications of Geothermal Energy". *Geothermal Energy*. UNESCO, Paris, 135-148.
- Liu, G., Li, M., Zhou, B., Chen, Y., Liao, S. (2018). "General Indicator for Techno Economic Assessment of Renewable Energy Resources", *Energy Conversion and Management*, 156, 416-426.
- Liu, M., Ren, H. (2014). "A New Intuitionistic Fuzzy Entropy and Application in Multi-Attribute Decision Making". *Information*, 5, 587-601.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) (2005). *Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri*, Envanter Serisi-201: ANKARA.
- Malikoğlu, M. (2017). "Geothermal Energy in Turkey and Around the World: A Review of the Literature and An Analysis Based On Turkey's Vision 2023 Energy Targets", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 485-492.
- Mann MK, Spath, PL. (2001). "A Life Cycle Assessment of Biomass Cofiring in A Coal Fired Power Plant". *CleanProdProcesses*, 3(2), 81-91.
- Mateo J.R.S.C (2012). *Multi-criteria analysis in the renewable energy industry*. Londra: Springer Science & Business Media.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2012). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi*. Ankara: MEB Yayınları.
- Mourmouris, J, 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.
- Mourmouris, J. C., Potolias, C., Fantidis J.G. (2012). "Evaluation of Renewable Energy Sources Exploitation at Remote Regions, Using Computing Model and Multi-Criteria Analysis: A Case-Study in Samothrace, Greece". *International Journal Of Renewable Energy Research*, 2 (2), 307-316.
- Nalan, Ç. B., Murat, Ö., Nuri, Ö. (2009). "Renewable Energy Market Conditions And Barriers in Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1428-1436.

- Nasruddin, Alhamid, M. I., Daud Y, Surachman A, Sugiyono A, Aditya HB, Mahlia, T. M. I. (2016). “Potential of Geothermal Energy for Electricity Generation in Indonesia: A Review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 733–740
- Nigim, K., Munier, N., Green, J. (2004). “Pre-Feasibility MCDM Tools to Aid Communities in Prioritizing Local Viable Renewable Energy Sources”, *Renewable energy*, 29, 1775–1791.
- Oğulata, R. 2007. “Potential of Renewable Energies in Turkey”. *Energy Engineering*, 133 (1), 63-68.
- Oğuz, M., Akkurt, Ş (2017). “Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli”. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 362-374
- Onat N., Bayar, H. (2010). “The sustainability indicators of power production systems”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (9), 3108-3115
- Orakçı, E., Ozdemir, A. (2017). “Telafl Edici Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Türkiye ve AB Ülkelerinin İnsani Gelişmişlik Düzeylerinin Belirlenmesi”. *AKU İİBF Dergisi*, XIX (1)1, 61-74
- Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA) (2012). *TR83 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*, Samsun: OKA.
- Öğüt A. (2013). *Yönetimin Esasları*. Ankara: Nobel.
- Ömürbek, N., Aksoy, E. (2016). “Bir Petrol Şirketinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Performans Değerlendirmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 723-756.
- Ömürbek, N., Balcı, H. F. (2017). “Entropi Temelli Copras Yöntemi ile Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye’nin Havayolu Taşımacılığının Değerlendirilmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8 (18), 13-25.
- Özbek, A. (2015). “Efficiency Analysis of Foreign-Capital Banks in Turkey by OCRA and MOORA”. *Research Journal of Finance and Accounting*, 6 (13), 21-31
- Özbek, A. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü*. Ankara: Seçkin Yayıncılık

- Özcan, E. C., Erol, S. (2014). “A Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming Model for Energy Resource Allocation Problem: The Case of Turkey”. *Gazi University Journal of Science*, 27(4), 1157-1168.
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., Eren, T. (2017). “ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi”. *SUJEST*, 5(2), 204-219.
- Özçelik, G., Aydoğan, E. K., Gencer, C. (2014), “A Hybrid Moora Fuzzy Algorithm For Special Education and Rehabilitation Center Selection”, *Journal of Military and Information Science*, 2 (3), 53–62.
- Özdağoğlu, A. (2013), “Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(2), 229-252
- Özdemir, F. (2017). *Sosyal Yenilik Potansiyelinin Değerlendirilmesine Yönelik Ölçek Geliştirme ve Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Model Önerisi*, (Doktora Tezi). Ankara: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özek, M. B., Akpolat, Z. H. (2010). “Bulanık Mantık İçin Yeni Bir Yaklaşım: Tip-2 Bulanık Mantık”. *e-Journal of New World Sciences Academy*.5(3), 541-557
- Özgür, M.A. (2008). “Review of Turkey’s renewable energy potential”. *Renewable Energy*, 33, 2345–2356.
- Öztel, A. (2016). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım*, (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Paksoy, S. (2017). *Çok Kriterli Karar vermede Güncel Yaklaşımlar*. Adana: Karahan Kitapevi
- Paksoy, T., Pehlivan, Y.,N., Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi*. Ankara: Nobel Yayın
- Papadopoulos A, Karagiannidis A. (2008). “Application of the Multi-Criteria Analysis Method Electre III for the Optimisation of Decentralised Energy Systems”. *Omega*, 36, 766–76.

- Podvezko, V. (2011). "The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2), 134-146
- Polatidis, H., Munda, D., Haralambopoulos, G. (2006). "Selecting an Appropriate Multi Criteria Decision Analysis Technique for Renewable Energy Planning", *Energy Sources*, Part B (1), 181–193.
- Ramik J., Perzina, R. (2014). "Solving Decision Problems with Dependent Criteria by New Fuzzy Multicriteria Method in Excel". *Journal of Business & Management*, 3(4), 01-16
- Robbins, S., P., Cenzo, D. A. (2008). *Fundamentals of Management: Essential Concept and Applications*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Rüzgâr Veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği Kanunu (2017), *T.C. Resmi Gazete*, 30065, 13 Mayıs 2017.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, NewYork: McGraw-Hill.
- Sadegh, A., Larimianb, T., Molabashicet, 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., Donalalp, B. (2016), "Bulanık Çok-kriterli Karar Verme Perspektifinden Türkiye İçin Enerji Kaynakları Değerlendirmesi". *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11, 233-256
- Saito, S. (2010). "Technologies for High Performance and Reliability of Geothermal Power Plants". *Proceedings World Geothermal Congress*: Indonesia.
- 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, 498-502.
- Schallenberg-Rodríguez, J., Montesdeoca, N. G. (2018). "Spatial Planning to Estimate the Offshore Wind Energy Potential in Coastal Regions and Islands. Practical Case: The Canary Islands". *Energy*, 143, 91-103.

- Selbaş, R., Yakut, A. K., Şencan, A. (2003). “Güneş Kulesi Modeli İle Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Bir Uygulama”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimlerleri Dergisi*, 9(2), 179-184.
- Serhat Kalkınma Ajansı (SERKA) (2015). *TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu*. Kars: SERKA.
- Seydioğulları, H. C: (2013). “Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji”, *Planlama*, 23(1), 19-25.
- Shannon, C. E. (1948). “A Mathematical Theory of Communication”. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- Shen Y.C. , Lin G.T.R., Li, K.P., Yuan, B.J.C (2010). “An Assessment of Exploiting Renewable Energy Sources With Concerns of Policy and Technology”. *Energy Policy*, 38(8), 4604–16.
- Souzangarzadeh, H., Rezvani, M.L., Jahan, A. (2017). “Selection of Optimum Design for Conical Segmented Aluminum Tubes as Energy Absorbers: Application of MULTIMOORA Method”. *Applied Mathematical Modelling*, 51, 546–560
- Sovacool, B. K. (2008). “Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey”. *Energy Policy*, 36, 2940– 2953.
- Streimikiene D, Balezentis T, Krisciukaitienė I, Balezentis A. (2012). “Prioritizing Sustainable Electricity Production Technologies: MCDM Approach”. *Renew Sustain Energy Rev*, 16(5), 3302–3311.
- Şahin, U. (2016). “Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesinde Analitik Ağ Süreci (AAS) Yöntemi İle Fayda, Fırsat, Maliyet ve Risk (FFMR) Analizinin Kullanılması”. *Cumhuriyet Science Journal (CSJ)*, 37, 180-188.
- Şamilov, A. (2015). *Entropi İnförmasyon ve Entropi Optimizasyon*. Ankara: NobelYayın.
- Şen, Z. (2002). *Temiz Enerji ve Kaynakları*, İstanbul: Su vakfı Yayınları.

- Şenel, M. C. (2012). *Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış* (Yüksek Lisans Tezi), Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şengül Ü, Eren M., Eslamian Shiraz S., Gezder V., Şengül A.B. (2015). “Fuzzy TOPSIS Method For Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey”. *Renew Energy*, 75, 617–25.
- Şengül, A., Tan, S., Atak, Ş., Şengül, A. B. (2014). “Türkiye Gökçeada’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli”, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 6(11), 41-55.
- Şenlik, İ. (2017). ”Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi”, *Elektrik Mühendisliği*, 462, 93-98.
- Şentürk, A. (2018). *Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme Bağlamında Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Örneği Üzerine Bir Değerlendirme*, (Yüksek Lisans Tezi), Gaziantep: Gaziantep üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sezer, F., Bali, Ö., Gürol, P. (2016). “Hazardous Materials Warehouse Selection as a Multiple Criteria Decision Making Problem”. *Journal of Economics Bibliography*, 3 (1S), 63-73.
- Streimikiene, D., Sliogeriene, J., Turskis, Z. (2016). “Multi-criteria analysis of electricity generation technologies in Lithuania”. *Renewable Energy* 85, 148-156
- T. C. Kalkınma Bakanlığı (KB) (2013). *Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (BGUS)*. Ankara: T. C. Kalkınma Bakanlığı
- Taha, R. A., Daim, T. (2013). “Multi-Criteria Applications in Renewable Energy Analysis, a Literature Review”. Daim, T. U., Oliver. T., Kim, J. (Eds.), *Research and Technology Management in the Electricity Industry, Green Energy and Technology* (ss. 17-30) içinde. London: Springer-Verlag
- Taktak, F., Ilı, M. (2018). “Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği”, *Geomatik Dergisi*, 3(1), 1-21.

- 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.
- The Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*, Pats: REN21.
- Topal, M. Topal, E. I. A. (2012), "Ürün Bitkilerinden Yenilenebilir Enerji Kaynağı Biyokütle Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi: Afyonkarahisar İli Örneği (2006-2010)", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 1-11.
- Troldborg M., Heslop S., Hough RL. (2014), "Assessing the Sustainability of Renewable Energy Technologies Using Multi-Criteria Analysis: Suitability of Approach for National-Scale Assessments And Associated Uncertainties". *Renew Sustain Energy Rev*, 39, 1173–84.
- 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), 1587–600.
- Turan, C. (2018). *1980 Sonrası Türkiye'nin Enerji Politikası*, (Yüksek lisans Tezi), İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü.
- Tükenmez M, Demireli E. (2012). "Renewable Energy Policy in Turkey With the New Legal Regulations". *Renewable Energy*, 39, 1-9.
- Türe, H., Koçak, D., Doğan, S. (2016). "MULTİMOORA Yöntemi ile Ülke Riski Değerlendirmesi". *Gazi Üniversitesi İktisadi ve idari Bilimler Dergisi*, 18(3), 824-844
- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB). (2018). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*, Ankara: TÜREB.
- Uluatam, E. (2010). "Yenilenebilir Enerji Teşvikleri", *Ekonomik Forum*,(), 34- 41.
- Ürün, E., Soyu, E . (2016). "Türkiye'nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme". *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31-45.

- Wang J.J., Jing, Y.Y, Zhang, C.F., Shi, G. H., Zhang, X.T. (2008a). “A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Trigeneration System”, *Energy Policy*, 36, 3823–3832
- Wang J.J., Jing, Y.Y, Zhang, C.F., Zhang, X.T., Shi, G. H. (2008b). “Integrated Evaluation of Distributed Triple-Generation Systems Using Improved Grey Incidence Approach”, *Energy Policy*, 33, 1427-1437
- Wang, J-J., Jing, Y. Y., Zhang, C., Zhao, J. (2009). “Review On Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2263–2278
- Wang, TC., Chang, TH. (2007). “Application of TOPSIS in Evaluating Initial Training Aircraft Under A Fuzzy Environment”. *Expert Syst Appli*, 33, 870-880.
- Wang, Y-J. (2014). “The Evaluation of Financial Performance for Taiwan Containershipping Companies by Fuzzy TOPSIS”. *Applied Soft Computing*, 22, 28–35.
- Wei, M., Patadia, S. ve Kammen, D. M. (2010). “Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?”. *Energy Policy*, 38(2), 919-931.
- Wijesuriya, D.T.P., Wickramathilaka, K.D.S.H., Wijesinghe, L.S., Vithana, D.M., Ranjit Perera, H.Y. (2017). “Reduction of Solar PV Payback Period Using Optimally Placed Reflectors”. *Energy Procedia*, 134, 480–489
- World Energy Council (WEC). *2010 Survey of Energy Resources*, Londra: WEC.
- World Energy Council (WEC). *World Energy Resources 2013 Survey (4184478)*, Londra: WEC.
- World Future Council (WFC) (2016). *Renewable Energy and Sustainable Development Accounting for Impacts on the Path to 100% RE*, Almanya: Oeding Print GmbH.
- Vatansever, K., Uluköy, M. (2013), “Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe

- Bir Uygulama”, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (2), 274-293.
- Xu, Z. (2008). “On Multi-Period Multi-Attribute Decision Making”. *Knowledge-Based Systems*, 21,164–171.
- Yalçın, L. (2016). *Iğdır ve FV Güneş Elektrikliği*. Kars: SERKA.
- Yaman, M, Haşıl, F. (2018). “Türkiye’deki Hidroelektrik Santrali (Hes) Uygulamalarına Çevre Açısından Bakış”, *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*, 5, 145-156.
- Yapraklı, S., Bayramoğlu, T. (2014). “Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Ekonomik Etkileri: TRA1 Bölgesi Üzerine Bir Saha Araştırması”, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (2), 319-336.
- Yavuz, V. A. (2016). “Coğrafi Pazar Seçiminde Promethee ve Entropi Yöntemlerine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama”. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 163-177.
- Yazdani-Chamzini, A, Fouladgar, M.M., Zavadskas, E. K., Moini, S.H.H. (2013). “Selecting The Optimal Renewable Energy Using Multi Criteria Decision Making.”, *J Bus Econ Manag*, 14(5), 957–78
- Yeldan, E., Taşçı, K., Volvoda, E., Özsan, M.E. (2012). *Orta Gelir Tuzağından Çıkış: Hangi Türkiye?*, Cilt 1: Makro/ Bölgesel/ Sektöre Analiz, İstanbul: Sis Matbaacılık
- Yeldan, E., Taşçı, K., Volvoda, E., Özsan, M.E. (2013). *Orta Gelir Tuzağından Çıkış: Hangi Türkiye? Cilt 2: Bölgesel Kalkınma ve İkili Tuzaktan Çıkış Stratejisi*, İstanbul: Sis Matbaacılık
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) (2014). *Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*. Ankara: YEGM.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) (2017). *2017 Birim Faaliyet Raporu*. Ankara: YEGM.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik (2011). *T.C. Resmi Gazete*, 28001, 21 Temmuz 2011.

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, (2005). *T.C. Resmi Gazete*, 5346, 18 Mayıs 2005.
- Yeniyayla, Y. (2011). *Fuzzy Entropy And Its Applications* (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Yılmaz, A., Ünvar, S., Koca, T. ve Koçer, A. (2017). “Türkiye’de Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Üretimi İstatistik Bilgileri”. *Technological Applied Sciences*, 2(4), 218-232.
- Yılmaz, M. (2012). “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.
- Yılmaz, O. (2015). *Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye* (Yüksek Lisans Tezi), Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Yılmaz, O., Hotunluoğlu, H. (2015). “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye”. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 74-97.
- Yılmaz, S., A. (2014). *Yeşil İşler ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alanındaki Potansiyel* (Uzmanlık Tezi), Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
- Yuan, J. Li, C. Li, W., Liu, D. Li, X. (2017). “Linguistic Hesitant Fuzzy Multi Criterion Decision-Making for Renewable Energy: A Case Study in Jilin”. *Journal of Cleaner Production*, 1-14.
- Yıldırım, B. F. (2016). *Fuzzy ve Grey Copras Yöntemleri İle Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması* (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Yurtseven, İ. (2011). “Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Havzalar Üzerindeki Ekohidrolojik Etkileri (In English: Ecohydrological Effects of Run-of-River Type Hydroelectric Power Plants on the Watersheds)”, *Journal of the Faculty of Forestry*, 61 (1), 25-32.
- Zadeh, A. L. (1965). “Fuzzy Sets.” *Information and Control*, 8, 338–353.

- Zavadskas, E.K., A. Kaklauskas, Z. Turskis, J. Tamosaitiene (2008). "Contractor Selection Multi- Attribute Model Applynig COPRAS Method With Grey Interval Numbers", *International Conference 20th EURO Mini Conference "Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies*, Neringa, Lithuania, 241-247
- Zavadskas E.K., Antucheviciene, J. A., Hajiagha, S. H. R., Hashemi, S. S. (2015). "The Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy MULTIMOORA Method for Group Decision Making in Engineering". *Mathematical Problems in Engineering*, 1-13.
- Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy Set Theory-and Its Applications*, Fourth Edition. New York: Springer Science+Business Media.
- Zarrouk, S., Moon, H. (2014). "Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review". *Geothermics*, 51, 142–153.

İNTERNET KAYNAKLARI

- Amerika Ulusal Enerji Laboratuvarı (NREL) (2018). JEDI International Model. <https://www.nrel.gov/analysis/jedi/international.html>. (13.11.2018).
- Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi (JRC) (2018). Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. (24.05.2018).
- British Petroleum (BP). Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. (19.07.2018).
- Darling, S.,B., You, F., Veselkad T., Velosa A. (2011). Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. *Energy Environmental Science*, (4), 3133. <https://www.mcs.anl.gov/papers/P1810.pdf>. (26.10.2018).
- Elektrik Mühendisleri Odası KKTC [KTEMO] (2018). Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi.

<http://www.ktemo.org/uploads/documents/JeotermalKaynaklardanElektrikUretimi.pdf>. (01.05.2018)

Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) (2018b). 2018 Nihai Yek Listesi. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/8692> (01.02.2018).

Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) (2018c). Aylık Sektör Raporlar. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/AylikSektor>. (01.02.2018).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). Elektrik. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>. (19.07.2018b).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunumleri>. (19.07.2018a).

Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). İklim Değişikliği ve Uluslararası Müzakereler. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Iklim-Degisikligi-ve-Uluslararası-Muzakereler> (01.08.2018c).

Enerjiatlası.com. (2018). <http://www.enerjiatlası.com/sehir/>. (12.10.2018).

enerjiensitüsü.org. (2018). EPDK yenilenebilir enerjide esas alınacak kapasite faktörlerini belirledi. <https://enerjiensitüsü.org/2013/11/28/yenilenebilir-enerji-ruzgar-gunes-kapasite-faktoru/>. (24.05.2018).

ExxonMobile (2018). Outlook for Energy: A View to 2040. <https://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/outlook-for-energy/2018/2018-outlook-for-energy.pdf> (26.07.2018)

Fahri, A. (2015). Orta Gelir Tuzağı. <http://haber1.com/mobil/yazi/1094/orta-gelir-tuzagi>. (08.11.2018).

geturkiyeblog.com. (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çeşitleri. <https://geturkiyeblog.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-cesitleri/>. (02.06.2018).

- Gönüç, E. (2018). Son Dakika: Dünya Jeotermal Enerji Üretimi Kurulu Güç Sıralaması Değişti. <http://www.jeotermalhaberler.com/son-dakika-dunya-jeotermal-enerji-uretimi-kurulu-guc-siralamasi-degisti/>. (11.09.2018).
- Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA) . Yenilenebilir Enerji Araştırması ve Sonuç Raporu. http://www.investinbalikesir.com/upload/Node/24438/xfiles/GMKA_Yenilenebilir_Enerji_Arastirmasi1+1.pdf (15.08.2018).
- International Energy Agency (IEA) (2011). CO2 Emissions from Fuel Combustion-Highlights. <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2017>. (31.07.2018).
- International Energy Agency (IEA) (2017a). CO2 Emissions from Fuel Combustion-Highlights. <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2017> (31.07.2018).
- International Energy Agency (IEA) (2017b). Technology Roadmap Delivering Sustainable Bioenergy. <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-delivering-sustainable-bioenergy>. (07.08.2018).
- International Energy Agency (IEA) (2018). Global Energy & CO₂ Status Report 2017. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GECO2017.pdf>. (31.07.2018).
- Maden Tetkik ve Arama genel Müdürlüğü (MTA) (2018). Enerji Haritaları <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>. (12.09.2018).
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) (2017). Türkiye’ de Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Araştırma Çalışmaları (*Kasım 2017*). <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>. (04 05 2018.)
- MsxLABS. (2018). Enerji kaynaklarının kullanım alanları nelerdir?. <https://www.msxLABS.org/forum/soru-cevap/222027-enerji-kaynaklarinin-kullanim-alanlari-nelerdir.html#ixzz5QJObJm5a>. (06.09.2018)
- Peker, H. (2015). Yenilenebilir Enerjide Teknik Kapasite, Teknik Yapılabilir Kapasite ve Ekonomik Yapılabilir Kapasite.

<http://hasansencerpeker.blogspot.com/2015/04/yenilenebilir-enerjide-teknik-kapasite.html>. (24.05.2018).

seragazidogrulama.com (2018). Sera Gazı Nedir Sera Gazları Nelerdir Nasıl Oluşur Sera Gazı Etkisi Nedir Sera Gazı Emisyonu Nedir Nasıl azaltılır. <https://www.seragazidogrulama.com/sera-gazi-nedir-sera-gazlari-nelerdir-nasil-olusur-sera-gazi-etkisi-nedir-sera-gazi-emisyonu-nedir-nasil-azaltilir>. (14.11.2018).

Solar Power Europe (SPE). 2018. Global Market Outlook for Solar Power 2018 – 2022. <http://www.solarpowereurope.org/>. (09.08.2018)

Statista.com (2018). Carbon Dioxide emissions in Turkey from 2000-2017 (in million metric tons of CO₂). <https://www.statista.com/statistics/449827/co2-emissions-turkey/>. (14.11.2018).

T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı (2018). Enerji ve Yenilenebilir Kaynaklar. <http://www.invest.gov.tr/tr-tr/sectors/Pages/Energy.aspx>. (01.08.2018).

Tutaşı, C. C. (2018). Kurulu Gücü Bilinen Rüzgâr Türbininin Yıllık Ürettiği Elektrik Enerjisinin Hesaplanması. <https://tutasi.com/2012/10/22/3-kurulu-gucu-bilinen-ruzgar-turbininin-yillik-urettigi-elektrik-enerjisinin-hesaplanmasi/>. (30.04.2018).

Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyel Atlası (BEPa) (2018). <http://bepa.yegm.gov.tr/>. (15.08.2018)

Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2018a). 10 Yıllık Talep Tahminleri Raporu <https://www.teias.gov.tr/tr/node/146> (22.07.2018).

Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2018b). Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri. <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> (08.09.2018).

Türkiye Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA) (2018). <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>. (15.08.2018)

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2018a). Sınıflamalar. http://www.tuik.gov.tr/MicroVeri/GYKA_2014/turkce/metaveri/siiniiflamalar/index.html (18.07.2018).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2018b). İşgücü istatistikleri Bölgesel Sorunları. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=102&locale=tr> (05.11.2018).
- Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlası (REPA) (2018). http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html. (15.08.2018)
- U.S. Energy Information Administration (EIA) (2018). Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf. (29.10.2018).
- Ulusal Tarım (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanım Alanları. <http://www.ulusaltarim.com/5006/Yenilenebilir-Enerji-Kaynaklari-ve-Kullanim-Alanlari>. (06.09.2018)
- United Nations Climate Change (UNCC) (2018). KP Introduction. <https://unfccc.int/process#:2cf7f3b8-5c04-4d8a-95e2-f91ee4e4e85d>. (31.07.2018).
- Ünay, S. (2017). Orta gelir tuzağının neresindeyiz?. <http://www.lacivertdergi.com/dosya/2017/11/15/orta-gelir-tuzaginin-neresindeyiz>. (08.11.2018).
- World Nuclear Association (WNA) (2011). Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources. http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf. (14.11.2018).
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) (2018). http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx. (12.09.2018).

EKLER

EK 1. I. Bölümün Ekleri

Ek 1.1. Dünya Ülkelerinin Enerji Tüketimleri (BP, 2018).

	TÜKETİM (MTEP)				TÜKETİM (TWh)				Tüketim Oranları	
Ülkeler/ Yıllar	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	%	% lik Sıralama
ABD	2246,20	2227,00	2228,00	2234,90	26123,31	25900,01	25911,64	25991,89	17,83	2,00
Kanada	335,40	331,10	339,00	348,70	3900,70	3850,69	3942,57	4055,38	2,78	6,00
Meksika	185,20	181,60	194,90	189,30	2153,88	2112,01	2266,69	2201,56	1,51	14,00
Toplam Kuzey Amerika	2766,80	2739,70	2761,90	2772,90	32177,88	31862,71	32120,90	32248,83		
Arjantin	84,60	86,40	86,60	85,90	983,90	1004,83	1007,16	999,02	0,69	32,00
Brezilya	301,80	299,10	293,00	294,40	3509,93	3478,53	3407,59	3423,87	2,35	9,00
Şili	35,10	35,90	37,60	38,30	408,21	417,52	437,29	445,43	0,31	51,00
Kolombiya	40,70	41,50	42,10	42,60	473,34	482,65	489,62	495,44	0,34	48,00
Ekvator	16,00	15,90	15,80	16,50	186,08	184,92	183,75	191,90	0,13	70,00
Peru	22,60	23,80	25,30	25,90	262,84	276,79	294,24	301,22	0,21	62,00
Trinidad & Tobago	20,50	20,30	18,20	18,10	238,42	236,09	211,67	210,50	0,14	69,00
Venezuela	81,10	78,80	74,30	74,20	943,19	916,44	864,11	862,95	0,59	36,00
Diğer	95,40	99,30	103,90	104,70	1109,50	1154,86	1208,36	1217,66	0,84	26,00
Toplam Orta Amerika	697,80	701,00	696,80	700,60	8115,41	8152,63	8103,78	8147,98		
Avusturya	33,70	33,70	34,90	35,90	391,93	391,93	405,89	417,52	0,29	52,00
Belçika	56,80	58,00	62,40	62,30	660,58	674,54	725,71	724,55	0,50	39,00
Çek Cumhuriyet	40,50	40,50	39,80	41,60	471,02	471,02	462,87	483,81	0,33	49,00
Finlandiya	27,00	27,60	28,30	27,60	314,01	320,99	329,13	320,99	0,22	58,00
Fransa	240,60	242,30	238,90	237,90	2798,18	2817,95	2778,41	2766,78	1,90	12,00
Almanya	317,20	323,30	328,20	335,10	3689,04	3759,98	3816,97	3897,21	2,67	7,00
Yunanistan	26,40	26,60	26,60	27,60	307,03	309,36	309,36	320,99	0,22	58,00
Macaristan	20,30	21,40	22,00	23,20	236,09	248,88	255,86	269,82	0,19	64,00
İtalya	149,10	152,20	153,18	156,00	1734,03	1770,09	1781,48	1814,28	1,24	19,00
Hollanda	82,20	83,30	85,20	86,10	955,99	968,78	990,88	1001,34	0,69	31,00
Norveç	46,30	47,00	47,30	47,50	538,47	546,61	550,10	552,43	0,38	44,00
Polonya	94,30	95,30	99,50	102,10	1096,71	1108,34	1157,19	1187,42	0,81	27,00
Potekiz	24,80	24,70	26,80	26,40	288,42	287,26	311,68	307,03	0,21	60,00
Romanya	32,70	32,80	32,80	33,90	380,30	381,46	381,46	394,26	0,27	53,00
İspanya	133,30	135,30	136,70	138,80	1550,28	1573,54	1589,82	1614,24	1,11	21,00
İsveç	52,10	53,40	52,80	54,40	605,92	621,04	614,06	632,67	0,43	40,00
İsviçre	28,90	28,30	27,30	26,40	336,11	329,13	317,50	307,03	0,21	60,00
Türkiye	125,60	137,50	144,40	157,70	1460,73	1599,13	1679,37	1834,05	1,26	17,00
İngiltere	192,00	194,40	192,20	191,30	2232,96	2260,87	2235,29	2224,82	1,53	13,00
Diğer Avrupa Ülkeleri	147,60	151,00	155,00	157,60	1716,59	1756,13	1802,65	1832,89	1,26	18,00
Toplam Avrupa	1871,40	1908,60	1934,28	1969,40	21764,38	22197,02	22495,68	22904,12		
Azerbaycan	13,50	14,70	14,60	13,90	157,01	170,96	169,80	161,66	0,11	71,00
Belarus	25,00	22,70	22,80	23,20	290,75	264,00	265,16	269,82	0,19	64,00
Kazakistan	64,40	63,10	64,50	67,40	748,97	733,85	750,14	783,86	0,54	37,00
Rusya	689,60	676,80	689,60	698,30	8020,05	7871,18	8020,05	8121,23	5,57	4,00
Türkmenistan	29,70	33,20	33,70	31,70	345,41	386,12	391,93	368,67	0,25	55,00
Ukranya	101,60	84,00	86,10	81,90	1181,61	976,92	1001,34	952,50	0,65	33,00
Özbekistan	45,60	48,40	42,80	43,00	530,33	562,89	497,76	500,09	0,34	47,00

<i>Diğerleri</i>	17,50	17,80	18,00	18,60	203,53	207,01	209,34	216,32	0,15	68,00
Toplam BIS	986,90	960,70	972,10	978,00	11477,65	11172,94	11305,52	11374,14		
<i>İran</i>	255,10	254,10	259,80	275,40	2966,81	2955,18	3021,47	3202,90	2,20	10,00
<i>Irak</i>	40,20	40,30	46,10	49,20	467,53	468,69	536,14	572,20	0,39	43,00
<i>İsrail</i>	23,30	24,60	24,90	25,80	270,98	286,10	289,59	300,05	0,21	63,00
<i>Kuveyt</i>	35,20	38,20	38,80	39,30	409,38	444,27	451,24	457,06	0,31	50,00
<i>Üman</i>	27,30	28,90	29,20	29,40	317,50	336,11	339,60	341,92	0,23	57,00
<i>Katar</i>	44,10	49,60	49,90	54,10	512,88	576,85	580,34	629,18	0,43	41,00
<i>Saudi Arabistan</i>	250,60	258,70	264,50	268,30	2914,48	3008,68	3076,14	3120,33	2,14	11,00
<i>Birleşik Arap Emirliği</i>	97,20	106,30	109,60	108,70	1130,44	1236,27	1274,65	1264,18	0,87	25,00
<i>Diğer Orta Asya Ülkeleri</i>	50,10	47,80	46,80	46,90	582,66	555,91	544,28	545,45	0,37	45,00
Toplam Orta Asya	823,10	848,50	869,60	897,10	9572,65	9868,06	10113,45	10433,27		
<i>Cezayir</i>	50,40	53,00	53,00	53,20	586,15	616,39	616,39	618,72	0,42	42,00
<i>Mısır</i>	82,90	84,40	88,20	91,60	964,13	981,57	1025,77	1065,31	0,73	29,00
<i>Morako</i>	18,40	18,90	19,10	19,60	213,99	219,81	222,13	227,95	0,16	67,00
<i>Güney Afrika</i>	125,50	120,60	123,00	120,60	1459,57	1402,58	1430,49	1402,58	0,96	23,00
<i>Diğer Afrika Ülkeleri</i>	147,90	152,50	154,70	164,50	1720,08	1773,58	1799,16	1913,14	1,31	16,00
Toplam Afrika	425,10	429,40	438,00	449,50	4943,91	4993,92	5093,94	5227,69		
<i>Avustralya</i>	135,10	138,00	139,50	139,40	1571,21	1604,94	1622,39	1621,22	1,11	20,00
<i>Bangladeş</i>	26,80	31,10	31,90	33,00	311,68	361,69	371,00	383,79	0,26	54,00
<i>Çin</i>	2973,50	3009,80	3047,20	3132,20	34581,81	35003,97	35438,94	36427,49	24,99	1,00
<i>Hong Kong</i>	27,30	28,10	28,80	30,90	317,50	326,80	334,94	359,37	0,25	56,00
<i>Hindistan</i>	666,80	686,90	722,30	753,70	7754,88	7988,65	8400,35	8765,53	6,01	3,00
<i>Endonezya</i>	166,00	165,40	167,40	175,20	1930,58	1923,60	1946,86	2037,58	1,40	15,00
<i>Japonya</i>	456,70	453,00	451,20	456,40	5311,42	5268,39	5247,46	5307,93	3,64	5,00
<i>Malezya</i>	93,90	95,10	97,60	99,60	1092,06	1106,01	1135,09	1158,35	0,79	28,00
<i>Yeni Zelanda</i>	21,10	21,30	21,70	22,10	245,39	247,72	252,37	257,02	0,18	66,00
<i>Pakistan</i>	66,70	70,20	76,50	80,90	775,72	816,43	889,70	940,87	0,65	34,00
<i>Filipinler</i>	34,90	38,30	40,60	43,30	405,89	445,43	472,18	503,58	0,35	46,00
<i>Singapur</i>	75,80	80,60	83,60	86,50	881,55	937,38	972,27	1006,00	0,69	30,00
<i>Güney Kore</i>	279,30	284,90	292,20	295,90	3248,26	3313,39	3398,29	3441,32	2,36	8,00
<i>Srilanka</i>	6,40	7,40	7,40	7,70	74,43	86,06	86,06	89,55	0,06	72,00
<i>Taivan</i>	114,40	112,90	114,00	115,10	1330,47	1313,03	1325,82	1338,61	0,92	24,00
<i>Tayland</i>	122,10	124,90	126,90	129,70	1420,02	1452,59	1475,85	1508,41	1,03	22,00
<i>Vietnam</i>	62,70	68,80	73,60	75,30	729,20	800,14	855,97	875,74	0,60	35,00
<i>Diğer Asya Ülkeleri</i>	53,30	55,50	63,10	66,50	619,88	645,47	733,85	773,40	0,53	38,00
Toplam Asya	5382,80	5472,20	5585,50	5743,40	62601,96	63641,69	64959,37	66795,74		
Toplam Dünya	11967,00	12099,40	12286,08	12532,90	139176,21	140716,02	142887,11	145757,63		
OECD Ülkeleri	5481,10	5494,60	5549,80	5605,00	63745,19	63902,20	64544,17	65186,15		
OECD Dışı Ülkeler	7472,80	7565,60	7708,70	7906,10	86908,66	87987,93	89652,18	91947,94		
Avrupa Birliği Ülkeleri	1626,70	1666,40	1689,20	1689,20	18918,52	19380,23	19645,40	19645,40		

Ek 1.2. Dünya Ülkelerinin Enerji Üretimi (BP, 2018).

Twh	2014	2015	2016	2017	Üretim Oranları	
					%	% lik Sıralama
ABD	4363,3	4348,7	4347,9	4281,8	16,76	2
Kanada	660,4	663,7	664,6	693,4	2,71	6
Meksika	303,3	310,3	320,3	315	1,23	13
Toplam Kuzey Amerika	5327,1	5322,7	5332,9	5290,2		
Arjantin	138,6	145,4	147,2	147	0,58	33
Brezilya	590,5	581,2	578,9	590,9	2,31	8
Şili	71,6	74,5	77,7	78,6	0,31	45
Kolombiya	72,7	75	74,4	75,3	0,29	46
Ekvator	24,30	26,00	27,30	28	0,11	68
Peru	45,5	48,3	51,7	52,5	0,21	58
Trinidad & Tobago	9,90	10,30	10,00	10,30	0,04	72
Venezuela	128,3	123,8	111,8	117,6	0,46	37
Diğer	206,6	213,2	224,4	215,5	0,84	24
Toplam Orta Amerika	1288,2	1297,7	1303,5	1315,8		
Avusturya	65,1	64,9	67,9	70,1	0,27	50
Belçika	72,7	69,8	85,5	86,4	0,34	43
Çek Cumhuriyeti	86	83,9	83,3	87	0,34	42
Finlandiya	68,2	68,8	68,8	67,9	0,27	52
Fransa	564,2	570,3	556,2	554,1	2,17	10
Almanya	626,7	646,9	649,1	654,2	2,56	7
Yunanistan	50,5	51,9	51,4	55,1	0,22	57
Macaristan	29,40	30,30	31,9	32,9	0,13	66
İtalya	279,8	283	289,8	295,4	1,16	17
Hollanda	103,4	110,1	115,2	116,6	0,46	38
Norveç	142	144,5	149	148,7	0,58	32
Polonya	159,1	164,9	166,6	170,3	0,67	28
Potekiz	52,8	52,4	60,3	60	0,23	56
Romanya	63,3	66,3	65,1	63,6	0,25	53
İspanya	278,8	281	274,6	275,4	1,08	19
İsveç	153,7	162,1	156,1	163,9	0,64	29
İsviçre	73,3	69,4	67,4	63,2	0,25	54
Türkiye	252	261,8	274,4	295,5	1,16	16
İngiltere	338,1	338,9	339,4	335,9	1,31	12
Diğer Avrupa Ülkeleri	296,3	297,3	305,7	305	1,19	14
Toplam Avrupa	3755,1	3818,7	3857,8	3901,3		
Azerbaycan	27,40	24,70	25,00	24,30	0,10	69
Belarus	34,70	34,20	33,60	34,30	0,13	65
Kazakistan	94,60	91,60	94,60	103,00	0,40	39
Rusya	1064,20	1067,50	1091,00	1091,20	4,27	4
Türkmenistan	20,10	21,50	22,60	22,80	0,09	70
Ukranya	182,80	163,70	164,60	157,10	0,61	31
Özbekistan	55,60	57,60	58,30	60,10	0,24	55
Diğerleri	44,10	43,30	43,00	46,60	0,18	60
Toplam BIS	1520,9	1504,2	1532,6	1539,5		
İran	275,6	280,2	286,1	304,4	1,19	15
Irak	71,2	75,3	86,3	93,3	0,37	41
İsrail	61,3	64,2	67,2	68,3	0,27	51
Kuveyt	65,1	68,3	70,1	72,6	0,28	49
Uman	29,10	32,80	34,20	35,90	0,14	64
Katar	38,70	41,50	42,30	43,80	0,17	62
Saudi Arabistan	333,7	359,6	370,4	375,6	1,47	11
Birleşik Arap Emirliği	116,5	127,4	129,6	135,8	0,53	34
Diğer Orta Asya Ülkeleri	84,7	80,5	78,8	81,3	0,32	44
Toplam Orta Asya	1076,1	1129,9	1165,1	1210,9		

Cezayir	64,2	68,8	71	75,2	0,29	47
Mısır	171,2	181,8	188,2	193,2	0,76	25
Morako	29,30	30,30	30,70	31,60	0,12	67
Güney Afrika	254,8	250,1	252,7	255,1	1,00	23
Diğer Afrika Ülkeleri	245,7	252,4	255,4	275,6	1,08	18
Toplam afrika	765,2	783,6	798	830,7		
Avustralya	247,6	254,3	259,4	259,4	1,02	22
Bangladeş	57,5	61,8	70,3	74,7	0,29	48
Çin	5649,6	5814,6	6133,2	6495,1	25,42	1
Hong Kong	39,9	38	38,3	37	0,14	63
Hindistan	1262,2	1319	1421,5	1497	5,86	3
Endonezya	228,6	234	248,6	260,4	1,02	21
Japonya	1062,7	1030,1	1002,3	1020	3,99	5
Malezya	143,6	147,2	159,3	162,3	0,64	30
Yeni Zelanda	43,6	44,3	43,9	44,3	0,17	61
Pakistan	107,3	110,5	118,6	123,9	0,48	35
Filipinler	77,3	82,4	90,8	94,4	0,37	40
Singapur	49,3	50,3	51,6	52,4	0,21	59
Güney Kore	540,4	547,8	561	571,7	2,24	9
Srilanka	12,90	13,20	14,40	14,90	0,06	71
Taivan	260	258,2	264,1	270,3	1,06	20
Tayland	173,8	177,8	179,7	176,6	0,69	27
Vietnam	141,3	157,9	174,6	190,1	0,74	26
Diğer Asya Ülkeleri	89	91,4	108,9	118,3	0,46	36
Toplam Asya	10186,4	10432,8	10940,3	11462,9		
Toplam Dünya	23918,8	24289,5	24930,2	25551,3		
OECD Ülkeleri	10891,7	10930,3	10975,2	11013,2		
OECD Dışı Ülkeler	13027,1	13359,2	13954,9	14538,1		
Avrupa Birliği Ülkeleri	3187,3	3235,4	3254,6	3286,6		
Toplam Avrupa	3755,1	3818,7	3857,8	3901,3		
Azerbaycan	27,40	24,70	25,00	24,30	0,10	69
Belarus	34,70	34,20	33,60	34,30	0,13	65
Kazakistan	94,60	91,60	94,60	103,00	0,40	39
Rusya	1064,20	1067,50	1091,00	1091,20	4,27	4
Türkmenistan	20,10	21,50	22,60	22,80	0,09	70
Ukranya	182,80	163,70	164,60	157,10	0,61	31
Özbekistan	55,60	57,60	58,30	60,10	0,24	55
Diğerleri	44,10	43,30	43,00	46,60	0,18	60
Toplam BIS	1520,9	1504,2	1532,6	1539,5		
İran	275,6	280,2	286,1	304,4	1,19	15
Irak	71,2	75,3	86,3	93,3	0,37	41
İsrail	61,3	64,2	67,2	68,3	0,27	51
Kuveyt	65,1	68,3	70,1	72,6	0,28	49
Uman	29,10	32,80	34,20	35,90	0,14	64
Katar	38,70	41,50	42,30	43,80	0,17	62
Saudi Arabistan	333,7	359,6	370,4	375,6	1,47	11
Birleşik Arap emirliği	116,5	127,4	129,6	135,8	0,53	34
Diğer Orta Asya Ülkeleri	84,7	80,5	78,8	81,3	0,32	44
Toplam Orta Asya	1076,1	1129,9	1165,1	1210,9		
Cezayir	64,2	68,8	71	75,2	0,29	47
Mısır	171,2	181,8	188,2	193,2	0,76	25
Morako	29,30	30,30	30,70	31,60	0,12	67
Güney Afrika	254,8	250,1	252,7	255,1	1,00	23
Diğer Afrika Ülkeleri	245,7	252,4	255,4	275,6	1,08	18
Toplam afrika	765,2	783,6	798	830,7		
Avustralya	247,6	254,3	259,4	259,4	1,02	22
Bangladeş	57,5	61,8	70,3	74,7	0,29	48
Çin	5649,6	5814,6	6133,2	6495,1	25,42	1

Hong Kong	39,9	38	38,3	37	0,14	63
Hindistan	1262,2	1319	1421,5	1497	5,86	3
Endonezya	228,6	234	248,6	260,4	1,02	21
Japonya	1062,7	1030,1	1002,3	1020	3,99	5
Malezya	143,6	147,2	159,3	162,3	0,64	30
Yeni Zelanda	43,6	44,3	43,9	44,3	0,17	61
Pakistan	107,3	110,5	118,6	123,9	0,48	35
Filipinler	77,3	82,4	90,8	94,4	0,37	40
Singapur	49,3	50,3	51,6	52,4	0,21	59
Güney Kore	540,4	547,8	561	571,7	2,24	9
Srilanka	12,90	13,20	14,40	14,90	0,06	71
Taivan	260	258,2	264,1	270,3	1,06	20
Tayland	173,8	177,8	179,7	176,6	0,69	27
Vietnam	141,3	157,9	174,6	190,1	0,74	26
Diğer Asya Ülkeleri	89	91,4	108,9	118,3	0,46	36
Toplam Asya	10186,4	10432,8	10940,3	11462,9		
Toplam Dünya	23918,8	24289,5	24930,2	25551,3		
OECD Ülkeleri	10891,7	10930,3	10975,2	11013,2		
OECD Dışı Ülkeler	13027,1	13359,2	13954,9	14538,1		
Avrupa Birliği Ülkeleri	3187,3	3235,4	3254,6	3286,6		

Ek 1.3. Ülkelerde Uygulanan Teşvik ve Desteklerin Özeti (KPMG, 2016).

	DÜZENLEYİCİ POLİTİKALAR								MALİ TEŞVİKLER VE KAMU FİNANS MANİ				
	Yenilenebilir enerji hedefleri	Tarife garantis/prim ödemesi	Elektrik şirketi kota zorunluluğu / Yenilenebilir Enerji Portföyü Standartları	Net ölçüm	Biyoyakıt zorunluluğu/direktifi	İstisna zorunluluğu/direktifi	Akp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatları	İhale	Sermaye sübvansiyonu, hibesi veya iadesi	Yatırım veya üretim vergisi indirimleri	Satış, enerji, CO ₂ , KDV veya diğer vergilerde indirimler	Enerji üretimi ödemesi	Kamu yatırımı, krediler veya hibeler
Avustralya *	○	●	○		●	●	○	★	○				
Avusturya	○	○			○		○		○	○		○	
Belçika	○		●	●	○		○	○	●	○	○		
Kanada	●	R*	●	●	○			○	○	○			
Fransa	R	R			○	○	○	○	○	○	○		○
Almanya	○	R			○	○			○	○	○		○
Yunanistan	○	R		○	○	○			○	○			
İrlanda	○	○			○	●	○	○					
İtalya	○	R		○	★	○	○	○	○		R		○
Japonya	R	R	○	○			○	○	○				
Hollanda	○	○		○	○		○		○	○	○	○	○
Yeni Zelanda	○								○				○
Norveç	○	○	○		○		○	○	○				
Polonya	○	○	○		○		○	R			○		○
Güney Kore	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○

Ek 1.4. Ülkelerde Uygulanan Teşvik ve Desteklerin Özeti (KPMG, 2016) (Devam)

* mevcut ulusal (eyalet veya bölgeyi de içerebilir)	
* yeni (* eyalet/bölgeyi ifade eder)	Boş: Kaldırılmış/suresi dolmuş
* mevcut eyalet/bölge (ulusal hariç)	R: Revizyon (* eyalet/bölgeyi ifade eder)

EK 2.II. Bölümün Ekleri

Ek 2.1. Bölgeler Enerji Verimliliği (BEV) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	0,34-0,34	2,7-2,7	0-0	6,22-6,22	0-0
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0-0-4,23	2,47-3,01-3,47	0-0-0	0-2,16-6,37	0-0-0
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0-0,44	2,79-2,89	0-4,61	2,35-2,83	0-1,09
TR31	İzmir	1,61-1,61	2,45-2,45	0-0	0,61-0,61	0-0
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0-1,01-1,30	1,09-1,80-2,70	0-5,33-6,09	0-1-1,1	2,07-2,62-3,10
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0-0,62-0,77-0,86	0-1,62-2,01-2,54	0-0-0-4,43	0-0,18-2,25-2,67	0-0-1,39-3,15
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,8-1,02-1,27	0-2,56-2,66	0-0-0	0-2,5-5,8	2,57-2,86-3,85
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0-0,15-0,26-0,36-0,64	0-0-0-0,61	0-0-0-0-0	0-0-1,79-4,484,69	0-2,2-2,82-2,83-4,63
TR51	Ankara	0,69-0,69	0-0	0-0	4,93-4,93	3,83-3,83
TR52	Konya, Karaman	0,84-1,24	0-0	0-0	5,66-6,56	2,14-2,17
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,92-0,93-1,58	0-0-1,41	0-0-0	0-0-2,15	1,24-4,33-4,34
TR62	Adana, Mersin	0-1,03	0-2,21	0-0	2,98-4,16	1,92-2,81
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,58-0,69-0,9	1,89-2,15-3,3	0-0-0	0,15-4-7	1,73-1,78-2,09
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,67-0,80-0,91-1,05-1,3	0-0-0-0-1,98	0-0-0-0-0	0-0,04-2,84-3,07-4,99	0-0-0-3,62-4,26
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,63-1,22-1,42	0-1,58-2,18	0-0-0	0-3,71-6,47	1,56-3,37-3,7
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0-0,31-0,32	0-0-0	0-0-0	0-0-4,34	0,9-2,56-2,75
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0-0-0,37	0-0-0	0-0-0	0-0-0,48	2,01-2,26-3,87
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,14-0,15-0,44-0,71	0-0-1,11-1,83	0-0-0	0-3,68-4,10-5,01	2,09-3,83-4,10-5,69
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0-0-0-0-0-0	0-0-0-0-0-0	0-0-0-0-0-0	00-0-0-0,89-5,33	2,63-2,73-2,74-2,81-3,09-3,38
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,06-0,64-1,42	0-0-0	0-0-0	0-0-0,19	2,13-2,90-3,25
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	0-0-0-0-0	0-0-0-0-0	0-0-0-0-0	0-0-0-0-0	0-1,87-2,00-2,14
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0-0,02-0,32-0,69	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-3,2-4,65	1,98-3,36-3,76-7,13
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0-0,26-0,86-1,31	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-2,13-2,64-3,076
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,88-1,01-1,75	0-0,97-2,17	0-0-0	0-0-0	0-1,45-3,1
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,76-0,79	0-0	0-0	0-3,38	2,47-2,51
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0-1,39-1,57-2,2	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-1,56-1,93-2,13

Ek 2.2. Bölgesel Elektrik Üretim Potansiyeli (BEÜP) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	88,89-88,89	2606,4-2606,4	1,15-1,15	68,68-68,68	0-0
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	86,42-87,65-88,89	1921,49-2165,31-2888,87	0-3,31-3,97	251,03-322,86-384,11	0-0-0
TR22	Balıkesir, Çanakkale	91,98-98,15	8119,77-8628,2	222,11-1818,09	119,35-233,37	0-29,13
TR31	İzmir	104,9-104,9	7397,04-7397,04	1676,81-1676,81	199,45-199,45	0,00
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	100,62-103,7-106,17	148,86-1574,81-3226,65	16,39-1261,09-11282,28	47,02-98,11-120,05	927,99-1289,12-2391,42
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	91,98-96,3-96,3-101,85	5,79-118,66-536,79-3308,62	76,13-564,8-697,1-4166,05	26,35-31,09-164,31-179,12	0-0-51,95-97,35
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	88,04-88,27-92,29	25,66-192,59-2422,15	0,32-28,79-37,47	4,2-77,44-167,84	0-368,84-2174,37
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	79,01-82,72-82,72-85,8-87,65	1,25-48,57-73,08-332,66	0-0,12-28,44-30,02-118,4	4,13-17,10-38,19-49,34-156,35	0-0-466,16-537,96-935,2
TR51	Ankara	95,68-95,68	0-0	0-0	192,65-192,65	619,47
TR52	Konya, Karaman	101,23-103,7	169,48-582,56	0-36,26	55,5-611,17	77,58-2560,18
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	100-100,62-111,11	36,29-730,32-888,02	0-0-149,28	31,19-36,86-41,7	0-1345,44-2228,65
TR62	Adana-Mersin	104,32-106,17	560,8-2203,45	0-4,74	90,47-435,9	2418,8-19335,14
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	98,15-101,23-101,23	448,08-1293,17-2130,32	0-0-12,4	71,48-104,98-113,76	116,17-2280,85-9828,64
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	94,4-96,3-96,91-101,23-101,23	0-0-0-5,14-38,74	0-22,18-36,5-95,7-221,69	14,09-30,91-31,47-49,9-101,48	0-0-0-394,31-1019,48
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	93,83-93,83-96,91	671,72-1024,9-1176,41	3,77-75,76-154,87	61,18-61,95-118,15	33,57-664,03-2247,86
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	83,95-86,42-87,65	0-38,44-45,78	0-0-0,49	6,8-31,53-18,71	309,02-525,41-901,55
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	82,72-84,57-90,74	26,81-196,78-321,28	0-0-14,05	25,93-26-57,68	12,98-279,06-901,85
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	81,48-87,04-87,65-90,74	97,44-748,49-1875,4-3258,8	1,15-6,9-8,38-18,6	64,54-81,85-82,69-187,67	289,38-1237,12-2782,2-4020,57
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	67,9-72,22-74,69-75,93-75,93-86,42	0-0,65-6,09-10,53-100,14-1420	0-0-0-0-0,06-6,97	2,87-14,09-17,45-41,49-47,23-60,41	3935,6-5891,3-6394,58-6958,99-7708,84-8803,37
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	85,8-90,74-90,74	0-11,08-62,22	0-1,35-30,93	16,75-26,21-123,2	296,12-2979,45-8347,42
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	82,1-85,15-87,65-87,65	0,15-1,10-2,10-5,74	0-0-0-125,35	35,04-48,5-52,84-101,62	0-105,84-411,01-1354,35
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	93,82-97,53-98,37-99,38	8,19-38,34-641,72-870,5	0-0,91-1,17-8,64	6,52-16,68-29,29-30,48	194,86-959,46-2088,81-10640,65
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	70,37-83,95-88,27-96,68	0-12,08-13,78-18,37	0-0-0-38,66	7,29-18,01-37,08-69,73	135,14-336,14-485,04-543,28
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	101,85-103,09-103,7	0-166,53-746,85	0-0-0	4,06-24,60-122,29	0-26,3-2451,49
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	100,62-103,7	0,15-396,26	9,07-82,38	146,19-174,08	0-551,72
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	98,77-100-100,62-101,85	0-4,94-317,54-913,03	0-0-0,42-4,62	2,52-11,07-19,97-153,97	0-0-608,44-4012,24

Ek 2.3. Bölgesel Birincil Enerji Tasarruf Oranı (%) (BBETO) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	0-0	1,542-1,542	0-0	1,056-1,056	0-0
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0-0-0	3,814-15,3-48,960	0-0-0	0-0,21-2,587	0-0-0
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0-0	23,337-90,696	0-1,41	0-1,704	0-0
TR31	İzmir	0-0	15,890-15,890	0-0	0,002-0,002	0-0
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0-0-0	0-3,77-22,947	0-18,82-107,601	0-0,0770,716	2,952-5,66-5,673
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0-0-0-0	0-6,87-21,12-37,027	0-0-0-9,582	0-0-0-2,22	0-0-0,35-1,87
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0-0-0	0-0-1,811	0-0-0	0-0,002-0,811	0-4,86-5,242
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0-0-0	0-0-0-0-5,61	0-0-0-0-0	0-0-0,131-0,457-0,546	0-0-3,96-13,98-15,89
TR51	Ankara	0-0	0-0	0-0	1,253-1,254	0,84-0,84
TR52	Konya, Karaman	0-0	0-4,937	0-0	0,888-1,042	0,133-48,602
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0-0-0	0-0-7,242	0-0-0	0-0,157-0,188	0-2,43-3,916
TR62	Adana, Mersin	0-0	0-9,053	0-0	0-1,321	8,307-42,948
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0-0-0	1,082-15,02-24,919	0-0-0	0,017-0,37-0,538	0,462--8,81-37,653
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0-0-0-0-0	0-0-0-0-71,528	0-0-0-0-0	0-0-0,06-0,59-4,110	0-0-0-27,6-39,884
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0-0-0	0-12,26-16,147	0-0-0	0-0,78-1,03	0,612-4,07-43,625
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	1,3-10,17-35,542
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0,906-9,67-12,078
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0-0-0	0-0-16,99-32,225	0-0-0-0	0-0-1,35-1,449	5,858-41,03-41,4-161,379
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0-0-0-0-0-0	0-0-0-0-0-0	0-0-0-0-0-0	0-0-0-0-1,553	63,452-129,91-149,39-291,5-300,507-396,210
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0,325	83,527-162,48-207,268
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-5,3-73,92-75,734
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0-0-0-0,13	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0,730	2,872-32,05-139,95-214,94
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-1,729-12,96-62,129
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0-0-0-0	0-0,3-5,099	0-0-0	0-0-0,462	0-0,92-26,713
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0-0	0-0	0-0	0-0	0-5,123
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-0-0	0-0-24,08-288,803

Ek 2.4. Bölgesel Teknolojik Olgunluk (BTRL) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	2	2	1	2	1
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	1-1-2	2-2-2	1-1-1	1-2-2	1-1-1
TR22	Balıkesir, Çanakkale	2-2	2-2	1-2	2-2	1-2
TR31	İzmir	2	3-3	1	2	1
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	2-2-2	1-2-2	1-3-4	1-2-2	2-2-2
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	2-2-2	1-2-2-2	1-1-2-2	1-1-2-2	1-1-2-2
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	2-2-2	1-2-2	1-1-1	1-2-2	1-2-2
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	1-1-1-2-2	1-1-1-2-2	1-1-1-1-1	1-2-2-2-2	1-1-2-2-2
TR51	Ankara	2	1	1	2	2
TR52	Konya, Karaman	2-3	2-2	1-1	2-2	2-2
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	2-2-2	1-1-2	1-1-1	1-2-2	1-2-2
TR62	Adana, Mersin	2-2	1-2	1-1	1-2	2-2
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	2-2-2	2-2-2	1-1-1	2-2-2	2-2-2
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	2-2-2-2-2	1-1-1-1-2	1-1-1-1-1	1-1-2-2-2	1-1-1-2-2
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	2-2-2	1-2-2	1-1-1	1-2-2	2-2-2
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	1-2-2	1-1-1	1-1-1	1-1-1	2-2-2
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	1-1-2	1-1-1	1-1-1	1-1-1	2-2-2
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	1-2-2-2	1-1-2-2	1-1-1-1	2-2-2-2	2-2-2-2
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	1-1-1-1-1-1	1-1-1-1-1-1	1-1-1-1-1-1	1-1-1-1-1-2	2-2-2-2-2-2
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	2-2-2	1-1-1	1-1-1	1-2-1	2-2-2
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	1-1-1-1	1-1-1-1	1-1-1-1	1-1-1-1	1-2-2-2
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	1-2-2-2	1-1-1-1	1-1-1-1	1-2-2-1	2-2-2-2
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	1-1-1-2	1-1-1-1	1-1-1-1	1-1-1-1	2-2-2-2
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	2-2-2	2-2-1	1-1-1	1-2-1	1-2-2
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	2-2	1-1	1-1	1-2	1-2
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	1-2-2-2	1-1-1-1	1-1-1-1	1-1-1-1	1-2-2

Ek 2.5. Ekonomik Ömür (EÖ) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	25	25	25	20	30
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	25	25	25	20	30
TR22	Balıkesir, Çanakkale	25	25	25	20	30
TR31	İzmir	25	25	25	20	30
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	25	25	25	20	30
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	25	25	25	20	30
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	25	25	25	20	30
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	25	25	25	20	30
TR51	Ankara	25	25	25	20	30
TR52	Konya, Karaman	25	25	25	20	30
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	25	25	25	20	30
TR62	Adana, Mersin	25	25	25	20	30
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	25	25	25	20	30
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	25	25	25	20	30
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	25	25	25	20	30
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	25	25	25	20	30
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	25	25	25	20	30
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	25	25	25	20	30
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	25	25	25	20	30
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	25	25	25	20	30
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	25	25	25	20	30
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	25	25	25	20	30
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	25	25	25	20	30
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	25	25	25	20	30
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	25	25	25	20	30
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	25	25	25	20	30

**Ek 2.6. Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (Levelised cost of electricity)(\$/kWh)
(LCOE) Verileri**

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR31	İzmir	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR51	Ankara	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR52	Konya, Karaman	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR62	Adana, Mersin	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0,10	0,06	0,07	0,07	0,05

Ek 2.7. Devlet Teşvikleri (ABD Doları cent/kWh) (DT) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR22	Balıkesir, Çanakkale	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR31	İzmir	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR51	Ankara	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR52	Konya, Karaman	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR62	Adana, Mersin	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	20,00	11,00	13,20	18,90	9,60

Ek 2.8.Yatırım Geri Dönüş Süresi (YGDS) (Yıl) (YGDS) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR22	Balıkesir, Çanakkale	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR31	İzmir	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR51	Ankara	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR52	Konya, Karaman	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR62	Adana,Mersin	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRC1	Gaziantep, Adıyaman,Kilis	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	1-2,7	0,4-1,4	5,7	1,92	11,8

Ek 2.9. Sosyal Kabul Edilebilirlik (SK) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR31	İzmir	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR51	Ankara	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR52	Konya, Karaman	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR62	Adana, Mersin	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0,1137	0,134	0,1312	0,127	0,0479

Ek 2.10. Yeşil İstihdam (Yİ) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	2500	1722	998	2821	1055
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	2500	1722	998	2821	1055
TR22	Balıkesir, Çanakkale	2500	1722	998	2821	1055
TR31	İzmir	2500	1722	998	2821	1055
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	2500	1722	998	2821	1055
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	2500	1722	998	2821	1055
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	2500	1722	998	2821	1055
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	2500	1722	998	2821	1055
TR51	Ankara	2500	1722	998	2821	1055
TR52	Konya, Karaman	2500	1722	998	2821	1055
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	2500	1722	998	2821	1055
TR62	Adana, Mersin	2500	1722	998	2821	1055
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	2500	1722	998	2821	1055
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	2500	1722	998	2821	1055
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	2500	1722	998	2821	1055
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	2500	1722	998	2821	1055
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	2500	1722	998	2821	1055
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	2500	1722	998	2821	1055
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	2500	1722	998	2821	1055
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	2500	1722	998	2821	1055
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	2500	1722	998	2821	1055
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	2500	1722	998	2821	1055
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	2500	1722	998	2821	1055
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	2500	1722	998	2821	1055
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	2500	1722	998	2821	1055
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	2500	1722	998	2821	1055

Ek 2.11. Sera Gazı Emisyon Miktarı (SGEM) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	85	26	38	45	26
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	85	26	38	45	26
TR22	Balıkesir, Çanakkale	85	26	38	45	26
TR31	İzmir	85	26	38	45	26
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	85	26	38	45	26
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	85	26	38	45	26
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	85	26	38	45	26
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	85	26	38	45	26
TR51	Ankara	85	26	38	45	26
TR52	Konya, Karaman	85	26	38	45	26
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	85	26	38	45	26
TR62	Adana, Mersin	85	26	38	45	26
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	85	26	38	45	26
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	85	26	38	45	26
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	85	26	38	45	26
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	85	26	38	45	26
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	85	26	38	45	26
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	85	26	38	45	26
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	85	26	38	45	26
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	85	26	38	45	26
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	85	26	38	45	26
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	85	26	38	45	26
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	85	26	38	45	26
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	85	26	38	45	26
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	85	26	38	45	26
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	85	26	38	45	26

Ek 2.12. Alan Gereksinimi (AG) Verileri

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR31	İzmir	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR51	Ankara	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR52	Konya, Karaman	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR62	Adana, Mersin	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRA2	Kars, Ağrı, Iğdır, Ardahan	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0,81	1,10	5,42	16,34	25,01

EK 3. IV. Bölümün Ekleri

Ek 3.1. Bölgelerin Kriter Ağırlık Listesi.

KOD	ŞEHİRLER	BEV			BEÜP			BBETO			BTRL			EÖ		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
TR10	İstanbul	0,189	0,187	0,185	0,296	0,292	0,289	0,205	0,203	0,200	0,057	0,056	0,055	0,002	0,002	0,002
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0,137	0,170	0,204	0,254	0,239	0,224	0,308	0,300	0,291	0,011	0,019	0,026	0,002	0,002	0,002
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0,060	0,087	0,114	0,287	0,278	0,269	0,334	0,327	0,319	0,001	0,010	0,020	0,002	0,002	0,002
TR31	İzmir	0,143	0,141	0,139	0,220	0,217	0,215	0,360	0,355	0,351	0,019	0,019	0,019	0,002	0,002	0,002
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0,068	0,091	0,115	0,199	0,239	0,278	0,316	0,291	0,267	0,011	0,025	0,039	0,003	0,002	0,002
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0,026	0,099	0,172	0,246	0,264	0,281	0,309	0,272	0,234	0,001	0,019	0,038	0,003	0,002	0,002
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,1011	0,1132	0,1254	0,1943	0,2453	0,2963	0,3177	0,2948	0,2719	0,0093	0,0194	0,0296	0,0026	0,0022	0,0018
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0,187	0,192	0,198	0,121	0,189	0,258	0,312	0,274	0,237	0,007	0,023	0,040	0,003	0,002	0,002
TR51	Ankara	0,196	0,193	0,190	0,215	0,212	0,209	0,257	0,254	0,250	0,014	0,014	0,013	0,002	0,002	0,002
TR52	Konya, Karaman	0,207	0,190	0,173	0,163	0,202	0,241	0,295	0,286	0,278	0,012	0,013	0,015	0,002	0,002	0,002
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,163	0,187	0,210	0,169	0,194	0,218	0,273	0,271	0,268	0,010	0,021	0,033	0,003	0,002	0,002
TR62	Adana, Mersin	0,098	0,123	0,148	0,302	0,286	0,270	0,285	0,268	0,251	0,001	0,016	0,032	0,002	0,002	0,002
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,123	0,126	0,129	0,277	0,287	0,296	0,254	0,255	0,256	0,008	0,008	0,007	0,002	0,002	0,002
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,120	0,151	0,183	0,186	0,222	0,258	0,283	0,265	0,247	0,008	0,021	0,035	0,003	0,002	0,002
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,119	0,136	0,153	0,186	0,209	0,233	0,291	0,283	0,275	0,010	0,017	0,025	0,003	0,002	0,002
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0,176	0,200	0,225	0,228	0,209	0,191	0,303	0,311	0,318	0,014	0,016	0,017	0,002	0,002	0,002
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0,276	0,261	0,246	0,136	0,165	0,195	0,301	0,302	0,303	0,011	0,014	0,018	0,002	0,002	0,002
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,137	0,155	0,174	0,210	0,236	0,262	0,315	0,284	0,253	0,008	0,016	0,025	0,002	0,002	0,002
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0,201	0,201	0,201	0,262	0,247	0,232	0,274	0,290	0,306	0,010	0,014	0,018	0,002	0,002	0,002
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,198	0,200	0,202	0,272	0,266	0,260	0,279	0,288	0,296	0,009	0,009	0,008	0,002	0,002	0,001
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	0,275	0,282	0,288	0,186	0,186	0,185	0,275	0,282	0,288	0,009	0,010	0,011	0,002	0,002	0,001
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0,176	0,178	0,181	0,277	0,266	0,255	0,278	0,290	0,302	0,010	0,016	0,023	0,002	0,002	0,002
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0,245	0,228	0,211	0,163	0,176	0,189	0,304	0,315	0,326	0,011	0,015	0,018	0,002	0,002	0,002
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,152	0,157	0,163	0,200	0,240	0,279	0,312	0,304	0,297	0,008	0,007	0,006	0,002	0,002	0,002
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,189	0,171	0,153	0,059	0,126	0,193	0,383	0,367	0,352	0,012	0,020	0,027	0,002	0,002	0,002
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0,214	0,199	0,184	0,205	0,229	0,252	0,299	0,302	0,304	0,010	0,016	0,021	0,002	0,002	0,002

Ek 3.1. Bölgelerin Kriter Ağırlık Listesi (Devam)

KOD	ŞEHİRLER	LCOE			DT			YGDS			SK			Yİ			SGEM			AG		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
TR10	İstanbul	0,006	0,006	0,006	0,009	0,009	0,009	0,073	0,084	0,094	0,011	0,011	0,011	0,018	0,018	0,018	0,024	0,024	0,023	0,110	0,109	0,108
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	0,007	0,006	0,006	0,010	0,009	0,008	0,083	0,086	0,089	0,013	0,011	0,010	0,021	0,019	0,017	0,027	0,025	0,022	0,126	0,114	0,102
TR22	Balıkesir, Çanakkale	0,008	0,007	0,006	0,010	0,009	0,009	0,083	0,086	0,089	0,013	0,011	0,010	0,021	0,019	0,017	0,027	0,025	0,022	0,126	0,114	0,102
TR31	İzmir	0,006	0,006	0,006	0,009	0,009	0,009	0,073	0,084	0,094	0,011	0,011	0,011	0,018	0,018	0,018	0,024	0,024	0,023	0,110	0,109	0,108
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	0,007	0,006	0,006	0,010	0,009	0,008	0,083	0,086	0,089	0,013	0,011	0,010	0,021	0,019	0,017	0,027	0,025	0,022	0,126	0,114	0,102
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	0,007	0,006	0,006	0,010	0,009	0,008	0,083	0,086	0,089	0,013	0,011	0,010	0,021	0,019	0,017	0,027	0,025	0,022	0,126	0,114	0,102
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	0,009	0,007	0,006	0,013	0,011	0,009	0,108	0,100	0,093	0,016	0,014	0,011	0,027	0,022	0,018	0,035	0,029	0,023	0,162	0,134	0,107
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	0,009	0,007	0,006	0,013	0,011	0,009	0,108	0,100	0,093	0,016	0,014	0,011	0,027	0,022	0,018	0,035	0,029	0,023	0,162	0,134	0,107
TR51	Ankara	0,008	0,007	0,007	0,011	0,011	0,011	0,092	0,105	0,117	0,014	0,014	0,013	0,023	0,023	0,022	0,030	0,030	0,029	0,138	0,136	0,134
TR52	Konya, Karaman	0,008	0,007	0,006	0,011	0,011	0,010	0,092	0,105	0,117	0,014	0,014	0,013	0,023	0,023	0,022	0,030	0,030	0,029	0,138	0,136	0,134
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	0,009	0,007	0,006	0,014	0,011	0,009	0,111	0,103	0,109	0,017	0,014	0,012	0,028	0,023	0,021	0,036	0,028	0,025	0,167	0,140	0,117
TR62	Adana, Mersin	0,007	0,006	0,006	0,011	0,011	0,010	0,091	0,103	0,104	0,014	0,013	0,012	0,023	0,021	0,020	0,030	0,028	0,026	0,137	0,128	0,119
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	0,008	0,007	0,007	0,012	0,011	0,010	0,097	0,103	0,109	0,015	0,014	0,012	0,025	0,023	0,021	0,032	0,029	0,027	0,147	0,135	0,124
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	0,010	0,008	0,006	0,014	0,012	0,009	0,116	0,106	0,097	0,018	0,014	0,011	0,029	0,024	0,018	0,038	0,031	0,024	0,175	0,143	0,111
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	0,009	0,008	0,007	0,014	0,012	0,010	0,114	0,112	0,110	0,017	0,015	0,013	0,029	0,025	0,021	0,037	0,032	0,027	0,171	0,148	0,125
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	0,007	0,006	0,005	0,010	0,009	0,008	0,080	0,083	0,087	0,012	0,011	0,010	0,020	0,018	0,017	0,026	0,024	0,022	0,121	0,110	0,099
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	0,007	0,006	0,005	0,010	0,009	0,008	0,080	0,081	0,083	0,012	0,011	0,009	0,020	0,018	0,016	0,026	0,023	0,021	0,120	0,107	0,095
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	0,008	0,007	0,006	0,012	0,011	0,009	0,095	0,097	0,100	0,014	0,013	0,011	0,024	0,021	0,019	0,031	0,028	0,025	0,143	0,129	0,114
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	0,006	0,006	0,005	0,009	0,008	0,008	0,073	0,079	0,085	0,011	0,010	0,010	0,018	0,017	0,016	0,024	0,022	0,021	0,110	0,103	0,097
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	0,006	0,005	0,005	0,009	0,008	0,008	0,070	0,075	0,081	0,011	0,010	0,009	0,018	0,017	0,016	0,023	0,022	0,020	0,105	0,099	0,093
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	0,006	0,005	0,005	0,009	0,008	0,007	0,074	0,076	0,079	0,011	0,010	0,009	0,019	0,017	0,015	0,024	0,022	0,020	0,111	0,101	0,090
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	0,006	0,006	0,005	0,009	0,009	0,008	0,075	0,079	0,084	0,011	0,010	0,010	0,019	0,017	0,016	0,025	0,023	0,021	0,113	0,104	0,096
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	0,007	0,006	0,006	0,010	0,009	0,008	0,080	0,084	0,089	0,012	0,011	0,010	0,020	0,019	0,017	0,026	0,024	0,022	0,120	0,111	0,102
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	0,008	0,007	0,006	0,012	0,010	0,009	0,090	0,092	0,096	0,014	0,012	0,010	0,020	0,019	0,017	0,026	0,024	0,022	0,120	0,111	0,102
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	0,008	0,007	0,006	0,012	0,010	0,009	0,090	0,092	0,096	0,014	0,012	0,010	0,020	0,019	0,017	0,026	0,024	0,022	0,120	0,111	0,102
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	0,008	0,007	0,006	0,012	0,010	0,009	0,090	0,092	0,096	0,014	0,012	0,010	0,020	0,019	0,017	0,026	0,024	0,022	0,120	0,111	0,102

Ek 3.2. Bölgeler için Uygun YEK Alternatif Sıralaması (Bulanık COPRAS).

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	BULANIK COPRAS				
		GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİYOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	3	1	4	2	5
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	3	1	4	2	5
TR22	Balıkesir, Çanakkale	3	1	2	4	5
TR31	İzmir	2	1	3	4	5
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	4	2	1	5	3
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	3	1	2	4	5
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	3	2	5	4	1
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	4	2	5	3	1
TR51	Ankara	4	3	5	2	1
TR52	Konya, Karaman	4	3	5	2	1
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	3	1	5	4	2
TR62	Adana, Mersin	4	2	5	3	1
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	4	2	5	3	1
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	3	1	5	4	2
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	3	1	5	4	2
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	4	2	5	3	1
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	3	2	5	4	1
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	4	2	5	3	1
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	4	2	5	3	1
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	3	2	5	4	1
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	3	2	5	4	1
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	4	2	5	3	1
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	2	3	5	4	1
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	3	2	5	4	1
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	4	2	5	3	1
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	2	3	5	4	1

Ek 3.3. Bölgeler için Uygun YEK Alternatif Sıralaması (BulanıkMULTIMOORA).

KOD	KAPSADIĞI ŞEHİRLER	BULANIK MULTIMOORA				
		GÜNEŞ	RÜZGAR	JEOTERMAL	BİYOKÜTLE	HİDROELEKTRİK
TR10	İstanbul	3	1	4	2	5
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	3	1	4	2	5
TR22	Balıkesir, Çanakkale	4	1	2	3	5
TR31	İzmir	3	1	4	2	5
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	5	2	1	4	3
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	5	1	2	3	4
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	4	2	5	3	1
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	4	2	5	3	1
TR51	Ankara	3	4	5	1	2
TR52	Konya, Karaman	4	3	5	2	1
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	3	2	5	4	1
TR62	Adana, Mersin	4	2	5	3	1
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	4	1	5	3	2
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	4	2	5	3	1
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	4	2	5	3	1
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	4	3	5	2	1
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	3	2	5	4	1
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	4	2	5	3	1
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	4	3	5	2	1
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	2	4	5	3	1
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	2	3	5	4	1
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	3	4	5	2	1
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	2	4	5	3	1
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	3	2	4	5	1
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	4	3	5	2	1
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	2	3	5	4	1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Özlem KARADAĞ ALBAYRAK
Doğum Yeri ve Tarihi	Iğdır-07.11.1977
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Y. Lisans Öğrenimi	Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri	Makaleler ❖ SENER Ö., KARADAĞ ALBAYRAK Ö. (2016). “Gri İlişki Analizi Yöntemi İle Personeldeğerlendirme”. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 9(17), 235-258. ❖ KARAASLAN A., KARADAĞ ALBAYRAK Ö. (2017). “Gri İlişkisel Analizi Yöntemi ile Tedarikçi Değerlendirme”, Uygulaması. Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi(19), 225-246. Bildiri/Sempozyum/Kongre ❖ YILDIZ S., KARADAĞ ALBAYRAK Ö. (2017). “Kars İli Halkının “Lojistik Merkez Algısı” Üzerine Bir Araştırma”. III. Uluslararası Kafkasya Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongres (Özet Bildiri/Sözlü Sunum). ❖ YILDIZ S., KARADAĞ ALBAYRAK Ö. (2016). “Ulusal Ve Uluslar Arası Yazında Lojistik Merkez Üzerine Yapılan Çalışmaların İçerik Analizi Yoluyla İncelenmesi” Iı.Uluslararası Kafkasya-Ortaasya Dış Ticaret Ve Lojistik Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum). ❖ NAKTİYOK A.,YILDIZ S.,KARADAĞ ALBAYRAK Ö. (2015). “Lojistik Ve Tedarik Zinciri Yönetimi Arasındaki Farklar: Akademisyenler Üzerine Bir Araştırma”. I.Uluslararası Kafkasya-Ortaasya Dış Ticaret Ve Lojistik Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).

İş Deneyimi	
Stajlar	❖ Ford Otomotiv Sanayi A.Ş – Atölye (1996) ❖ Ford Otomotiv Sanayi A.Ş Yönetim Organizasyon (1997) ❖ Toprak İlaç ve Kim. Mad. San. ve Tic. A.Ş. - Planlama (1998)
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	❖ Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü Öğretim Görevlisi (2016- Devam ediyor) ❖ Kafkas Üniversitesi Kars Meslek Yüksekokulu Öğretim Görevlisi (2013- 2016) ❖ Üretim Müdürlüğü- Rem Ahşap San. Tic. Ltd. Şti (2011-2013) ❖ Üretim Planlama Ve Kalite Güvence Sorumluluğu- Hakselburo Mobilyaları (2009-2011) ❖ Üretim Planlama Ve Kalite Güvence Sorumluluğu- Kılıç Yapı (Otomat) Malzemeleri (2006-2008) ❖ Üretim Planlama Sorumluluğu Şanal Isı Sistemleri (2005-2005) ❖ Endüstri Mühendisliği Depolar Sorumluluğu- Mintay Tekstil, Endüstri Mühendisliği (2001-2004).
İletişim	
E-Posta Adresi	ozlemkaradagalbayrak@gmail.com
Tarih	04. 2019