



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Mehmet Hilmi DUMAN

BATI AKDENİZ BÖLGESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN KURULUŞ YERİ
SEÇİMİ

İşletme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2018



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Mehmet Hilmi DUMAN

BATI AKDENİZ BÖLGESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN KURULUŞ YERİ
SEÇİMİ

Danışman
Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ

İşletme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2018

T.C.
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Mehmet Hilmi DUMAN 'ın bu çalışması, jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA (İmza)

Üye (Danışmanı) : Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ (İmza)

Üye : Doç. Dr. Ömür TOSUN (İmza)

Tez Başlığı: Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 05/07/2018

Mezuniyet Tarihi : 19/07/2018

(İmza)
Prof. Dr. İhsan BULUT
Müdür

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(imza)

Mehmet Hilmi DUMAN



T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-Soyadı	Mehmet Hilmi DUMAN
Öğrenci Numarası	20118504007
Enstitü Ana Bilim Dalı	İşletme
Programı	Tezli Yüksek Lisans
Programın Türü	(X) Tezli Yüksek Lisans () Doktora () Tezsiz Yüksek Lisans
Danışmanın Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ
Tez Başlığı	Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi
TurnItIn Ödev Numarası	981615051

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 95 sayfalık kısmına ilişkin olarak, 10/07/2018 tarihinde tarafımdan TurnItIn adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nda belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve ekte sunulan rapora göre, tezin/dönem projesinin benzerlik oranı;

alıntılar hariç % 14

alıntılar dahil % 15'dir.

Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:

(x) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylarım.

() Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esasları'nda öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.

Gerekçe:

Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlerin ışığı altında tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.

10/07/2018

(imza)

Danışmanın Unvanı-Adı-Soyadı

Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET	viii
SUMMARY.....	ix
ÖNSÖZ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM KARAR VERME SÜRECİ

1.1.	Karar Verme	3
1.2.	Karar Tipleri	5
1.3.	Karar Verme Süreci	6
1.4.	Çok Kriterli Karar Verme	9
1.4.1.	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması	10
1.4.2.	Çalışmada Kullanılan Yöntemler	14
1.4.2.1.	En İyi- En Kötü Metodu (BWM)	14
1.4.2.2.	TOPSIS Yöntemi.....	17
1.4.2.2.1.	Tanımı Ve Özellikleri.....	17
1.4.2.2.2.	TOPSIS Yönteminin Karar Verme Süreci.....	18
1.4.2.3.	MOORA Yöntemi	20
1.4.2.3.1.	MOORA Oran Metodu.....	21
1.4.2.3.2.	MOORA Referans Nokta Metodu.....	21
1.4.2.3.3.	MOORA Tam Çarpım Formu.....	22
1.4.2.3.4.	MULTIMOORA Yöntemi.....	23

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ PORTRESİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

2.1.	Türkiye’nin Enerji Durumu	24
2.2.	Güneş Enerjisi.....	30
2.3.	Güneş Enerjisinden Faydalanma Teknolojileri.....	32
2.3.1.	Isıl (Düşük Sıcaklık) Sistemler	32
2.3.2.	Yoğunlaştırıcı Sistemler	33
2.3.2.1.	Parabolik Oluk Kolektörler	34
2.3.2.1.	Parabolik Çanak Sistemler	34
2.3.3.	Fotovoltaik (PV) Sistemler.....	35
2.3.3.1.	Tarihçesi	36
2.3.3.2.	Güneş Pilleri	36
2.3.3.3.	Güneş Pili Çeşitleri.....	38
2.3.3.3.1.	Monokristalin Silisyum Fotovoltaik Piller	38
2.3.3.3.2.	Polikristalin Silisyum Fotovoltaik Piller	38
2.3.3.3.3.	İnce Film Güneş Hücreleri	38
2.3.3.4.	PV Sistemde Kullanılan Techizatlar	39
2.3.3.5.	PV Sistem Çeşitleri.....	42
2.3.3.5.1.	Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistemler.....	42
2.3.3.5.2.	Şebeke Bağlantılı (On-Grid) Sistemler.....	43

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1.	Çalışmanın Amacı ve Önemi	45
3.2.	Çalışmanın Varsayımları	45
3.3.	Çalışmanın Yöntemi ve Yol Haritası.....	45
3.4.	Uygulama.....	47
3.4.1.	Kriterlerin Belirlenmesi.....	47

3.4.2.	Alternatiflerin Belirlenmesi.....	50
3.4.3.	Kriter Ağırlıklarının BWM ile Belirlenmesi.....	58
3.4.4.	TOPSIS Yöntemi ile Çözüm.....	60
3.4.5.	MOORA Yöntemi ile Çözüm	64
SONUÇ		72
KAYNAKÇA		74
ÖZGEÇMİŞ.....		80



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi Toplamı.....	25
Şekil 2.2 Türkiye'nin Toplam Birincil Enerji Tüketimlerinin Kaynak Bazında Gösterimi (Mtep).....	26
Şekil 2.3 Türkiye'nin Toplam Birincil Enerji Tüketimlerinin Kaynak Bazında Gösterimi (%)	26
Şekil 2.4 Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü (2017 Haziran İtibariyle).....	27
Şekil 2.5 2016 Yılı Sonu Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Dağılımı.....	28
Şekil 2.6 Güneş Enerjisinin Dünyaya Gelişi	31
Şekil 2.7 Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası	31
Şekil 2.8 Dünyada Güneş Kollektörü Üretim Kapasite Yüzdesi.....	33
Şekil 2.9 Parabolik Oluk Kollektörlü Enerji Santrali	34
Şekil 2.10 Parabolik Çanak Sistem Örneği	35
Şekil 2.11 Yarı İletken Maddenin Yapısı ve PV Dönüşüm.....	37
Şekil 2.12 Güneş Pili Hücresi, Modülü, Paneli ve Dizisi.....	37
Şekil 2.13 Mono Kristal Silikon Güneş Pili	38
Şekil 2.14 Polikristalin Sisliyum Güneş Pili.....	38
Şekil 2.15 İnce Film Güneş Hücreleri	40
Şekil 2.16 Güneş Paneli Bilgi Föyü	40
Şekil 2.17 Solar Evirici.....	41
Şekil 2.18 Şarj Regülatörü ve Batarya	41
Şekil 2.19 Sistem Bağlantı Elemanları	42
Şekil 2.20 Şebekeden Bağımsız PV Sistemi	42
Şekil 2.21 Çeşitli PV Sistem Uygulamaları	43
Şekil 2.22 Alanya Belediyesi'nin 3MW'lık Güneş Enerjisi Santrali	43
Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Metodolojik Adımlar	46
Şekil 3.2 Antalya İline Ait Güneş Potansiyeli Atlası	51
Şekil 3.3 Alanya Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)	51
Şekil 3.4 Döşemealtı Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat).....	52
Şekil 3.5 Elmalı Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)	

.....	52
Şekil 3.6 Burdur İli Güneş Potansiyeli Atlası	53
Şekil 3.7 Çeltikçi Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)	53
Şekil 3.8 Gölhisar Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)	54
Şekil 3.9 Karamanlı Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat).....	54
Şekil 3.10 Isparta İli Güneş Potansiyeli Atlası	55
Şekil 3.11 Şarkikarağaç Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat).....	55
Şekil 3.12 Sarıidris Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)	56
Şekil 3.13 Keçiborlu Global Radyasyon Değerleri ($\text{kWh/m}^2\text{-gün}$) ve Güneşlenme Süreleri (Saat).....	56

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Çok Amaçlı Karar Verme ve Çok Nitelikli Karar Verme Model ve Yöntemleri ...	11
Tablo 1.2 ÇNKV ile ÇAKV yöntemleri arasındaki karşılaştırması.....	12
Tablo 2.1 Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Görünümü	28
Tablo 2.2 Türkiye'nin Ortalama Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli	32
Tablo 2.3 Coğrafi Bölgelere Göre Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi	32
Tablo 2.4 Güneş kolektörlerinin Ürettiği Isıl Enerjinin Birincil Enerji Tüketimimize Katkısının Yıllara Göre Dağılımı	33
Tablo 3.1 Alternatifler ve Alternatiflere Ait Kriter Değerleri	57
Tablo 3.2 Soru Formlarına Uzmanlar Tarafından Verilen Cevaplar	58
Tablo 3.3 BWM İle Kriter Ağırlıkların Hesaplanması	59
Tablo 3.4 Karar Matrisinin Oluşturulması.	60
Tablo 3.5 Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.....	61
Tablo 3.6 Oluşturulan Normalize Karar Matrisi	61
Tablo 3.7 Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.....	62
Tablo 3.8 İdeal (A^*) ve Negatif İdeal Çözüm (A^-) Değerlerinin Elde Edilmesi	62
Tablo 3.9 İdeal Noktalara Uzaklık	63
Tablo 3.10 Negatif İdeal Noktalara Uzaklık	63
Tablo 3.11 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın hesaplanması.....	64
Tablo 3.12 Alternatiflerin Sıralanması	64
Tablo 3.13 Karar Matrisinin Oluşturulması.	65
Tablo 3.14 Normalizasyon İşleminin Yapılması	65
Tablo 3.15 Oluşturulan Normalize Karar matrisi	66
Tablo 3.16 Oluşturulan Normalize Karar matrisi	66
Tablo 3.17 Alternatiflerin Sıralanması	67
Tablo 3.18 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi	67
Tablo 3.19 MOORA Referans Yöntemin Göre Çözüm ...	68
Tablo 3.20 Alternatiflerin Sıralanması.....	67
Tablo 3.21 MOORA Tam Çarpım Yaklaşımı ile Çözüm.....	69
Tablo 3.22 MULTIMOORA Sonuç Tablosu.....	70
Tablo 3.23 TOPSIS ve MULTIMOORA Sonuç Karşılaştırılması.....	70
Tablo 3.24 Yöntem sıralamalarının sıra korelasyonları.....	71

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
BEK	Birincik Enerji Kaynağı
Bin Tep	Bin Ton Eşdeğer Petrol
BWM	Best-Worst Method
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DC	Doğru Akım
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EJ	Eksa Joule
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FLOWA	Fuzzy Logic Ordered Weight Averaging
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GIS	Geographic Information Systems
K	Kelvin Derece
kWh	Kilo Watt Saat
MOORA	Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis
mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	Mega Watt
P	Güç
PV	Fotovoltaik
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TM	Trafo Merkezi
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
W	Watt
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ÖZET

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Türkiye artan bu talebi karşılamak için temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. 2023 yılı enerji sektörü hedeflerinde, elektrik üretiminin %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması vardır. Bu hedeflere ulaşmak için yapılacak olan güneş enerjisi santral yatırımları Türkiye'nin coğrafi konumu sebebiyle son derece önemlidir.

Güneş enerjisi santrallerinin kuruluş yerlerinin belirlenmesinde birbiriyle çelişen birçok kriter olması karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak Batı Akdeniz Bölgesi'nde kurulması düşünülen güneş enerjisi santrali için dokuz adet alternatif içerisinde en uygun yer belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada önce uzman görüşleri doğrultusunda sekiz adet kriter belirlenmiş ve daha sonra çok kriterli karar vermede yeni bir yöntem olan Best- Worst Metodu ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. TOPSIS ve MOORA yöntemlerinde Şarkikaraağaç alternatifi ilk sırada yer alırken, Döşemealtı alternatifi her iki yöntemde de son sırada çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Best-Worst Metodu, TOPSIS, MOORA, Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Yeri Seçimi.

SUMMARY

LOCATION SELECTION FOR SOLAR POWER PLANT IN WESTERN MEDITERRANEAN REGION

Situated in developing countries Turkey's need for energy is increasing every day. Turkey has turned to the clean and renewable energy sources to meet this increased demand. In the energy sector target of 2023, 30% of electricity production is supplied from renewable energy sources. The investments of solar energy power plants to achieve these targets are very important because of the Turkey's geographical position.

It is difficult to decide whether there are many contradictory criteria in determining the place of establishment of solar energy plants. In this study, it has been tried to determine the most suitable place among the nine alternatives for the solar energy plant which is considered to be established in the West Mediterranean Region by using multi criteria decision making techniques. In the study, eight criteria were determined in the direction of expert opinions and then criterial weights were calculated with the a new method known as Best-Worst Method. The order of the alternatives was made with TOPSIS and MOORA methods. In TOPSIS and MOORA methods, Şarkikaraağaç alternative took the first place, while Döşemealtı alternative was the last in both methods.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, Best-Worst Method, TOPSIS, MOORA, Solar Power Plant Site Selection.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince beni yönlendiren, bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan sevgili hocam Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ'e, anlayış ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili mesai arkadaşım Ömer UÇAN'a, birçok fedakârlık göstererek beni destekleyen ve motive eden anne ve babama ve sevgili eşim Selma DUMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.



ÖNSÖZ

Nüfusun hızla artması, sanayinin ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte dünyanın toplam enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanmasında büyük oranda fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Doğalgaz, petrol ve kömür fosil kökenli yakıtlar olup, bunların yanması sonucu karbondioksit (CO₂) açığa çıkmaktadır. CO₂ miktarındaki artışın belli bir oranda tutulamaması durumunda küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olacağı öngörülmektedir. Böyle bir durumda ise deniz seviyelerinde yükselmelerin meydana gelebileceği ve bazı şehirlerin sularla kaplanacağı tahmin edilmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin de enerji tüketimi her yıl artmaktadır. Sanayileşme ve teknolojinin günden güne hızla gelişmesi enerji tüketimini arttıran sebeplerin başında gelmektedir. Ülkemizin artan bu enerji ihtiyacının çok büyük bir kısmı ithal edilen fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu durum ülkemizin enerjide dışa bağımlı olmasına ve çevre kirliliğine neden olduğundan enerji üretiminde yeni alternatifler aranmasını hızlandırmıştır. Bu alternatif enerji kaynaklarına örnek olarak yenilenebilir enerji kaynakları olarak da bilinen güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları enerjileri bitmeyen, enerjisi hep yenilenen enerji türleridir. Ülkemizin coğrafi konumu dikkate alındığında güneş ve rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılırken, güneş enerjisi ise ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Enerji çeşitleri içinde elektrik enerjisi diğer enerji türlerine çevrimi ve taşınması kolay olduğundan yaşam içerisinde önemli bir yere sahiptir. Her gün kullanılan elektrikli ev aletlerinden büyük çaplı motorlara kadar hayatın her alanında elektrik enerjisinin kullanımı artmaktadır.

Ülkemizin 2023 yılı hedefleri arasında yer alan toplam elektrik enerjisi üretiminin %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması ile alakalı gerekli yasal düzenlemelerin ve teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi ile birlikte yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlar 2013 yılında hızlanmıştır. Bu yatırımlarda rüzgâr enerjisi santralleri (RES) ilk sırada yer alırken bunu güneş enerjisi santralleri (GES) takip etmektedir.

GES'in yatırım maliyetleri yüksektir. Ancak güneş santralini oluşturan güneş paneli üretim teknolojisinin gelişmesi ile birlikte maliyetler günden güne azalmaktadır. Yatırım maliyeti yüksek olan GES için uygun kuruluş yerinin seçilmesi, işletmenin karlılık, performans ve yatırım geri dönüş süresi açısından önemlidir. Kuruluş yeri seçme problemine etki eden ve

birbirleriyle çelişen bir çok kriter olup, işletme için en uygun yerin belirlenmesi zor olmaktadır. Bu yüzden bütün kriterleri birlikte değerlendirebilecek yöntemleri kullanarak karar verme işleminin yapılması gerekir.

Bu tez çalışmasının amacı Batı Akdeniz Bölgesinde kurulması düşünülen GES için alternatifler arasından uygun yerin belirlenmesidir. Bu çok kriterli karar verme probleminin çözümünde yeni bir yöntem olan Best-Worst Metodu (BWM) ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile de alternatiflerin sıralanması gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının birinci bölümünde karar verme süreci, çok kriterli karar verme teknikleri incelenmiştir. Bu bölümde çalışmada kullanılan BWM, TOPSIS ve MOORA yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve literatürden örnekler verilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde enerji başlığı altında ülkemizin güncel enerji verileri yer almaktadır. 2023 yılı enerji hedeflerinin de anlatıldığı bu bölümde ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisinden faydalanma teknolojileri ve bu teknolojilerden biri olan fotovoltaik sistemler ile elektrik üretimi ele alınmıştır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünü oluşturan uygulama bölümünde Batı Akdeniz Bölgesi'nde belirlenen dokuz adet alternatif, sekiz adet kritere göre değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular tartışılmıştır.

Mehmet Hilmi DUMAN
Antalya, 2018

BİRİNCİ BÖLÜM

KARAR VERME SÜRECİ

1.1. Karar Verme

İnsanlar hayatlarının her döneminde bir takım kararlar almak durumundadırlar. Bu kararlar havanın durumuna bakarak giyilecek giysinin seçilmesi gibi basit de olabilir, ya da ev alma, meslek tercihi, yeni bir işe girişme gibi zor ve karmaşık da olabilir.

Karar sözlükte “bir iş veya sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargı” olarak tanımlanmaktadır (TDK, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5b0a61d37ce614.68039002, erişim tarihi: 28.01.2018). Karar verme alternatifler arasında en uygun olanının seçilmesidir. Genel anlamda karar verme ise; farklı seçenekler içerisinden, karar vericinin amacına yönelik önceden belirlenmiş bir takım kriterlere göre en uygun alternatifi seçme işlemidir (Karakaşoğlu, 2008: 4).

Sorun çözme bir karar verme faaliyetidir. Hedefe giden yolda ortaya çıkan sorunları bertaraf etmek, her türlü olumsuzluğu olumlu hale getirmek için neyi, ne zaman ve nasıl yapılacağını belirlemektir karar vermek. Gelecek için tahmin ve bir plan yapılması gereken, zaman alıcı, maliyetli ve zorlu bir süreçtir. Karar verememek ve bunun neticesinde sorunu çözememek, eldeki kaynakların tam kullanılamaması anlamına gelmektedir. Bu kaynakların başında da bir daha geri gelmeyen zaman maliyeti vardır. Bu yüzden “en kötü karar kararsızlıktan iyidir” deyimini kullanılagelmektedir.

Karar ve karar verme faaliyetinin belirgin özellikleri şunlardır (Tosun, 1992: 312-323):

1. Karar verme psikolojiktir ve bir takım maddi zorluklar taşır. Karar verme zihinsel çaba ve irade gerektirdiğinden herkes bunları yapabilecek psikolojik yapıda olamayabilir. Bazıları karar için gerekli olan her türlü işlemi yaptığı halde kararı uygulamaya cesaret edemezler. Bu noktada tüm dikkatlerini kararı uygulamaya veremeyen kişiler, kararı başkalarının vermesi yoluna giderler.
2. Karar verme pahalı bir iştir. Kararın etkinliği amaçların iyi seçilmesine, verimli olması ise en uygun araç ve alternatiflerin belirlenmiş olmasına ve kararın uygulandığı zamanın koşullarına zıt bir durumda olmamasına bağlıdır. Bütün bu araç ve olanaklara ait verilerin toplanması, bunların mukayesesinin yapılması için çok zamana, personele ve bir takım araçlara ihtiyaç vardır.

3. Karar verme etkin ve akılcı olmalıdır. Burada etkinlikten kasıt şudur: İnsanın zamanı (ömrü) ve olanakları sınırlı olmasaydı amaçlarına ulaşmak için karar vermesine de gerek kalmayacaktı. Ancak zamanı kısıtlı olduğu için amaçların ve bu amaca ulaştıracak kararların etkin bir biçimde alınması gerekir. Kararın akılcı (rasyonel) olması ise az emek ile alınması anlamını taşır.
4. Karar verme tam bir serbestlik ve yetkide olmalıdır. Karar vericinin bir otorite tarafından kısıtlanması durumunda etkin ve verimli bir karar alması beklenemez. Üst kademelerde bulunan karar vericilerin alt kademelerde bulunanlara göre yetkileri arttığı için daha etkin ve rahat karar verdikleri görülmektedir.
5. Karar verme ve kararı uygulama bir zaman alır ki bu da kararın etki ve veriminin değişmesine neden olabilir. Şöyle ki karar vericinin kanaati ile karar koşullarındaki değişimler kararın sonucunu etkiler. Karar verme sürecinin ve uygulamanın kısa olduğu durumlarda karar verici alternatifleri değerlendirme ve en iyi kararı verdiğinde koşulların değişme olasılığı daha az olacağından kararın etki ve verimliliği yüksek olur. Burada şöyle bir çıkarımda bulunabilir. Kararın özellik ve türüne göre karar vericinin kanaat ve koşulların değişmesine bağlı olarak her karar için optimum karar süresi vardır.
6. Karar verme gelecek ile ilgilidir ve geleceğin tahmin edilmesine, geleceği görmeye dayanır.
7. Karar verme en uygun alternatifin seçimi olduğu için her kararda diğer alternatiflerden vazgeçme de olur. Bu da alternatif maliyet olarak karşımıza çıkar. En uygun alternatif seçimi demek en mükemmel alternatif demek olmayıp faydaları ile zararları ya da getirileri ile götürüleri arasındaki farkı en yüksek alternatif demektir.

Kararın iyi bir karar olabilmesi için etkili ve verimli olmasının yanında hızlı ve zamanında alınmış olması da gerekir.

Kararın etkili olması demek sorun veya problemi ortadan kaldıran ve amaca ulaştırıcı olması demektir. Bir karar amacı ne kadar gerçekleştiriyorsa o oranda iyi bir karardır.

Kararın verimli olması ise en az maliyetli ve getirilerinin de çok olması demektir.

Hızlı karar almak gerekli çalışmaları hızlıca yapıp biran evvel uygulamaya geçilmesi demektir. Zamanın çok önemli olduğu durumlarda kararın etkinliğinden ödün verilerek hızlıca karar almak gerekebilir. Ayrıca zamanında alınmayan kararlar da kayıplara neden olabilir.

Günümüzde rekabetin artması yöneticilerin isabetli kararlar vermesini daha zorlu ve önemli bir hale getirmiştir. Yöneticilerin alacağı kararlarda yalnızca deneme-yanılma ve

sezgisel yöntemleri kullanmayıp nicel yöntemlere de başvurarak, eldeki mevcut bilgilerden olabildiğince yararlanarak olası tüm alternatifleri ve bunların sonuçlarını değerlendirerek en uygun çözümü bulmaları gerekmektedir.

Genellikle karar verme işlemi aşağıdaki öğelerden oluşmaktadır (Altıntaş, 2016: 20-21).

- **Karar Verici:** Karar verme işini yapan, karara ait tüm sorumluluğu üstlenen ve sonuçlarına katlanan kişilerdir. Bu kişiler genellikle bir işletmede yönetici pozisyonunda çalışan ve kendilerinden karar vermesi beklenen kişilerdir. Karar verici verdiği ve uygulamaya koyduğu her kararda sonuç ne olursa olsun eleştirilmeyi göze almalıdır.
- **Amaç:** Karar verme problemi nihayetinde karar vericinin varmak istediği durumdur. Örneğin karar verme problemi bir işletmede karı maksimize etmek olabildiği gibi bununla birlikte girdi maliyetlerini minimize etmek de olabilir.
- **Alternatifler (Seçenekler):** Karar vericiyi amacına ulaştıracak ve tercihler imkanı sağlayan strateji ve olaylardır.
- **Karar kriteri (Ölçütü):** Amaca ulaşırken alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanmasında kullanılan özellikleridir. Bunlar da nicel veya nitel kriter olabilir. Nicel kriterler, sayısal ölçekle gösterilirken nitel kriterler ise sayısal ölçekle gösterilemezler yalnız seçenekler arasında görece üstünlük ile sıralama yapılabilir.
- **Olaylar:** Karar vericinin denetleyemediği ancak seçimine etki eden faktörler olup, çevresel faktörler de denilebilir. Sosyo-ekonomik durumlar, enflasyon, doğal felaketler, rakiplerin stratejileri örnek verilebilir.
- **Sonuçlar:** Her alternatif ile olayların bir fonksiyonu olarak ortaya çıkan durum veya hut değerdir.

1.2. Karar Tipleri

Karar verme işlemi farklı kriterlere göre çeşitli grup ve tiplere ayrılabilir. Böyle bir grupta amacın farklı karar tiplerinin sorunlarını görmek ve bu sorunların çözümünde farklı teknik ve yaklaşımları kullanabilmektir.

Mevcut bilgi açısından karar tipleri (Yazıcılar, 2015: 7-9);

- **Belirlilik Altında Karar Verme:** Karar verme problemine ait tüm bilgilerin elde edildiği; alternatiflerin nasıl gerçekleşeceğinin ve sonuçlarının neler olacağının bilindiği durumlarda yapılan karar verme işlemine belirlilik altında karar verme denir. Karar vericinin yapacağı şey sonuçlara bakıp en yüksek fayda veya en düşük maliyeti

sağlayıcı seçmek olacaktır. Bu en kolay karar verme yöntemlerinden biri olmakla birlikte, kararlar genellikle belirlilik durumu dışında alınır.

- **Risk Altında Karar Verme:** Karar verme işleminde hedefler açıktır ancak iki veya daha çok gerçekleşme ihtimali olan durumlardan hangisinin gerçekleşeceği bilinmemektedir. Bu durumda, karara ait farklı sayıda koşul olup, her alternatifin her bir koşulda oluşturacağı sonuçlar bir olasılık dahilinde meydana gelecektir. Karar vericinin bu olasılıkları tahmin etmesi ve en uygun alternatifi seçmesi beklenir.
- **Belirsizlik Altında Karar Verme:** Bu tür karar vermede belli bir amaç vardır ancak alternatifler ve alternatiflerin sonuçları hakkında belirsizlik vardır. Karar verici alternatifler ve sonuçları hakkında bilgi sahibi olmadığı için sezgileriyle varsayımlarda bulunmak durumundadır. Karar verme işi oldukça zordur.

Ayrıca kararları şu şekilde tiplere ayırmak da mümkündür (Koçel, 2005: 78-79):

- Zamana göre; kısa, orta ve uzun vadeli kararlar.
- Karar vericiler açısından; bireysel ve grup kararları.
- Faaliyet türlerine göre; Üretim, satış, pazarlama vs. kararlar.
- Stratejik ve operasyonel kararlar.
- Programlanabilen (rutin) ve programlanamayan kararlar.

Kararlar kullanım amaçlarına göre tiplere ayrılırken, bir grupta bulunan karar aynı zamanda diğer gruplarda da olabilir.

1.3. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, farklı alternatifler içerisinde bir seçim yaparken gerçekleşen fiziksel ve zihinsel gayretler toplamıdır. Karar sürecini öncelikle zihinde şekillenir. Sürecin fiziksel boyutu ise bilgi toplama ve toplanan bilginin sentezleme aşamalarıdır (Taşçı, 2005: 74).

Karar bir sonucu ifade etmekle birlikte bir anda ortaya çıkan bir durum değildir. Kararın incelenmesi için yalnızca sonuca bakmak yeterli olmayacaktır. Bunun için kararı meydana getiren tüm aşamaların incelenmesi gerekmektedir. Karar verme bir başlangıcı olan, bir dizi eylem ve çalışmaların birbirini izlediği ve bu işlemlerin sonucunda bir tercihin yapıldığı faaliyetler toplamı, süreçtir. Bu yüzden, iyi bir karar verebilmek için karar verme sürecini oluşturan adımları bilmek gerekir. Bu adımlar şu şekilde sıralanabilir (Wilkinson, 1991:102):

- Sorunun algılanması
- Sorunun tanımlanması veya amaçların belirlenmesi
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Alternatiflerin değerlendirilmesi

- Seçim kriterini belirleme ve en uygun alternatifin seçimini yapma
- Kararın uygulanması ve değerlendirilmesi

a) Sorunun Algılanması

Karar verme işleminin başlangıcı karar vericinin ortada bir sorun olduğunu idrak ve kabul etmesi ile başlar. Karar verici kendisine gelen bilgi ve verileri inceleyerek ortada bir sorun olduğuna ya da yeni amaçlar belirlemek gerektiğine kanaat getirmezse karar verme süreci otomatik olarak başlamayacaktır (Batçioğlu, 1994: 73).

b) Sorunun Belirlenmesi ve Amacın Tanımlanması

Karar verme sürecinin bu aşamasında sorunların tanımlanması veya amaçların belirlenmesi yapılmaktadır.

Amaç, bir işletmenin ya da organizasyonun gelecekte olmak istediği yer olarak tanımlanabilir. İşletmenin gelecekte nerede olacağına, işletmenin bugünkü konumu, büyüklüğü, verileri, bilgileri ışığında karar verilir ve ne gibi iş ve işlemlerin yapılacağı belirlenir. Bu bakımdan amaçlar karar verme sürecinin başlamasını sağlar. Bu yüzden önemlidir. Amaçların etkin olabilmesi için motive edici, elde edilmek istenen sonucu belirtici, ölçülebilir olması, belli bir zaman diliminde olması, öncelikleri belirlenmiş ve uygulamaya yönelik olması gerekir.

Sorun, bir işletmede ya da organizasyonda hedefe ulaşma sırasında ortaya çıkan maniler olarak tanımlanabilir. Karar sürecinde bir soruna çözüm getirildiğinden, sorunun meydana gelmesi karar sürecini başlatır.

Karar sürecinin anlamlı ve tutarlı bir yapıda olabilmesi için sorunun net bir şekilde anlaşılması ve belirlenmesi gereklidir. Sorunun doğru tanımlanması çözümü kadar hatta daha da önemlidir. Çünkü karar sürecinin ileriki aşamaları tespit edilen sorun doğrultusunda ele alınacaktır. Sorunu tanımlarken, soruna dışarıdan tarafsız ve farklı bir gözle bakabilmek, mevcut bilgi ve verileri kullanarak sonuca değil de soruna odaklanmak lazımdır. Burada karşılaşılan önemli bir noktada gerçek sorun ile sorun gibi gözüken belirtilerin birbirleriyle çok karıştırılmasıdır. Örneğin baş ağrısı olan birinin bunu gerçek sorun olarak görmesi ve çözüm araması gibi. Aslında gerçek sorun baş ağrısı olmayabilir. Bunun altında yatan diğer hastalıklar araştırılmadan gerçek sorun belirlenmeden çözüme ulaşmak zordur. Karar verici için böyle bir durumda gerçek sorunun ne olduğunu gelen veriler ve bilgiler ışığında analizler yaparak kendisinin bulması gereklidir. Çünkü gerçek sorunu gösterecek bir model veya teknik yoktur.

Sorun tanımlama ve amaç belirleme işlemlerinin tamamlanması demek karar vericinin ne üzerinde çalışacağını bilmesi anlamına gelir.

c) Alternatiflerin Belirlenmesi

Bu adımda çözüm için alternatifler geliştirilir. Her alternatif bir çözüm olabileceği için, alternatiflerin uygulanabilir olması gerekir. Alternatiflerin geliştirilmesi ne kadar iyi olursa, çözüm de bir o kadar iyi olacaktır. Sorunu meydana getiren sebepler tespit edildikten sonra bu sebepleri gidermeye yönelik önlemler alınır. Bu yüzden ikinci aşamadaki sorun belirleme veya amaç tanımlama işlemi çok önemlidir.

Özetle bu aşamada yapılan iş; tanımlanmış olan hedefe veyahut amaca götürecek ya da belirlenmiş sorunu yok edecek alternatifleri listelemektir. Her bir alternatif amaca hizmet eden ya da sorunu bertaraf etmek için gerekli tüm emek ve fiziksel kaynakların nasıl işletileceğini göstermek içindir. Oluşturulan alternatifler karar vericiye aralarından seçim yapmasını sağlayacak birer yoldur. Alternatif oluşturma işleminde farklı teknikler kullanılabilir ki bunların en yaygını beyin fırtınasıdır. Beyin fırtınası grup halinde herkesin aklına gelen her türlü fikri paylaştığı, bu fikirlerin toplanarak listelendiği ve çözüm olabilecek alternatiflerin seçildiği bir tekniktir. Bu teknik veya başka teknikler kullanılarak alternatif belirlenir ve diğer aşamaya geçilir.

d) Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Önceki adımda geliştirilen çözüme yönelik alternatifler bu adımda incelenip mukayeseleri yapılır. Geliştirilen alternatiflerin olası sonuçları olumlu ve olumsuz tarafları detaylıca irdelenir. Bu irdeleme işleminde teknik uygunluk, maliyet analizi, kaynakların yeterliliği, olası sonuçlar gibi kriterler dikkate alınır.

Bu adım sanıldığı kadar kolay da değildir. Çünkü her alternatifin farklı zamanlarda farklı sonuçları vardır. Sonuç kümeleri arasından bir tercih yapmak için bu kümelerin birbiriyle kıyaslanması gerekmektedir.

e) En Uygun Alternatifin Belirlenmesi

Karar verme sürecinin bu son adımında alternatifler arasından en uygun olanı seçilir. Bu kısımda tercihler sıralanır. Karar vericinin alternatiflerden hangisinin seçileceğine karar verebilmesi için seçim kriterlerinin olması gerekir. En iyi alternatifin seçiminde risk derecesi, ekonomik olma, zaman faktörü, tecrübe, insan ilişkileri ve kaynak kısıtlılığı gibi kriterler çoğunlukla kullanılmaktadır. En uygun sonucu elde etmeyi istemekle birlikte karar verici aynı zamanda en tatmin edici alternatifi de tercih edecektir (Can, 1991: 21). En uygundan kasıt, daha ucuz, verimli ve etkin olmasıdır. Bunu bulmak da o kadar kolay olmayabilir

Seçilen en uygun alternatifle birlikte kaynak kullanımını nasıl yapılacağı, işlerin ne şekilde yapılacağı kararlaştırılmış olur.

f) Kararın Uygulanması ve Değerlendirilmesi

Bu aşamada karar uygulanarak eyleme dönüştürülür. Karar bir önceki adımda belirlendiği şekilde uygulanmaya başladıktan sonra amaçları ya da hedefleri karşılayıp karşılayamadığı periyodik olarak kontrol edilir. Sonuç ile hedef arasında istenmeyen farklılıklar ortaya çıkarsa kararda gerekli düzeltme ve değişiklikler yapılmalıdır. Sorunların belirlenebilmesi için ölçülebilir hedeflerin olması gereklidir (Sağır, 2006: 41).

Değerlendirme aşaması iki boyutuyla karar verme süreci açısından önemlidir. Bunlardan ilki uygulama adımında ortaya çıkan sorunların belirlenmesi ve çözüm önerisidir. İkincisi ise karar ile hedefe ulaşma seviyesi ve daha sonra verilecek kararlarda bu bilgi ve tecrübenin kullanılmasıdır.

Değerlendirme yaparken ayrıca verilen kararlar ilgili kararın öncesi ve sonrasında ne gibi değişikliklerin meydana geldiğine bakılmalıdır. Belirlenen karar sürecinin güvenilir ve geçerli olup olmadığı ile uygulaması yapılan en iyi alternatifin en iyi sonuç olup olmadığının incelenmesi bu aşamada yapılmalıdır.

Yukarıda anlatılan karar verme süreci adımlarında bir standart yoktur ancak genel hatlarıyla karar verme süreci bu şekildedir. Sorunun yapısına, türüne, içeriğine, karar ortamına ve çevresine göre bu aşamalarda değişiklik yapılabilir.

1.4. Çok Kriterli Karar Verme

Ulaşılmak istenen amacı birden fazla kriterin belirlediği ve seçimde kullanılacak alternatiflerin hepsinin ayrı ayrı avantaj ve dezavantajlarının olduğu durumlarda karar verme işlemi zorlaşacaktır. Örneğin yeni ev almak isteyen birisi için evin büyüklüğü, konforu, muhiti, fiyatı gibi pek çok kriter olup bu kriterlerin bazısının birbirleriyle zıt düştüğü görülür. Evin büyüklüğü arttıkça fiyatının da artacak olması gibi.

Çok kriterli karar vermede (ÇKKV), karar verici en az iki alternatif arasından en az iki kritere göre en uygun seçimi yapmak durumundadır. Bu bir problemin ÇKKV problemi olması için asgari şarttır.

ÇKKV yönteminin amacı, alternatif ve kriter sayısı çok olduğunda karar vericiye karar verme sürecini kontrolü altına tutabilmeyi sağlaması ve kararını mümkün olduğunca hızlı alabilmesini sağlamaktır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010: 23-25). Böylece karar vericinin karar verme sürecinde rahat olmasını ve aldığı kararda en az pişman olmasını sağlar. Bütün bu işlemler için ÇKKV, karar verme sürecinin modeli ile karar sonucunun değerlendirme ve analizlerini yapar.

ÇKKV yöntemine ait özellikler şu şekilde sıralanabilir (Belton ve Steward, 2002: 5).

- ÇKKV problemleri çoklu amaçlara veya çoklu kriterlere sahiptir.
- Çoklu kriterlere sahip ÇKKV probleminde bu kriterlerin birbirleriyle çatışma durumu olmaktadır. Bu çatışma hali bir kriterin değerinin artması ile diğer kriterin değerinin düşmesi olarak tanımlanabilir. ÇKKV bu çatışmanın açıkça ortaya çıkarılmasını araştırır.
- Problemin yapılandırılması ÇKKV sürecinin işidir.
- ÇKKV’de modeller, konunun odak noktasıyla ve aynı bakış açısıyla bakmakla ilgilenir.
- ÇKKV, karar vericiye sorun hakkında bilgi verirken, bilgi ve veri akışında uygun olanların sunumunu ve sentezlenmesini sağlar. Böylece daha iyi kararların alınmasını sağlarken aynı zamanda kararın denetlenmesine de yardımcı olur.
- Sürecin daha basit ve anlaşılır olmasını sağlar.

ÇKKV’de kriterler, teknikler, modeller ve algoritmalar olduğu kadar karar vericiye ait yönetsel durumlar da vardır. Şöyle ki bu yöntemde kriterler belirlenerek birçok alternatif arasından sınırlı sayıda alternatife düşürülür. Kriterler arasında aynı ölçü ile ölçülemeyen birimler varsa bu farklılıkların giderilmesi gerekir. Nitel kriterlerin ölçü biriminin sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu işlemi karar verici yapabildiği gibi farklı yöntemler kullanarak da bulmak mümkündür.

ÇKKV yöntemlerinin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Cengiz, 2012: 12):

- Karar verme sürecinin zor olduğu çoklu ve birbiriyle çelişen kriterlerin var olduğu durumlarda ortak bir mekanizma oluşturarak bütün kriterlerin değerlendirilmesine olanak sağlar.
- Nicel ve nitel kriterlerin olduğu veri setlerini beraberce değerlendirir.
- Karar sürenin sistemli olmasını sağlayıp daha hızlı kararlar almada yardımcı olur.

Dezavantajları ise şu şekildedir:

- Alternatifler arasından zaman zaman hangi alternatifin daha uygun olduğu konusunda kıyaslama yapılamamaktadır. Şöyle ki bir kriter için en uygun olan alternatif, başka bir kriter için en kötü durumda olabilir. Bu durumda karar vericinin tercihlerine göre değişen ilave modellemeler gerekir.
- Karar problemlerinde bir alternatifin tüm kriterlerde en iyi olması durumu neredeyse mümkün değildir. Bu nedenle karar sonucu elde edilecek çözüm en mükemmel çözüm olmayıp en iyi uzlaşık çözüm olacaktır. Bu çözümler de karar vericiye bağlı olacaktır.

1.4.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Yoon ve Hwang’a (1995) göre çok kriterli karar verme problemleri iki kısımdır.

Birincisi çok nitelikli karar verme olup bu kısım belirlenen alternatiflerde seçim ve sıralama problemleri ile ilgilenir. Bu tip karar vermede, başlangıçta belli bir sayıda olan alternatiflerin karşılaştırılması, sıralanması, sınıflandırılması ve içlerinden en iyi olanının seçilmesi işlemi yapılır (Yoon ve Hwang, 1995:2-5).

İkinci kısım ise çok amaçlı karar verme olup bu kısım da sonsuz sayıdaki alternatiflere ait tasarım problemleri ile ilgilenir. Bu tip karar vermede ise başlangıçta çoklu amaçlar olup problemin çözümü tüm amaçları kapsayan çözümdür. Amaçlar çoklu ve birbirleriyle çatıştığı için burada ideal çözüm yerine “En iyi uzlaşıcı çözüm” den bahsedilmektedir.

Bu iki kısımdan oluşan ÇKKV yöntemlerine şöyle bir örnek verilebilir. Karar vericinin bir otomobil satın alırken sınırlı sayıdaki alternatif içinden birini tercih etmesi çok nitelikli karar verme olurken, bu otomobili üreten çalışanların çok sayıdaki seçeneği birleştirerek bu otomobili tasarlaması da çok amaçlı karar verme olmaktadır.

Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ile çok nitelikli karar verme (ÇNKV) problemlerinde kullanılan model ve yöntemlerden bazıları Tablo 1.1’de verilmiştir. ÇAKV ve ÇNKV yöntemlerinin genel olarak karşılaştırılması ise Tablo1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Çok Amaçlı Karar Verme ve Çok Nitelikli Karar Verme Model ve Yöntemleri

Çok Amaçlı Karar Verme	Çok Nitelikli Karar Verme
Hedef Programlama	PROMETHEE
Değer/Fayda Modelleri	Analitik Hiyerarşi Yönetimi (AHP)
Dinamik Programlama	Analitik Ağ Süreci (AAS)
Veri Zarflama Analizi	TOPSIS
	ELECTRE
	SMART
	BWM
	MOORA
	VIKOR
	Gri İlişkisel Analiz
	MACBETH
	AHS Puanlama Yöntemi
	Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Tablo 1.2 ÇNKV ile ÇAKV Yöntemleri Arasındaki Karşılaştırması

	Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV)	Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)
Kriterin Tanımlanması	Nitelik	Amaçlar
Amaçların Tanımlanması	Örtük/Muğlak	Açık/Kesin
Niteliklerin Tanımlanması	Açık/Kesin	Örtük/Muğlak
Alternatifler	Sonlu Sayıda/Kesikli (Önceden Tanımlanmış)	Sosuz Sayıda/Sürekli (Süreç Sırasında Belirlenir)
Karar Verici Etkisi	Çok Değil	Çoğunlukla
Kullanım Amacı	Seçme/Değerlendirme	Tasarım

ÇNKV ve ÇAKV’de kullanılan yöntemlerin bazıları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Hedef Programlama: Çok kriterli karar vermenin bir alt kısmı olan çok amaçlı karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, birbirleriyle çelişen birden çok amacı maksimize veya minimize etmek için kullanılır. Temelinde doğrusal programlama olan bu yöntemin doğrusal programlamadan farkı; sadece bir amacı optimize etmeyip birden çok amacı optimize edebilmesidir (Türkoğlu, 2017: 30-31). Hedef programlama amaçlardan sapmaları en küçük yaparak çözümü bulur. Ayrıca bu yöntemde amaçların önem ve önceliklerine göre amaçlara ağırlık verilerek de çözüm elde edilebilmektedir (Dündar ve Zerenler, 2011: 76). Problemin amacı, hedefi, karar değişkenleri, sistem ve hedef kısıtları, öncelik faktörleri, amaç fonksiyonu ve birleşik erişim fonksiyonu hedef programlamayı oluşturan temel kavramlardır (Hasdemir, 2013: 47-48).

Çok kriterli karar verme literatüründe Hedef Programlama (HP) birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Örneğin, Dağdeviren ve Eren (2001), AHP ve 0-1 HP yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçimi uygulaması yapmışlardır. Ho v.d. (2006) yükseköğretimde kaynak tahsisi için AHP ve HP kullanmışlardır. Gür v.d. (2017) Ankara’da monoray projelerinin seçiminde AHP ve 0-1 HP’den yararlanmışlardır. Badri (1999) AHP ve HP kullanarak tesis yeri tahsisi üzerine bir uygulama yapmıştır.

Dinamik Programlama: Çok sayıda değişkeni olan problemi, küçük ve birbirleriyle ilişkili aşamalara bölerek çözmeye çalışan bir yöntemdir (Özdemir ve Demirer, 2015: 63). Dinamik programlamada problem kademelere ayrılarak incelenir ve her kademenin bir önceki kademe ile sıralı bir ilişkisi vardır. Her kademenin çözümü problemin genel çözümü olmayıp, problemin optimal çözümünün bir parçasıdır (Patır, 2009: 64).

Veri Zarflama Analizi: Veri zarflama analizi (VZA) birçok girdi ve çıktı olduğu zaman, aynı yapıdaki karar verme birimlerinin etkinliklerini göreceli olarak ölçmeye yarayan, matematiksel tabanlı parametrik olmayan bir yöntemdir (Savaş, 2015: 205). VZA’da temel yaklaşım, tüm karar birimlerinin aynı hedef ve amaçlarının olması ile girdi ve çıktıların da

aynı türde olmasıdır. VZA modelleri, ölçek bazında sabit veya değişken getirili olarak iki kısımdır. Bu modeller girdi yönelimli veya çıktı yönelimli olarak da iki grupta incelenirler (Bakırcı v.d., 2014: 12). Girdi yönelimli modeller mevcut çıktıyı en az girdi ile üretmeyi amaçlar iken, çıktı yönelimli modeller ise aynı girdi ile en fazla çıktı üretmeye çalışan modellerdir (Altın v.d., 2017: 1055).

Emrouznejad (2008), “*Verimlilik ve Etkinlik Araştırmalarının Değerlendirilmesi: VZA’daki Bilimsel Literatürün 30 Yıllık İncelenmesi ve Analizi*” adlı makalesinde VZA’nın ilk yayınlandığı 1978 yılı ile 2008 yılları arasında 20 bilimsel dergide VZA hakkında 1621 adet makalenin yayımlandığını belirtmiştir. Yazılan makalelerin etkinlik, verimlilik, karar verme birimi, lineer programlama, yönetim, bankacılık, teknik etkinlik, optimizasyon vb. anahtar kelimeleri içerdiği görülmüştür. Ömürbek vd. (2013a) VZA’yı kullanarak bir hizmet sektörü olan havalimanlarının performanslarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada Devlet Hava Meydanları İşletmesi’ne bağlı 45 havalimanından 40 tanesi uçuş ve yolcu trafiğine göre büyük, orta ve küçük ölçekli olmalarına göre sınıflandırılarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bakırcı v.d. (2014) BIST’da demir, çelik metal ana sanayi sektöründeki işletmelerin finansal performansları için VZA ve TOPSIS metotlarını kullanmışlardır.

Analitik Hiyerarşi Süreci: Analitik hiyerarşi süreci (AHP) belirlilik veya belirsizlik durumlarında, çok kriterli karar vermede seçim, sıralama veya ağırlıklandırma amacıyla kullanılan, bireysel ya da grup şeklinde karar vermede kullanılan bir yöntemdir (Göksu v.d., 2008: 5). AHP’de problemler hiyerarşik bir yapıya getirilip, ikili karşılaştırmalar yapılarak çözüm getirilmektedir. AHP’nin hiyerarşik yapısı; en üstte hedefler ve amaçlar, altında kriter ve varsa alt kriterler ve en altta da alternatifler yer alacak şekilde oluşturulur. Hiyerarşik yapı oluştuktan sonra ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak karar vericilerin karşılaştırma yapmaları ile göreceli üstünlükler belirlenir. Bu karşılaştırma işlemi 1-9 arası değerleri içeren Saaty ölçeği ile belirlenir. Tutarlılık testi yapılır ve göreceli ağırlıklar hesaplanır (Ömürbek v.d., 2013b: 107).

AHP literatürde birçok alanda kullanılmıştır. Örneğin, Bayazit (2005) AHP’yi esnek üretim sistemlerinin değerlendirilmesinde bir anlayış sağlamak için kullanmıştır. Bu çalışmada AHP, esnek üretim sistemini uygulamak için bir traktör üretim tesisinin karar vermesinde kullanılmıştır. Dura’n ve Aguilo (2008) bilgisayar destekli takım tezgahı seçiminde AHP metodundan yararlanmışlardır. Jain v.d. (2018) bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak Hindistan otomotiv endüstrisinde tedarikçi seçimi hakkında bir çalışma yapmışlardır. Dağdeviren ve Eren (2001) AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini kullanarak tedarikçi firma seçimi için bir uygulama yapmışlardır. Yüksek ve Akın (2006)

işletme stratejisi belirlemede AHP yöntemini kullanmışlardır. Ömürbek v.d. (2015) AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak kurumsal proje yönetim yazılımı seçimi ile ilgili bir uygulama gerçekleştirmişlerdir.

Analitik Ağ Süreci: Analitik ağ süreci (ANP), AHP yönteminin genel hali olup, daha karmaşık problemlerin çözümünde kullanılır. AHP yönteminde problem hiyerarşik yapıda tek yönlü iken, ANP yönteminde problem bir ağ şeklinde ve birbirleriyle etkileşimli kümeler şeklinde modellenir. Kriterler grupları arası bağımlılıklar (dış bağımlılık), benzer kriter grupları arası bağımlılık (iç bağımlılık) ve geri beslemeler ANP yöntemini farklı kılan özelliklerdir (Ömürbek ve Şimşek, 2014: 312-313). Yöntem, amacın kararlaştırılarak modelin oluşturulması, ikili kararlaştırma matrisleri meydana getirilerek ağırlıkların hesaplanması, süper matrisin oluşturulması ve alternatiflerin sıralanarak en iyi alternatifin seçiminin yapılması olarak dört aşamadan oluşmaktadır (Çelik ve Murat, 2010: 34).

ANP’de literatürde yoğun olarak kullanılan yöntemlerdendir. Örneğin, Gencer ve Gürpınar (2007), ANP metoduyla bir elektronik firma için tedarikçi seçimi problemine çözüm aramışlardır. Güngör (2006) demontaj tasarımında bağlantı tiplerinin değerlendirilmesi amacıyla ANP metoduyla bir çalışma yapmıştır. Wu v.d. (2009) stratejik işbirliklerinde partner seçimi için ANP yöntemini kullanmışlardır. Ömürbek ve Tunca (2013) ANP ve AHP yöntemlerini kullanarak en uygun hazır beton fabrikasını belirlemeye çalışmışlardır.

ELECTRE: ELECTRE yöntemi her bir kriter göre alternatifler arasındaki ikili üstünlük kıyaslamasına dayanmaktadır. Bu yöntem ile seçim, sıralama ve sınıflama yapılabilir. Baskın alternatif, bir veya daha fazla kriterde diğer alternatiflerden üstün, kalan kriterlerde ise diğer alternatiflere eşit olan alternatiftir (Şahin, 2015: 155-166). ELECTRE yönteminde alternatifler her bir kriter bazında ikili olarak karşılaştırılır. Üstünlükler belirlenerek alternatifler sıralanır. ELECTRE I, ELECTRE II, III, IV ve ELECTRE TRI, IS gibi çeşitleri vardır. ELECTRE yöntemi ile denizcilik, eğitim, enerji, işletme yönetimi, güvenlik, bilgi teknolojileri, sağlık, sürdürülebilirlik gibi alanlarda çalışmalar yapılmıştır (Durucasu v.d., 2017: 235).

Tez çalışmasında kullanılan yöntemler için ayrı bir başlık açılmış ve aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.4.2. Çalışmada Kullanılan Yöntemler

1.4.2.1. En İyi- En Kötü Metodu (BWM)

En İyi- En Kötü Metodu çok kriterli karar vermede kullanılmak üzere Jafar Rezaei tarafından 2015 yılında “Best-worst multi-criteria decision-making method” adlı makalesinde

tanıtılan yeni bir metottur. Rezaei bu makalesinde bu yöntemin çok kriterli karar verme problemlerinin çok nitelikli karar vermede kullanıldığını ve yöntemin amacının karar vericiye kriterlerin ağırlıklarını belirlemede yardım etmek olduğunu ifade etmiştir. Yeni metotta ağırlıkların belirlenme şeklini bir gerçek hayat uygulaması ile açıklamış ve AHP metodu ile de sonuçları kıyaslamıştır.

BWM aşamaları aşağıdaki gibidir (Rezaei, 2015: 49-53):

- 1) Karar vermede kullanılacak karar kriterler belirlenir (C_1, C_2, C_3 gibi).
- 2) Karar kriterlerinden en iyi (en önemli, en çekici) olanı ile en kötü (en önemsiz) olanı karar verici tarafından belirlenir. Bu aşamada herhangi bir kıyaslama yapılmaz. Eğer birden fazla kriter en iyi veya en kötü kriter olarak düşünülüyorsa rastgele birisi seçilir.
- 3) En iyi kriter ile diğer kriterler karşılaştırılır. En iyi kriterin diğer kriterlere göre kaç kat üstün olduğu (1-9) arası rakamlar vererek kararlaştırılır. En iyi kriter ile diğer kriterler arası yapılan kıyaslama sonucu şu matris oluşur:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

a_{Bj} : En iyi kriter b 'nin j . kritere göreli üstünlük değerini ifade eder.

$$a_{BB} = 1 \text{ 'dir.}$$

- 4) En kötü kriter ile diğer kriterler karşılaştırılır. Diğer kriterlerin en kötü kritere göre kaç kat üstün olduğu (1-9) arası rakamlar vererek kararlaştırılır. Diğer kriterler ile en kötü kriter arası yapılan kıyaslama sonucu şu matris oluşur:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$$

a_{jW} : j . kriterin en kötü kriter w 'e göreli üstünlük değerini ifade eder.

$$a_{WW} = 1 \text{ 'dir.}$$

- 5) Optimal ağırlıkların ($w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$) bulunması adımıdır. Optimal ağırlıklar; en iyi kriterin diğer kriterlerle oluşturduğu çiftler ile diğer kriterin en kötü kriterle oluşturduğu çiftlerden yola çıkılarak;

w_B/w_j ve w_j/w_W olmak üzere $w_B/w_j = a_{Bj}$ ve $w_j/w_W = a_{jW}$ elde edilir. Bu durumları karşılayan tüm j 'ler için;

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \text{ ve } \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \text{ işlemlerinin maksimum mutlak farklarında tüm } j\text{'lerin}$$

minimum olduğu noktada bir çözüm bulunur.

Ağırlıkların toplamı ve negatif olmama durumları için aşağıdaki problem;

$$\min maks_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\} \text{ ve}$$

$\sum_j w_j = 1, w_j \geq 0$ tüm j 'ler için olur.

Problem (5) aşağıdaki şekle dönüştürülerek çözülürse;

$$\min \varepsilon \quad (1.1)$$

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ tüm } j\text{'ler için,}$$

$$\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \varepsilon, \text{ tüm } j\text{'ler için,}$$

$$\sum_j w_j = 1, w_j \geq 0 \text{ tüm } j\text{'ler için çözülürse;}$$

Optimum kriter ağırlıkları $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ ve ε^* elde edilir.

Tutarlılık indeksi tablosu.

a_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tutarlılık indeksi (ε)	0.00	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

Bulunan sonuçlar tutarlılık oranı hesaplanarak kontrol edilir.

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\varepsilon^*}{\text{Tutarlılık İndeksi}} \quad (1.2)$$

ε^* değeri ne kadar büyük olursa tutarlılık oranı o oranda büyük olur ki bu durumda daha az güvenilir kıyaslama olur.

Rezaei (2015) makalesinde BWM adımlarını açıkladıktan sonra cep telefonu seçim kriterlerinin ağırlıklandırması üzerinde bir uygulama yaparak AHP ile sonuçlarını kıyaslamıştır. Sonuç olarak AHP'den şu üstünlükleri olduğunu iddia etmiştir (Rezaei, 2015: 56):

- BWM daha az karşılaştırma çiftine gerek duymaktadır. BWM $(2n-3)$ adet karşılaştırma çifti gerekli iken, AHP de bu sayı $[n(n-1)/2]$ kadardır. Daha fazla karşılaştırma yapmak demek daha fazla emek, zaman ve karıştırma riski demektir.
- BWM sonuçları AHP sonuçlarından daha fazla tutarlı çıkmıştır. Tutarlılık oranı çoğu ÇKKV yöntemlerinde kıyaslamaların tutarlı olup olmadığının bir ölçüsü iken, BWM'da tutarlılık oranı güvenilirliğin seviyesini gösterir ki BWM'da sonuçlar her zaman tutarlıdır.
- AHP de kıyaslamalarda $(1/3)$ gibi kesirli sayılar kullanılırken BWM'da tam sayılar kullanılır.

Ahmad vd. (2017) çalışmalarında BWM ile petrol ve doğalgazın sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimini altı dış faktör ile ele alarak sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmalarında karar vericiler Amerikalı ve Avrupalı konusunda uzman akademisyenler ile

gelişmekte olan ülkelerde faaliyet gösteren iki adet uygulamacı uzman olmuştur. Karar vericilere uygulanan anket sonucunda akademisyenler grubuna göre ekonomik istikrar en önemli kriter çıkarken, uygulamacı grubuna göre siyasal istikrar en önemli kriter çıkmıştır. Enerji geçişi kriteri ise her iki grupta en önemsiz kriter olmuştur. Ghaffari vd. (2017) BWM ile uzaktan pilotlu helikopter endüstrisinde kullanılan teknolojik inovasyon gelişiminin önemli başarı faktörlerini araştırıp değerlendirmişlerdir. Ayrıca Gupta vd. (2017) BWM ile Hindistan’da binalarda enerji verimliliği engellerinin üstesinden gelmek için bir yol haritası çıkarmışlardır.

1.4.2.2. TOPSIS Yöntemi

1.4.2.2.1. Tanımı Ve Özellikleri

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiş olup, çok nitelikli karar vermede kullanılır. Bu yöntemin temeli ELECTRE yönteminden gelmektedir. Her iki yöntemin ilk iki aşaması aynıdır.

TOPSIS yöntemi alternatifleri “ideal çözüme” yakınlığına göre değerlendirir. Tüm alternatiflerin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları belirlenir. Pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözümden ise en uzak olan alternatif en uygun alternatif olarak seçilir. Pozitif ideal çözüm fayda kriterini maksimize edip, maliyet kriterini minimize ederken, negatif ideal çözüm ise fayda kriterini minimize edip maliyet kriterini maksimize etmektedir (Wang ve Lee, 2007: 1762-1772).

TOPSIS yönteminin birtakım önemli özellikleri şöyledir:

- İçerik olarak yalındır ve kolay anlaşılır.
- Yöntemin hesaplaması güçlüdür.
- Alternatifler arasındaki ilişkileri ortaya koyarken basit matematiksel formlar kullanır.
- Alternatiflerin belirlenen kriterlere göre ve kriterlerin alacağı en yüksek ve en düşük değerler arasında optimum duruma göre kıyaslanmasını sağlar.

TOPSIS yöntemi tesis yeri seçimi, uluşturma problemleri, eğitim problemlerinde, pazarlama, portföy seçim problemlerinde, çevresel kararlar gibi birçok ÇKKV problemi alanında karar vermede kullanılmaktadır.

1.4.2.2.2. TOPSIS Yönteminin Karar Verme Süreci

TOPSIS yöntemi aşağıda belirtilen altı aşamadan oluşmaktadır (Özdemir, 2015: 135-139):

- Karar Matrisinin Oluşturulması.
- Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.
- Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.
- İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Bulunması.
- İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması.
- İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması.

1.Adım: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması:

Karar verici tarafından oluşturulan karar matrisi, $m \times n$ boyutlu bir başlangıç matristir. Karar matrisinin satırlarında alternatifler, sütunlarında ise kriterler yer alır.

Karar matrisi şu şekilde gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & . & . \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

2.Adım: Normalize Karar Matrisinin (R) Oluşturulması:

Karar matrisinden sonra her bir x_{ij} değerinin ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{m1}$) kareleri alınarak sütun toplamaları bulunur. Her bir x_{ij} değeri ait olduğu sütun toplamının kareköküne bölünerek normalizasyon matrisi elde edilir. Bununla ilgili notasyon aşağıdaki gibidir:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (i=1, \dots, m \text{ ve } j=1, \dots, n) \quad (1.4)$$

Bu işlemlerden sonra normalize karar matrisi şu şekilde olur:

$$N_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{1n} \\ r_{21} & . & . \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

3.Adım: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin (V) Oluşturulması:

Ağırlıklandırma işleminde amaç, karar kriterlerinin önem derecesini belirlemek ve bu önem oranında kriterlere ağırlıklar atamaktır. Bu yöntemin karar verici açısından tek subjektif yanı, bu ağırlıkların belirlenmesidir. Karar vericinin belirlediği ağırlıklar (w_i) ile normalize karar matrisi (r_{ij}) çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi bulunur. Ağırlıklar

toplamının $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ olması gerekir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & . & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{1n} \\ v_{21} & . & . \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

4. Adım: İdeal (A^*) ve Negatif İdeal Çözüm (A^-) Değerlerinin Elde Edilmesi:

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edildikten sonra ideal çözüm için amaç fonksiyonu fayda (maksimizasyon) ise her bir sütun değerinin en büyük olanı, amaç kayıp (minimizasyon) ise her bir sütun değerinin en küçük değeri seçilir. Negatif ideal çözümde ise bunun tam tersi olacaktır. Eğer amaç maksimizasyon ise sütunun en küçük değerleri, minimizasyon ise sütunun en büyük değerleri negatif ideal çözüm kümesi olacaktır.

Bunlarla ilgili notasyonlar aşağıda verilmiştir.

İdeal çözüm değerleri:

$$A^* = \{ \max_i v_{ij} | j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m \} \rightarrow A^* = \{ v^*_1, v^*_2, v^*_{3, \dots}, v^*_n \} \quad (\text{her bir sütunun maksimum değeri}) \quad (1.7)$$

Negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^- = \{ \min_i v_{ij} | j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m \} \rightarrow A^- = \{ v^-_1, v^-_2, v^-_{3, \dots}, v^-_n \} \quad (\text{her bir sütunun minimum değeri}) \quad (1.8)$$

5. Adım: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması:

Bu aşamada her bir alternatife ait kriter değerlerinin ideal ve negatif ideal noktalardan ne kadar sapma yaptığı öklidyen uzaklık yaklaşımı ile hesaplanmaktadır. İdeal çözüme olan uzaklık S^*_i ile, negatif ideal çözüme uzaklık ise S^-_i ile gösterilecek olursa bunlara ilişkin hesaplama formülü aşağıdaki gibi olur:

İdeal uzaklık:

$$S^*_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^*_j)^2} \quad (1.9)$$

Negatif ideal uzaklık:

$$S^-_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^-_j)^2} \quad (1.10)$$

Bu aşamada alternatif sayısı kadar S^*_i ve S^-_i olacaktır.

6. Adım: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması:

Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığının hesaplanmasında ideal ve negatif ideal uzaklıklardan yararlanılır. İdeal çözüme göreli yakınlık değeri C^*_i şu şeklide hesaplanır:

$$C^*_i = \frac{S^-_i}{S^-_i + S^+_i} \quad (1.11)$$

Burada C^*_i değeri $0 \leq C^*_i \leq 1$ aralığında olur. $C^*_i=1$ ilgili alternatifin ideal çözüme mutlak yakınlığını, $C^*_i=0$ ise ilgili alternatifin negatif çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

TOPSIS'in literatürde birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Örneğin, Ömürbek ve Mercan (2014), 22 alt sektörden oluşan imalat sektörlerinin finansal performans analizlerini TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerini kullanarak değerlendirmiştir. Ertuğurul ve Özçil (2014) klima seçiminde TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Lin v.d. (2008) AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak müşteri odaklı ürün tasarım sürecine ilişkin bir uygulama yapmıştır. Shih (2008) çok kriterli karar verme teknikleri için artan-azalan analizi uygulamasını TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Kelemenis ve Askounis (2010) personel seçiminde TOPSIS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı adı altında bir çalışma yapmışlardır. Aydoğan (2011) AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak Türk Havacılık firmalarının performans ölçümleri için bir model önerisinde bulunmuştur. Kaya ve Kahraman (2011), enerji planlamasında değiştirilmiş bulanık TOPSIS metodolojisini kullanmışlardır. Peng v.d. (2011) finansal risk tahmini için TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerini kullanarak sınıflandırma algoritmasını değerlendiren ampirik bir çalışma yapmışlardır. Karaatlı v.d. (2014) AHP temelli TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak 2012-2013 sezonunda gol krallığında yarışan 6 futbolcunun performanslarını değerlendirmişlerdir. Uysal ve Tosun (2012) en uygun bilgisayarlı bakım yönetim sisteminin seçimine yönelik yapılandırılmış bir metodoloji geliştirmeyi sağlamak amacıyla bulanık TOPSIS yöntemiyle bir çalışma yapmışlardır.

1.4.2.3. MOORA Yöntemi

Moora (Multi-Objective Optimization on basis of Ratio Analysis) yöntemi yeni bir yöntem olup, ilk olarak W.M.K. Brauers ve E. K. Zavadskas tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem başlangıçta çok amaçlı optimizasyon olarak önerilmiş olup daha sonra çok kriterli karar verme problemlerinde farklı uygulamalarda kullanılmıştır.

MOORA yöntemi problemdeki tüm amaçları göz önüne alarak değerlendirir. Alternatif ve amaçlar arasındaki etkileşimi aynı anda dikkate almaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajları hesaplama zamanının kısa olması, matematiksel işlemlerin az, basit ve güvenilir olmasıdır.

MOORA yönteminde daha çok oran metodu ve referans nokta teorisi kullanılmaktadır. Bu iki kısımda da yöntem karar matrisinin oluşturulmasıyla başlar.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & . & . \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

Burada;

$i=1,2,...,m$ alternatif sayısını,

$j=1,2,...,n$ kriter sayısını ifade eder.

x_{mn} : m. alternatifin n. kriterdeki değeridir.

1.4.2.3.1. MOORA Oran Metodu

Normalizasyon Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlemde aşağıdaki formül kullanılır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1.13)$$

x_{ij}^* ; i. Alternatifin j. Kriter değerinin normalleştirilmiş değeridir. $x_{ij}^* \in [0,1]$ veya bazen de $x_{ij}^* \in [-1,1]$ olmaktadır.

Bu işlemden sonra maksimum kriter değerleri ve minimum kriter değerleri ayrı ayrı toplanırlar. Toplanan maksimum kriter değerleri, toplanan minimum kriter değerlerinden çıkartılır. Bu işlem şu şekilde formüleleştirilebilir.

$j=1,2,...,g$ maksimize edilecek kriterler denilirse ve $j=g+1,g+2,...,n$ minimize edilecek kriterler olursa;

$$y^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (1.14)$$

Şeklinde yazılabilir.

y^* 'ler sıralanarak çözüm elde edilir.

1.4.2.3.2 MOORA Referans Nokta Metodu

Referans nokta yaklaşımında oran metoduna ilaveten, her bir kriter için, amacına göre referans noktalar (r_j) belirlenir. Burada referans noktaları (r_j); amaç maksimizasyon ise maksimum nokta, amaç minimizasyon ise minimum noktalardır. Belirlenen noktaların normalizasyon matrisindeki her bir x_{ij} ile arasındaki mesafe hesaplanır. Bu işlem;

$$r_j - x_{ij}$$

Şeklinde yapılır ve matrissel olarak ifade edilir.

r_j ; j. kriterin referans noktasını,

x_{ij} ; i. alternatifin j. kriterdeki normalleştirilen değerini ifade etmektedir.

Oluşturulan bu matrise “Tchebycheff Min-Maks Metrik” işlemi

$$\min_i \{\max_j (|r_j - x_{ij}|)\} \quad (1.15)$$

Uygulanır ve sıralama işlemi yapılır. Burada mutlak değer kullanılmasının amacı; işlem mininizasyon işlemi ise $r_j - x_{ij}$ değeri negatif değer çıkacağı içindir.

Oran ve referans nokta yaklaşımlarında her bir kriterin aynı önem değerine sahip olduğu düşünülerek hesaplamalar yapılmaktadır. Bazen her kriter aynı önem derecesine sahip olmayabilir. Bu gibi durumlarda kriterlerin önem derecesi saptandıktan sonra bu değerler normalize edilmiş değerler ile çarpılır.

$$\dot{y}^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* s_j - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* s_j \quad (1.16)$$

Formülde;

$j=1,2,..,g$ maksimize edilecek olan kriterleri,

$j=g+1,g+2,..,n$ minimize edilecek kriterleri,

s_j j. Kriterin önem katsayısını ifade eder.

Referans nokta yaklaşımında önem katsayıları $|r_j s_j - x_{ij} s_j|$ şeklinde ifade edilir.

1.4.2.3.3 MOORA Tam Çarpım Formu

Brauers ve Zavadskas, MOORA tam çarpım formunu 2010 yılında geliştirmişlerdir. Bu yönteme göre;

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \text{ dir.} \quad (1.17)$$

Bu denklemde;

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj}$$

$i=1,..,m$; m, alternatif sayısını, j ise maksimizasyon (fayda) kriterlerinin sayısını ifade etmektedir.

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj}$$

(n-j) minimizasyon (maliyet) kriterlerinin sayısını ifade etmektedir.

Eşitlik (1.17)'ye göre fayda kriterleri pay olarak, maliyet kriterleri ise payda olacak şekilde geliştirilmiştir. u_i alternatiflerin sonuç değerlerini göstermekte olup, sonuç değeri en yüksek olan alternatif en uygun alternatif olacak şekilde sıralama yapılır (Özbek, 2015: 10).

1.4.2.3.4 MULTIMOORA Metodu

MOORA yöntemleri uygulandıktan sonra, sonuçlar topluca değerlendirmeye tabi tutulur ve bir baskınlık kıyaslaması yapılarak sıralama yapılır. Bu sıralama işlemine MULTIMOORA denir. MULTIMOORA başlı başına bir ÇKKV tekniği olmayıp, diğer MOORA yöntemlerinin değerlendirilmesi ve sonuçların sıralanmasında kullanılır.

Baskınlık kıyaslaması yapılırken alternatiflerin birbiri üzerindeki etkilerine bakılır. Baskınlık; mutlak baskınlık ve genel baskınlık olmak üzere iki kısımdır. Mutlak baskınlık bir alternatif değerinin diğer alternatif değerlerine göre baskın olmasıdır. Genel baskınlıkta ise alternatiflerin birbirlerine mutlak üstünlükleri olmayıp, tercih sıraları sırasıyla a , b , c ve d olan alternatifler için genel baskınlık aşağıdaki gibidir (Türe vd., 2016: 833):

$(d-a-a)$ baskındır $(c-b-b)$ 'ye,

$(a-d-a)$ baskındır $(b-c-c)$ 'ye,

$(a-a-d)$ baskındır $(b-b-c)$ 'ye.

Ersöz ve Atav (2011) Moora metodunu kullanarak binalardaki ısı kayıplarını araştırarak değişik pencere ve duvar kombinasyonlarından en uygununu tercih etmek için bir değerlendirme yapmışlardır. Yıldırım ve Önay (2013) bulut teknoloji ile depolama yapan 5 firmayı 10 kritere göre MOORA metodunu kullanarak analiz edip sıralamışlardır. Das vd. (2013) MOORA ve AHP yöntemlerini kullanarak Hindistan'daki yedi adet teknoloji fakültesinin performanslarını değerlendirmişlerdir. AHP ile kriter ağırlıkları belirlenerek MOORA yöntemi ile sıralama yapılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ PORTRESİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

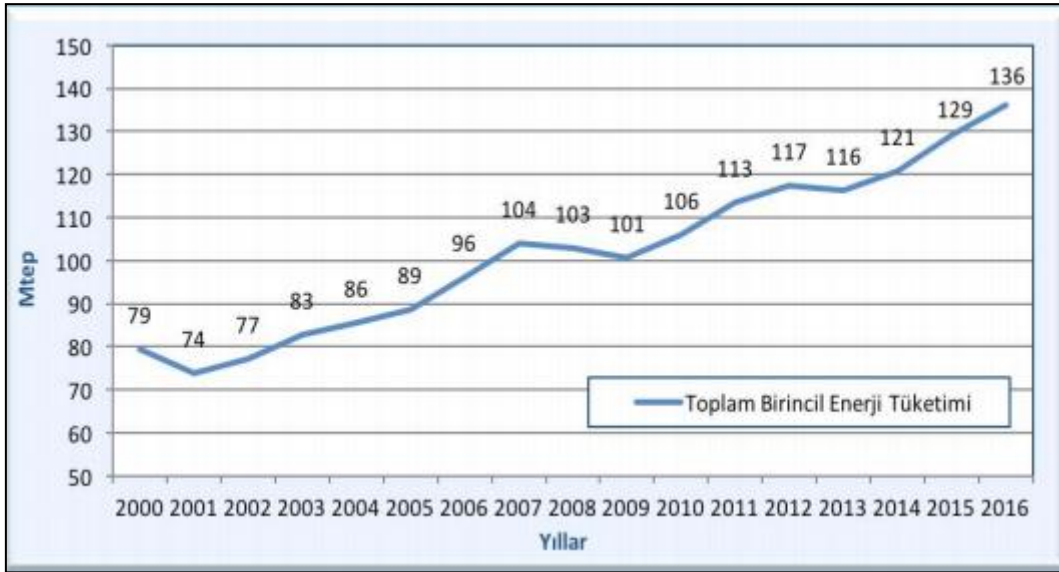
Enerji, iş yapabilme yeteneğine denir ve hayatta her canlı yaşayabilmek için enerjiye muhtaçtır. İnsanoğlu ilk başta kendi gücünü kullanarak enerji ile olan serüvenine başlamış olup daha sonra artan enerji ihtiyacı karşısında ise önce hayvanlardan ve sonrasında da fosil yakıtlardan yararlanmıştır. Bugün enerjinin büyük bölümü birincil enerji kaynaklarından (BEK) elde edilmektedir. BEK doğada bulunan kaynakların kullanılması sonucu elde edilen enerji kaynaklarıdır. BEK; yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki kısımdır (Gezer, 2013: 4-6). Yenilenemeyen enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kökenli kaynaklardır. Petrol daha çok taşımacılık ve sanayi sektörlerinde kullanılırken, kömür ve doğalgaz ise daha çok ısıtma ve elektrik üretim sektörlerinde kullanılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından enerji sağlayabilmek için yanma olayının gerçekleşmesi gerekir. Yanma olayının gerçekleşmesi ise hava kirliliğine, küresel ısınmaya sebep olmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise tükenme hızından daha kısa sürede kendini yenileyebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları bir takım tekniklerle kullanılabilen, rezervleri sınırlı olmayan, çevre dostu enerji türü olup, bunlara en güzel örnekler güneş, rüzgar, jeotermal enerji, dalga enerjisi, biyokütle ve hidrolik enerjidir (Ataman, 2007: 96-97). Son dönemde küresel ısınmayı durdurmak ve daha temiz enerji elde etmek için yenilenebilir enerji kaynakları araştırmaları büyük bir ivme kazanmış olup, bu yöndeki yatırımlar da aynı oranda artmıştır.

Bir diğer enerji türü ise ikincil enerji kaynakları olup, BEK’in değişiminden elde edilen enerji türüdür. Bunlara örnek elektrik ve hidrojen enerjisi verilmektedir.

2.1. Türkiye’nin Enerji Durumu

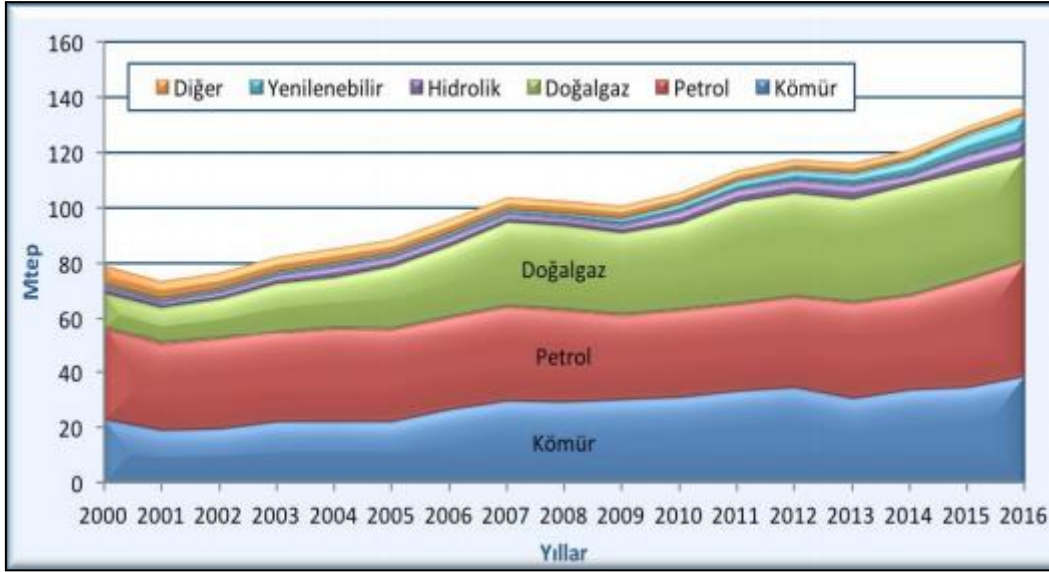
Türkiye’nin birincil enerji tüketimi 2016 yılı sonunda bir önceki yıla oranla %5,4 oranında artarak 136 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP) olmuştur. Bu değer Dünya birincil enerji tüketim değerinin %0,9’una tekabül etmektedir. 2000-2016 yılları arasındaki 16 yılda birincil enerji tüketiminde yıllık ortalama %3,4’lük artış olmuştur. Bu artışa ilişkin veriler Şekil 2.1’de verilmektedir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018: 5).



Şekil 2.1 Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi Toplamı

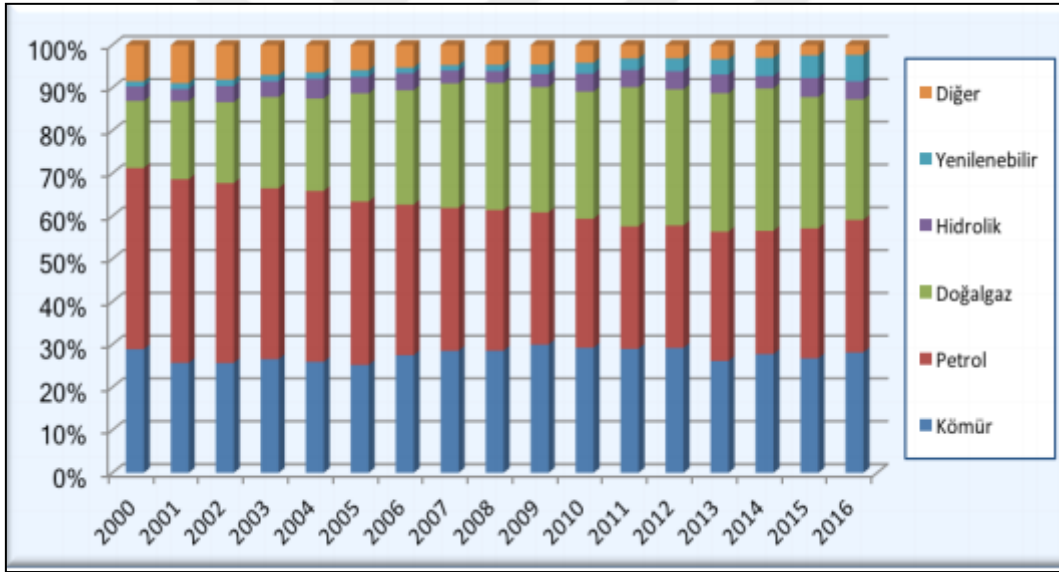
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018: 5

Kaynak bazında Türkiye'nin birincil enerji tüketimi incelenecek olursa fosil kaynakların (kömür, petrol ve doğalgaz kaynaklarının) öne çıktığı görülmektedir. 2016 yılında birincil enerji tüketimi toplamında; kömür, petrol ve doğalgazın toplam payları %87,3 olmuştur (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018: 5). Her ne kadar 2000-2016 döneminde kömür ve petrolün tüketimleri artmış olsa da birincil enerji tüketimi toplamındaki payları azalmıştır. Kömürün payı 2000 yılında %28,9 iken 2016 yılına gelindiğinde ise %28,2'ye düşmüştür. Petrolün oranı çok daha hızlı düşerek %42,3 oranından %31,0 oranına gerilemiştir. Doğalgaz tüketim miktarı ise 16 yılda %208 oranında bir artış göstermiş ve doğalgazın %15,7 olan oranı 2016 yılında %28,1'e çıkmıştır. Doğalgaz tüketimi yıllık bazda ortalama %7,3 oranında artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal ısı, biyoyakıt) ise toplam arz içerisinde fazla paya sahip olmasa da, 2000-2016 döneminde yıllık bazda ortalama %14,4 oranında artış göstererek kaynak bazında en hızlı artışı gerçekleştirmiştir (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3). Bu veriler Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada dışa bağımlılığını bir kez daha göstermektedir. Petrol, doğalgaz ve ithal kömür ile enerji talebini karşılayan ve bu kaynakları ithal eden Türkiye, enerji kaynaklarını çeşitlendirmeli ve enerji arz güvenliğini sağlamalıdır. Türkiye geliştirmekte olan ekonomiler arasında yer alırken, enerjide yerli kaynaklarını sonuna kadar kullanarak enerji ithalatını azaltmalıdır. Bununla ilgili Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın ileriye dönük hedeflerine ileride yer verilecektir.



Şekil 2.2 Türkiye'nin Toplam Birincil Enerji Tüketimlerinin Kaynak Bazında Gösterimi (Mtep)

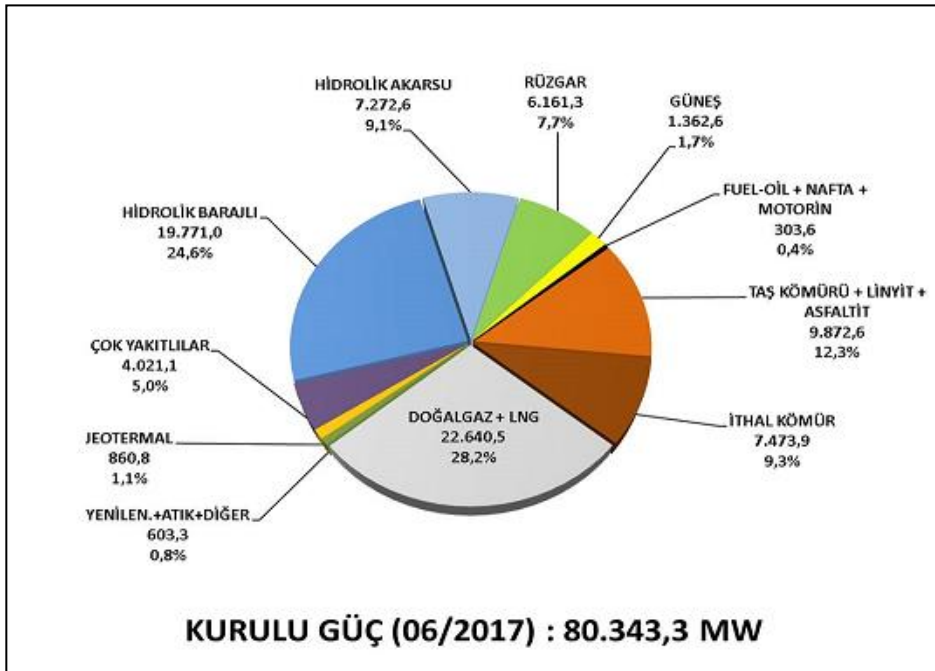
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018: 6



Şekil 2.3 Türkiye'nin Toplam Birincil Enerji Tüketimlerinin Kaynak Bazında Gösterimi (%)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018: 6

2017 yılı Haziran sonu itibariyle ülkemizin toplam elektrik kurulu gücü 80.343,3 MW olmuştur (TMMOB Makine Mühendisleri Grubu, 2017: 33). Toplam kurulu gücün 22.640,5 MW'ı doğalgaz, 19.771 MW'ı hidrolik barajlı, 7.272,6 MW'ı hidrolik akarsu, 9.872,6 MW'ı taş kömürü, 7.473,9 MW'ı da ithal kömür oluşturur. Toplam kurulu gücün %28,2'si doğalgaz, %31,7'si hidrolik kaynaklar, %21,6'sı kömür kaynaklı termik yakıtlar, %7,7'sini rüzgar enerjisi oluşturur. Aşağıda Şekil 2.4'te kurulu gücün kaynak bazında gösterimi yapılmıştır.



Şekil 2.4 Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü (2017 Haziran İtibariyle)

Kaynak: TMMOB Makine Mühendisleri Grubu, 2017: 33

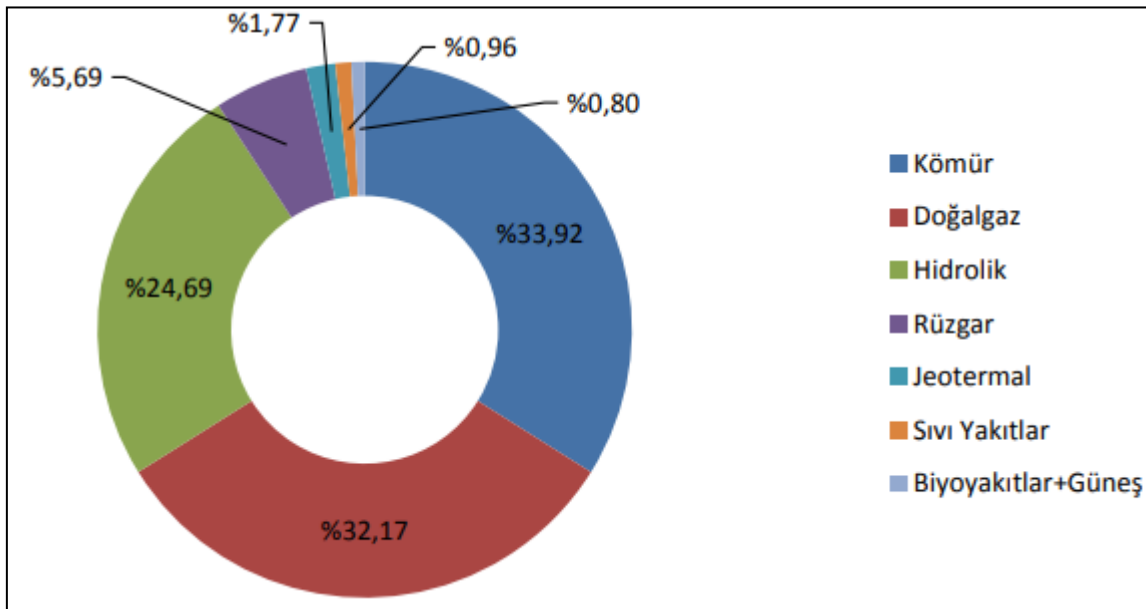
Türkiye'nin 2016 yılı sonunda elektrik üretimi 273,4 milyar kWh iken, tüketimi ise 278,3 milyar kWh olmuştur. Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketiminin artış hızı son 16 yılda ortalama yıllık %5,4 oranında gerçekleşmiştir (Elektrik Üretim Anonim Şirketi, 2017: 17).

Türkiye 2016 yılında ürettiği elektriğin %33,92'sini kömürden, %32,17'sini doğalgazdan, %24,69'nu hidrolik kaynaklardan ve %5,69'luk kısmını ise rüzgardan üretmiştir. Oranlara bakıldığında elektrik üretiminin 1/3'lük kısmı kömür, 1/3'lük kısmı doğalgaz ve kalan 1/3'lük kısmı ise hidrolik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Şekil 2.4'te görüldüğü üzere kömürün neredeyse yarısı, doğalgazın tamamı ithal edilen ürünler olup, üretilen elektrik enerjisinin yarısından fazlası ithal kaynaklara bağımlılığı göstermektedir. Birincil enerji tükeminde olduğu gibi elektrik enerjisi üretiminde de Türkiye dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Tablo 2.1'de ve Şekil 2.5'te Türkiye'nin elektrik enerjisi görünümü ve elektrik üretiminin kaynak bazında dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Görünümü

YIL	ÜRETİM	İTHALAT	İHRACAT	TÜKETİM	Üretim Artış Oranı	Tüketim Artış Oranı
2002	129.400	3.588	435	132.553	5,4%	4,5%
2003	140.581	1.158	588	141.151	8,6%	6,5%
2004	150.698	464	1.144	150.018	7,2%	6,3%
2005	161.956	636	1.798	160.794	7,5%	7,2%
2006	176.300	573	2.236	174.637	8,9%	8,6%
2007	191.558	864	2.422	190.000	8,7%	8,8%
2008	198.418	789	1.122	198.085	3,6%	4,3%
2009	194.813	812	1.546	194.079	-1,8%	-2,0%
2010	211.208	1.144	1.918	210.434	8,4%	8,4%
2011	229.395	4.556	3.645	230.306	8,6%	9,4%
2012	239.497	5.826	2.954	242.370	4,4%	5,2%
2013	240.154	7.429	1.227	246.357	0,3%	1,6%
2014	251.963	7.953	2.696	257.220	4,9%	4,4%
2015	261.783	7.135	3.194	265.724	3,9%	3,3%
2016	273.387	6.400	1.442	278.345	4,4%	4,7%

Kaynak: EÜAŞ



Şekil 2.5 2016 Yılı Sonu Türkiye Elektrik Üretim Kaynak Bazında Dağılımı

Kaynak: EÜAŞ

Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından yayımlanan raporda Türkiye'nin enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, enerji arz güvenliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanılmasını esas alan temel politilardaki amaçları şöyle sıralanmıştır (EüAş, 2017: 14):

- Öncelikle yerli kaynakları kullanarak kaynak çeşitliliğini sağlamak,
- Enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak,
- Enerji alanında yürütülen faaliyetlerin doğaya zarar vermeyecek şekilde yapılmasını sağlamak,
- Türkiye’yi enerji ss haline getirmek,
- Yerli kaynakların ülke ekonomisine olan katkısını arttırmak.

Yukarıda sayılan politikalara göre oluşturulan 2023 yılı enerji hedefleri ise şöyledir (EüAş, 2017: 15):

- Elektrik retiminde Türkiye’de bulunan linyit ve taşkömürü kaynaklarının tamamını kullanmak,
- İki adet nükleer santrali devreye almak,
- Elektrik retiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak,
- Fizibil olan tüm hidroelektrik santrallerinden elektrik üretmek,
- Rüzgar enerjisinin kurulu gücünü 20.000 MW’a çıkarmak,
- Türkiye’nin toplam kurulu gücünü 110.000 MW’ın üzerine çıkarmak,
- Elektrik retim toplamını 400 milyar kWh’a yükseltmek.

Ayrıca Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planında (2014) Türkiye’nin 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisi talebinin %30’unu yenilenebilir enerjiden karşılamayı hedeflediği belirtilmiştir (ETKB, 2014: 8).

Yenilenebilir enerji ile ilgili yasal mevzuatlar incelendiğinde 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 10.05.2005 tarih ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji kaynaklarının Elektrik Enerjisi retimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun olduğu görülmüştür. 2005 yılında çıkan bu kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapılması yasal zemine oturtulmuştur. Ancak bu kanun yatırımların hızlanmasını sağlayamamıştır. Çünkü yatırımcıya bu kanun gerekli teşvikleri vermemekte, lisans alma zorunluluğu tutmakta idi. 2 Ekim 2013 tarih ve 28783 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik retimine İlişkin Yönetmelik ile birlikte devlet yatırımcıya lisans alma zorunluluğunu kaldırmakta (belli bir g için) ve ürettiği elektriği 10 yıl boyunca satın alma garantisi vermektedir. Bu tarihten itibaren Türkiye’de teşviklerle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapılması hızlanmıştır. Rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve güneş enerjisi yatırımlarda tercih edilmektedir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi konusu ele alınmıştır.

2.2. Güneş Enerjisi

Güneş dünyamız ve diğer gezegenler için enerji kaynağıdır. Bitkiler fotosentez yapmak için güneş enerjisinden faydalanırken, kömür ve bitki artıklarının petrole dönüşebilmesi için de güneş enerjisi gereklidir.

Güneş, çapı $1,39 \times 10^9$ m, kütlesi $5,97 \times 10^{24}$ kg olan, çevresine ısı ve ışık yayan bir yıldızdır. Yüzey sıcaklığı 6000K civarındadır. Doğal bir füzyon reaktörü olan güneşte, 1 saniye içerisinde beşyüzaltmışdört milyon ton hidrojen, beşyüzaltmış milyon ton helyuma dönüşmekte ve aradaki fark olan dört milyon tonluk kütleden de 386 milyon EJ (1EJ= 22,7 MTEP) enerji açığa çıkmaktadır. Güneşten gelen enerji dünyanın toplam enerji ihtiyacından 16.000 kat daha fazladır (Karataş, 2008: 99).

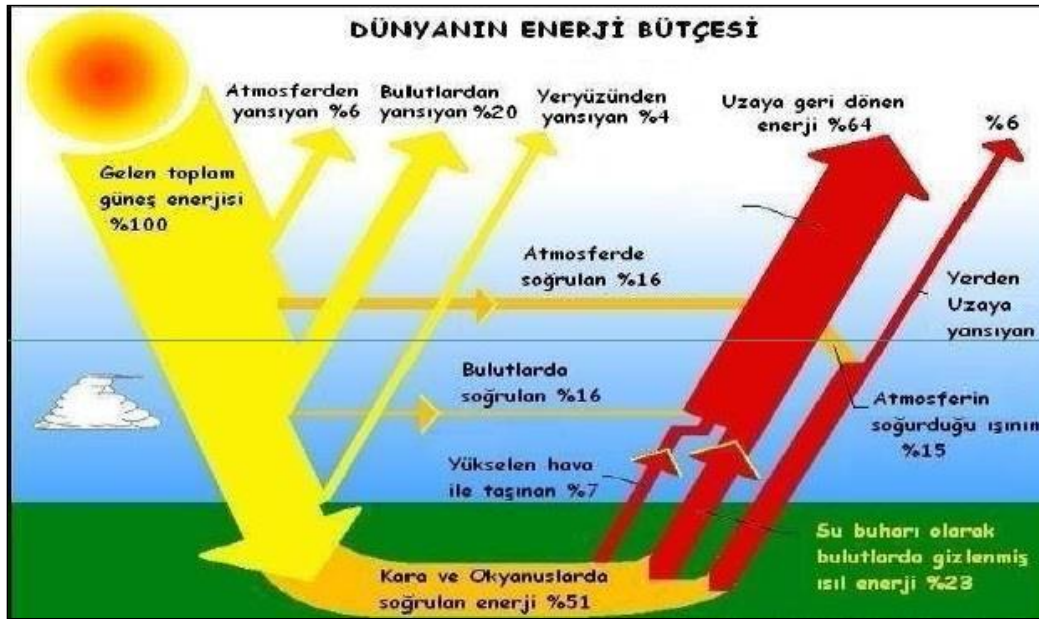
Güneşteki enerji radyasyon yoluyla yayılır. Farklı dalga boylarında güneşten yayılan enerjinin çok az bir kısmı yeryüzüne ulaşır.

Atmosferin dışında, bir metre kare alana dik olacak şekilde düşen güneş enerjisi radyasyon değeri 1375 W/m²'dir. Dünyanın eliptik şekli sebebiyle yeryüzündeki farklı noktalara 0 ile 1000 w/m² arasında güneş enerjisi gelir.

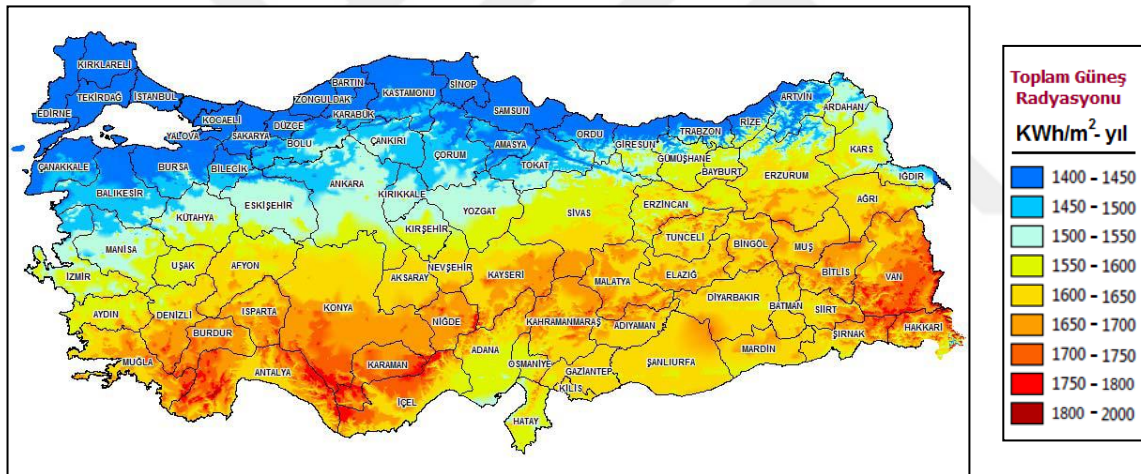
Şekil 2.6'da görüldüğü gibi güneş radyasyonunun tümü dünyaya kadar ulaşmaz, %30 civarında enerji atmosferden yansıyıp geri dönerken, enerjinin yarısı atmosferden geçip dünyanın yüzeyine gelir. Güneşten yayılan ışınımın kalan %20'lik kısmı ise, atmosfer ile bulutlarda kalır. Dünya'ya ulaşan tüm güneş enerjisi ısıya dönüşerek uzaya döner (Öztürk ve Kaya, 2013: 27).

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, bulunduğu coğrafi konumu itibarıyla güneş potansiyeli bakımından bir çok ülkeye nazaran avantajlı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından 1966-1982 yılları arasında ölçülmüş güneşlenme süresi ve radyasyon bilgilerinden faydalanılarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) bir çalışma yapmış ve Türkiye'nin güneş enerjisi atlası oluşturmuştur (http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_calismalari.aspx , erişim tarihi: 15.02.2018) (Şekil 2.7).



Şekil 2.6 Güneş Enerjisinin Dünyaya Gelişi



Şekil 2.7 Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, (erişim tarihi: 15.02.2018).

Bu atlas kullanılarak hesaplanan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi ortalama toplam ışınlam şiddeti Tablo 2.2'de verilmiştir. Bu tabloya göre yıllık toplam güneşlenme süresi ortalama 2640 saat (günlük ortalama toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınlam şiddeti ise 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²)'dir. Güneşlenme süresi en fazla olan ay 365 saat ile Temmuz ayı iken, Ocak ve Aralık ayları ise 103 saat ile en düşük güneşlenme sürelerine sahiptir.

Güney Doğu Anadolu Bölgesi yıllık birim m²'ye 1460 kWh'lik enerji düşmesi ile Türkiye'de en fazla güneş potansiyeline sahip olup bölge olurken, bu bölgeyi 1390 kWh/m²-yıl enerji ile Akdeniz Bölgesi takip etmektedir. Coğrafi bölgelere göre güneşten gelen en düşük enerjili bölge 1120 kWh/m²-yıl ile Karadeniz Bölgesi olmaktadır. Coğrafi bölgelere göre

Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli değerlerinin dağılımı Tablo 2.3'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Türkiye'nin Ortalama Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli

AYLAR	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,40	343
EYLÜL	10,60	123,28	280
EKİM	7,73	89,90	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1.311	2.640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat /gün

Kaynak: YEGM

Tablo 2.3 Coğrafi Bölgelere Göre Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi

BÖLGE	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1.460	2.993
AKDENİZ	1.390	2.956
DOĞU ANADOLU	1.365	2.664
İÇ ANADOLU	1.314	2.628
EGE	1.304	2.738
MARMARA	1.168	2.409
KARADENİZ	1.120	1.971

Kaynak: YEGM

2.3. Güneş Enerjisinden Faydalanma Teknolojileri

2.3.1. Isıl (Düşük Sıcaklık) Sistemler

Genellikle evlerde sıcak su üretmek amacıyla kullanılan sistemlerdir. Sistem, güneş enerjisini toplayıp, elde edilen ısıyı bir akışkana aktarır. Elde edilen sıcaklık yaklaşık 70 °C'dir.

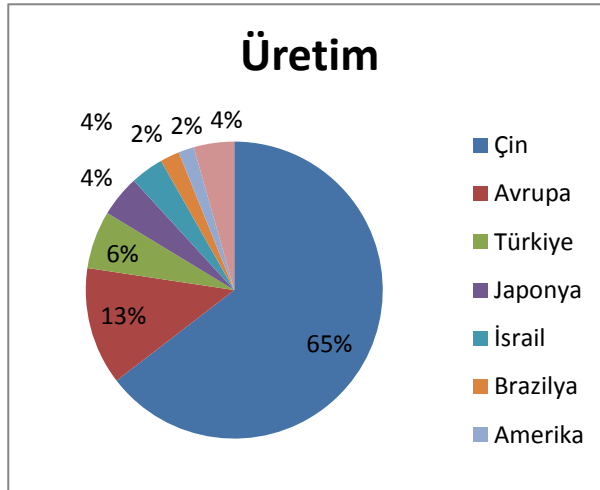
Düzlemsel Güneş kolektörleri sistemi; cam çitası, kauçuk fitil veya conta, alüminyum kasa, kolektör çıkışları ve diğer ekipmanlardan oluşur. Bu sistem, Türkiye'de güneş enerjisinin

en yaygın kullanımı olan sistem olup, kurulu olan güneş kollektörü miktarı yaklaşık 7,5 milyon m²'dir. Genellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılan bu sistemlerden Tablo 2.4'de görüldüğü üzere yılda yaklaşık 475 BTEP ısı enerjisi üretilmektedir.

Tablo 2.4 Güneş kollektörlerinin Ürettiği Isıl Enerjinin Birincil Enerji Tüketimimize Katkısının Yıllara Göre Dağılımı

Yıl	Güneş Enerjisi Üretimi (BTEP)	Yıl	Güneş Enerjisi Üretimi (BTEP)
1998	210	2004	375
1999	236	2007	420
2000	262	2010	450
2001	290	2013	475

Dünyada güneş kollektörü üretiminde ülke bazında Çin'den sonra Türkiye'nin geldiği Şekil 2.8'de görülmektedir. Çin toplam güneş kollektörlerinin %65'ini üretirken, Türkiye ise toplam üretimin %6'lık pazar payını almaktadır. Yıllık 750.000 m² üretim hacmine sahip olan Türkiye'de, 2000'den fazla kişi bu sektörde çalışmaktadır. Bu durum Türkiye'nin dünyada önemli bir güneş kollektörü ihracatçısı ve kullanıcısı olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.8 Dünya Güneş Kollektörü Üretim Kapasite Yüzdesi

2.3.2. Yoğunlaştırıcı Sistemler

Güneş enerjisinden dolayı yollarla elektrik üreten sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler aracılığıyla güneş enerjisi bir noktaya odaklanarak kızgın buhar elde edilir. Bu kızgın buhar vasıtasıyla da elektrik enerjisi üretilir. Güneş termal güç santralleri, BEK olan güneş enerjisinin

ısını kullanarak elektrik üreten sistemlerdir. Bu sistemlerin ana çalışma prensibi aynı olmakla birlikte, güneş enerjisini toplayan kolektörlerde farklılık vardır. Toplama aracının parabolik oluk kolektörler olduğu santrallerde, kolektörlerin odaklarına yerleştirilen absorban boru içinde çalışma sıvısı gönderilir. Isınmış olan sıvıdan kızgın buhar sağlanır (www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, erişim tarihi 01.03.2018).

Parabolik çanak kolektörler kullanılan güç santrallerinde de benzer yöntem kullanılır veya merkezdeki Stirling motoru ile doğrudan elektrik üretilir. Merkezi alıcılı güç sistemlerinde ise, toplama elemanı olarak düzlemsel aynalar kullanılır ve güneş ışınları ısı eşanjörüne yansıtılarak, çalışma sıvısı ısıtılır ve konvansiyonel olarak elektrik üretilir.

2.3.2.1. Parabolik Oluk Kolektörler

Parabolik kesitli yoğunlaştırıcıları olan parabolik oluk güneş kolektörleri en çok kullanılan termoelektrik teknolojisidir. Kolektörün içinde bulunan yansıtıcılar, güneşten gelen enerjiyi kolektörün odağındaki siyah soğurucu boruya yoğunlaştırır (Şekil 2.9). Kolektörlerde güneşin hareketine göre yer değiştiren güneş takip sistemleri yer alır. Soğurucu boruda ısıyı transfer eden yağ bulunur. Sistemde biriken ısı, elektrik üretmek için santrale gönderilir. Bu sistemde 350-400°C'lik yüksek sıcaklıklar elde edilmektedir. 1MW'lık sistem kurulumu için yaklaşık 35.000 m²'lik alana ve 5 milyon euroya gereksinim vardır. Bu sisteme örnek olarak 354 MW gücündeki Kramer&Junction eski Luz International santrali gösterilebilir.



Şekil 2.9 Parabolik Oluk Kollektörlü Enerji Santrali

2.3.2.2. Parabolik Çanak Sistemler

Yatay ve düşey eksenlerde güneş takibi yaparak, güneş ışınları kesintisiz biçimde odak yerine gönderilir. Elde edilen ısı enerjisi, odak bölgesinden münasip bir transfer sıvısı ile alınıp,

termodinamik çevrimle veya odak noktasına yerleştirilen bir Stirling makine ile elektrik üretilir. Sistem verimim striling motor kullanılırsa %30 dolaylarındadır.

Şekil 2.10’da görülen parabolik çanak sisteminin, avantaj ve dezavantajları şöyledir:

“Noktasal odaklama yapan bu teknolojiye termik kayıp yoktur. Güneş yoğunlaştırma oranları yaklaşık olarak parabolik olukta 80 ve kule teknolojisinde 1000 iken, bu teknolojiye 15000’dir. Özel bir Stirling motor kullanılmaktadır. Az üretilen bu motor, içinde receiver ve içi helyum ve hidrojen dolu tüpleri bulundurmaktadır.10 kW için 1 milyon €’luk yatırım maliyeti ile oldukça pahalı bir teknolojidir” (http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, erişim tarihi: 07.03.2018).



Şekil 2.10 Parabolik Çanak Sistem Örneği

2.3.3. Fotovoltaik (PV) Sistemler

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığından direkt olarak elektrik üreten yarı iletken elemanlardır. Güneş enerjisinde bulunan fotonlar, fotovoltaik hücrenin üzerine gelince elektrik enerjisine dönüşürler. Güneş pilleri dikdörtgen, kare, daire şeklinde olabilirken, yüzey alanları da 100-120 cm² civarında iken, 0,2 – 0,4 mm arasında kalınlığa sahiptirler. PV pillerin üretiminde genellikle silisyum ve silisyum karışımly yarı iletken maddeler kullanılır (Tuğyan, 2012: 28).

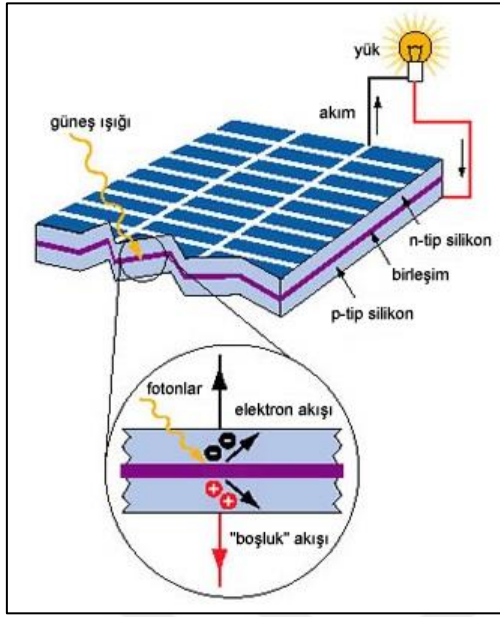
2.3.3.1. Tarihçesi

PV olayı ilk kez 1839 yılında Fransız bilim adamı Becquerel tarafından sıvı çözeltideki gerilimin, üzerine gelen ışık ile değiştiğinin gözlemlemesi ile bulunmuştur. 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından aynı olay bu kez katı cisim olan selenyum kristalleri üzerinde denemiştir. PV hücrelerde %6 verimliliğe ilk defa 1954 yılında silikon kristal hücrelerde ulaşılmıştır.

1973 yılı petrol krizinden sonra Dünyada güneş pillerinden elektrik üretimine yönelik geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme başlamıştır. Ancak bu çalışmalar kamuoyundan yeteri desteği göremediği için sadece üniversitelerin üstlendiği bir amaç olarak kalmıştır. Son yirmi yıldır ise artan çevre duyarlılığıyla birlikte kamuoyundan gelen baskılar neticesinde büyük şirketler de güneş pillerinin geliştirilmesi, verimliliğinin artırılması ve maliyetlerinin düşürülmesi çalışmalarına girişmişler ve bu çalışmalar sonucunda teknolojinin gelişmesiyle birlikte maliyetler de düşmüştür. Yakın zamana kadar diğer elektrik üretim teknolojileri ile karşılaştırıldığında maliyetli bulunan PV sistemler, önümüzdeki zaman diliminde elektrik üretiminde alternatif olabilecek duruma gelebilecektir. Bilhassa elektriğin üretiminde sosyal maliyet dikkate alındığında, PV sistemlerin fosil bazlı sistemlere göre daha ekonomik olduğu söylenebilir (<http://www.elektrikuretimi.org/gunes-pillerinin-tarihsel-gelisimi>, erişim tarihi: 02.03.2018).

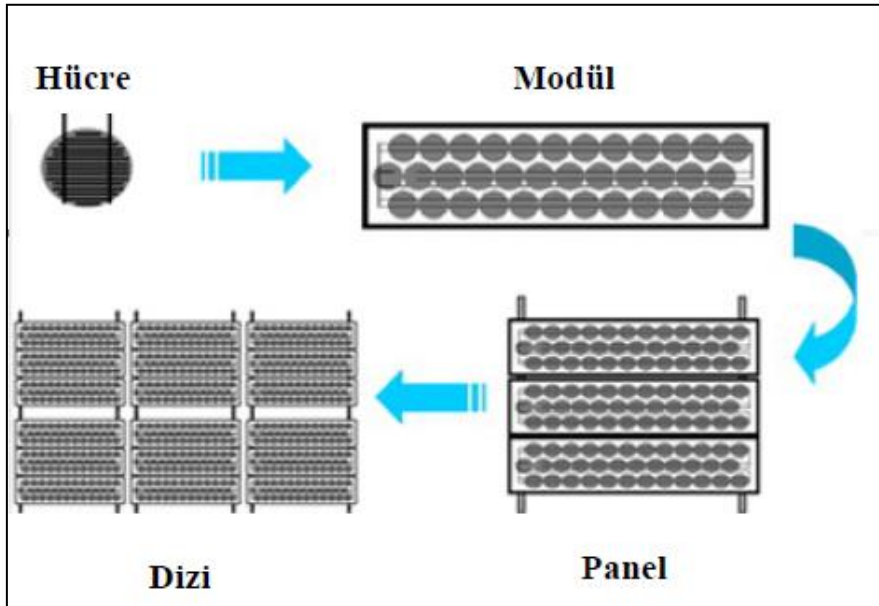
2.3.3.2. Güneş Pilleri

Güneş pilleri, yarı iletken olarak daha çok silisyumun kullanıldığı, 0,2-0,4 mm kalınlıklara sahip ve alanları 100cm² civarında olan malzemelerdir. Şekilleri kare, dikdörtgen veya daire olabilmektedir. İki adet yarı iletken malzemenin birleşim noktasına düşen fotonun radyasyon gücü bu iki iletken arasında bir gerilim oluşturur ve elektrik üretimi gerçekleşir (Akyüz, 2010: 49-50). Şekil 2.11’de bir güneş pilinin çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Yarı İletken Maddenin Yapısı ve PV Dönüşüm

Güneş pilleri seri ve paralel bağlanarak güç artışı yapılarak modüller elde edilir. Modüllerden paneller ve son olarak da panellerden diziler oluşturulur. Böylelikle büyük güç santralleri için istenilen güçler elde edilir. Şekil 2.12’de bu hücreden diziyeye kadar olan süreç gösterilmektedir.



Şekil 2.12 Güneş Pili Hücresi, Modülü, Paneli ve Dizisi

2.3.3.3. Güneş Pili Çeşitleri

2.3.3.3.1. Monokristalin Silisyum Fotovoltaik Piller

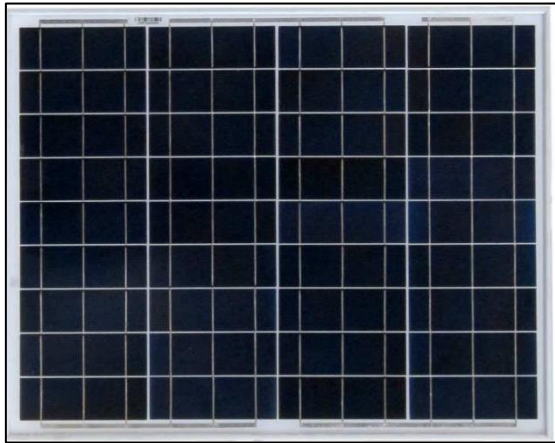
Verimlilikleri %15-20 arasında olup diğer pil çeşitlerine göre yüksektir. Yapısı homojendir. Üretiminde malzeme kayıpları fazladır ve üretim tekniği zordur. Şekil 2.13’de örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Mono Kristal Silikon Güneş Pili

2.3.3.3.2. Polikristalin Silisyum Fotovoltaik Piller

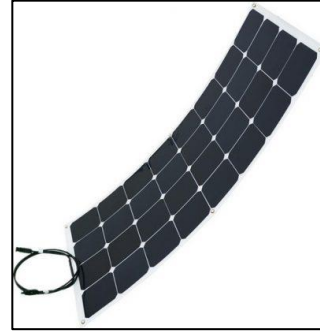
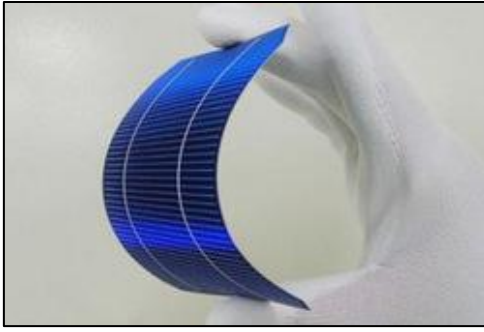
Monokristal pillerin eritilmesinden elde edilir. Monokristale göre saflığı azdır ve bu yüzden verimleri %12-16 arasındadır. Üretim tekniği daha basit olup bu yüzden maliyetleri ve fiyatları düşüktür. Güneş pilleri içinde en fazla pazar payına sahip olan pildir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Polikristalin Silisyum Güneş Pili

2.3.3.3.3. İnce Film Güneş Hücreleri

Işığı soğurması yüksek olan bu tip hücreler, verimlilikleri düşük olduğu için toplam PV hücre pazarında %7’lik paya sahiptir. Verimleri %7 ile %15 arasında değişmektedir. Verimleri düşük olduğu için daha büyük arazilere ihtiyaç duyarlar. Üretim maliyet ve süreçleri diğer güneş pillerine oranla ucuzdur. Amorf silikon, kadmiyum tellür ve bakır indiyum galyum diselenyum olmak üzere 3 tip ince film güneş pili vardır.



Şekil 2.15 İnce Film Güneş Hücreleri

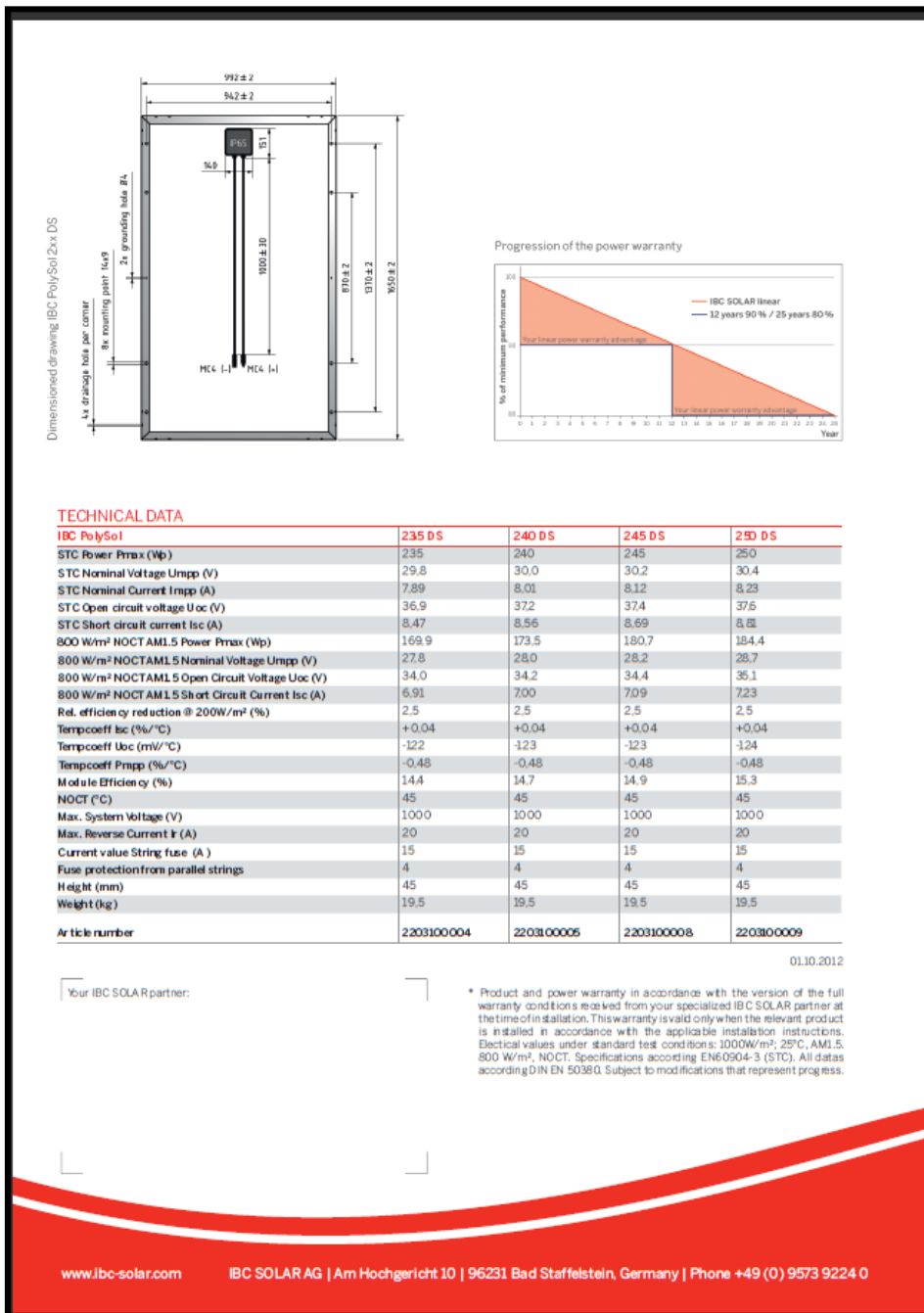
2.3.3.4. PV Sistemde Kullanılan Techizatlar

PV sistemlerde elektrik üretimi için bir takım techizatlara gerek vardır. Bunlar ana ve yardımcı techizatlar olmak üzere ikiye ayrılabilir.

Ana malzemeler; güneş paneli, eviriciler, çift yönlü sayaç, akü şarj kontrol cihazı, bataryalardır. Yardımcı malzemeler kablo, anahtar, röle-kontaktör, montaj malzemeleri, enerji analizörü ve sigortalardır.

Güneş Paneli

Güneş panellerini oluşturan güneş pilinin çalışma prensibi yukarıda anlatılmıştı. Güneş panellerinin üzerinde güneş paneline ait değerlerin bulunduğu bilgi föyleri vardır. Bilgi föyünde güneş panelinin tipi, gücü, ağırlığı, sistem gerilim değerleri, açık devre gerilimi, kısa devre gerilim değeri, sistem akım değeri, sıcaklık değişim katsayı bilgisi, verim değişim katsayısı bilgisi, ebat bilgileri gibi bilgiler yer alır. Föylerdeki değerlere göre güneş santralinin projelendirmesi yapılır. Güneş paneline ait örnek bilgi föyü Şekil 2.16'da verilmiştir. Panel ömrü üretici firmalar tarafından genellikle 25 yıl olarak verilmektedir.



Şekil 2.16 Güneş Paneli Bilgi Föyü

Eviriciler

PV sistemin önemli diğer bir elemanı eviricilerdir. Güneş panellerinde üretilen doğru akımı şebeke akımı olan alternatif akıma çeviren cihazlardır (Şekil 2.17). Maksimum güç noktası takibi yapabilen eviricilerin verimleri %97 civarındadır. Verimlilik sisteme giren DC gücün ne kadarlık kısmının AC güce çevrildiğiyle ilgilidir. Üretilen enerjiyi şebeke bağlantısını kurarak sisteme veren bu cihazlarda oluşabilecek bir hata üretilen gücün şebekeye verilmesini engeller.



Şekil 2.17 Solar Evirici

Bataryalar ve Şarj Regülatörleri

Şebekenin olmadığı yerlerde PV sistemler aküler ile desteklenir. Aküler üretilen enerjinin depolandığı cihazlardır. Elektrik enerjisi akülerde kimyasal şekilde depolanır. Çok çeşitleri olmakla birlikte PV sistemlerde genellikle kuru ve jel aküler kullanılır.

Akü şarj regülatörleri, sistemin ve sistemdeki yüklere göre şarj-deşarj işlemlerini yapan, bunları üzerinde bulunan elektronik devrelerle gerçekleştiren elemanlardır. Şekil 2.18’de batarya ve şarj regülatörü örnekleri görülmektedir.

Gelişmiş mikroişlemci teknolojisiyle güneş panelindeki bilgileri, bataryayı ve yükleri sürekli kontrol eder ve enerji akış yönünü belirler.



Şekil 2.18 Şarj Regülatörü ve Batarya

Sistem Bağlantı Elemanları

Güneş panellerinin taşıyıcı sistemleridir. Arazi uygulamalarında çakmalı sistem veya beton ayaklı sistem kullanılabilir. Zemine veya gövdelere güvenli bir şekilde set edilmeli ve diğer elemanlarla olan elektriksel bağlantıları, belirli standartlara uyularak yapılmalıdır. Şekil 2.19’da bağlantı elemanları örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.19 Sistem Bağlantı Elemanları

2.3.3.5. PV Sistem Çeşitleri

PV sistemler uygulama şekli açısından şebekeken bağımsız sistemler (off grid) ve şebekeye bağlı sistemler (on grid) olmak üzere iki kısımdır.

2.3.3.5.1. Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistemler

Elektrik enerjisine ulaşımın olmadığı yerlerde şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler kullanılır. Bağ evleri enerji temini, tarla sulaması, baz istasyonları, aydınlatma sistemleri, orman yangın gözetleme kulelerinde yapılan sistemler off-grid sistemlere örnek olarak verilebilir (Akgün, 2006: 14). Akülerin de kullanıldığı bu sistemlerde yatırım maliyeti geri dönüşü 7-9 yıldır.

Şekil 2.20’de şebekeden bağımsız bir PV sisteme ait ekipmanlar görülmektedir. Bu sistem Ada Sistemi olarak da bilinmektedir. Bu sisteme ait örnekler Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2.20 Şebekeden Bağımsız PV Sistemi



Şekil 2.21 Çeşitli PV Sistem Uygulamaları

2.3.3.5.2. Şebeke Bağlantılı (On-Grid) Sistemler

Şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler ile üretilen enerji öncelikle sistem ile ilişkili bir tüketim noktasında tüketilir. Tüketim noktasındaki enerjinin düşük olması durumunda üretilen fazla enerji bir sayaç üzerinden şebekeye aktarılır. Böylece hiçbir zaman enerji kaybı olmaz. Çatıya ve binaya entegre sistemler ile güneş enerjisi santralleri bu tip sistemlere örnek verilebilir. Şekil 2.22’de Alanya Belediyesi tarafından yaptırılan 3MW’lık güneş enerjisi santrali (GES) şebeke bağlantılı sisteme örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.22 Alanya Belediyesi’nin 3MW’lık Güneş Enerjisi Santrali

Alanya Belediyesi ve İller Bankası A.Ş. Antalya Bölge Müdürlüğü kontrollüğünde yapılan bu tesis kamu tarafında yaptırılan en büyük GES santrallerinden biridir. Alanya Belediyesinin elektrik tüketiminin yarısından fazlası yapılan bu GES ile karşılanmaktadır.

Şebekeye bağlı sistemlerle merkezi üretim yerine küçük ölçekli enerji üretimleri yapılarak enerjinin üretildiği noktada kullanılması sağlanır. Böylece dağıtım kayıpları azaltılmış olur.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ülkemizde enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için enerji arzı da artmaktadır. Enerji üretiminde yoğun olarak fosil kaynakların kullanılması hem çevre kirliliğine sebep olmakta hem de bu kaynakların temininde dışa bağımlılığımızı arttırmaktadır. Enerji üretiminde fosil kaynaklara alternatif olarak geliştirilen yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan biri olan güneş enerjisi santrallerinin (GES) ülkemizde gerekli yasal düzenlemelerin yapılmasıyla birlikte uygulamaları hızlanmıştır.

Türkiye'nin 2023 hedefleri arasında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin payının %30 olması yer almaktadır. Bu hedeflerin yerine getirilebilmesi için kurulması planlanan yeni GES'lerin yer seçimlerinde en uygun yerlerin seçilmesi verimlilik ve yatırım dönüş süresi açısından önemlidir. Çalışmanın amacı Batı Akdeniz Bölgesi (Antalya, Isparta ve Burdur) sınırları içerisinde kurulması planlanan Güneş Enerjisi Santrali (GES) için uygun kuruluş yerinin belirlenmesidir.

3.2. Çalışmanın Varsayımları

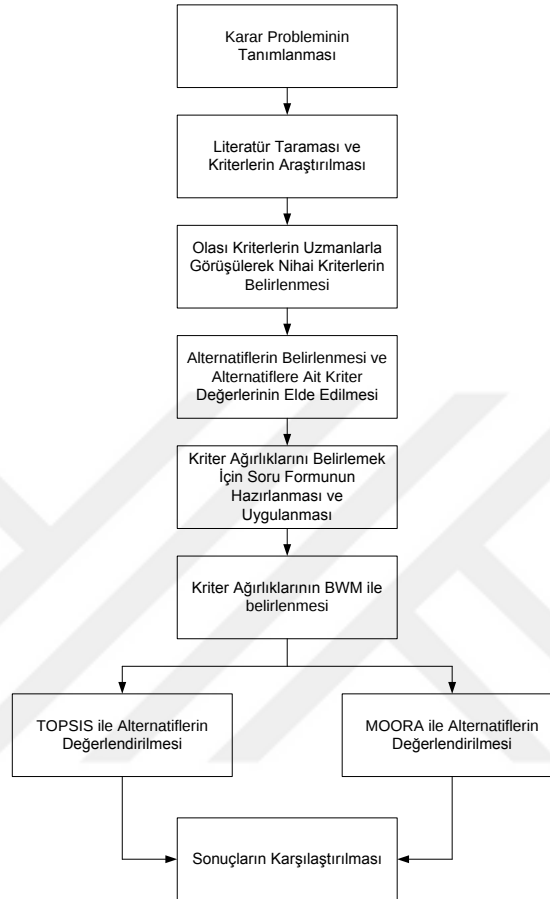
Bu tez çalışmasının varsayımları aşağıda verilmiştir. Problemin çözümü bu varsayımlar dikkate alınarak yapılmıştır.

- Çalışma yapılan tüm arazilerin TEDAŞ Genel Müdürlüğü'nün belirlemiş olduğu marjinal tarım arazisi (GES yapılacak arazinin tarım arazisi, mera alanı olmaması vb.) olması öngörülmüştür.
- Çalışma GES'in lisanssız üretim kapsamında yapılacağı öngörüldüğünden üst limit olarak tüm arazilerde 1MW'lık bir sistem tasarlanmıştır.
- Tüm araziler 1MW'lık sistem için 18.000 m² olarak alınmıştır.
- Tüm arazi uygulamalarında aynı tip, sayı ve metrajda PV panel, inverter, kablolama, trafo, metal muhafazalı modüler hücreler, elektrik şalt malzemeleri vb. diğer GES ekipmanlarının kullanılacağı varsayılmıştır.
- Tüm TM'lerde 1MW'lık boş kapasitenin olduğu varsayılmıştır.

3.3. Çalışmanın Yöntemi ve Yol Haritası

Kuruluş yeri seçimi birbiriyle çelişebilen kriterlerin de bulunduğu tipik bir çok kriterli

karar verme problemidir. Bu tez çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden BWM, TOPSIS ve MOORA yöntemleri kullanılarak, Batı Akdeniz Bölgesinde kurulması planlanan GES için belirlenen 9 alternatif içerisinde en uygun olanının seçimi yapılmıştır. Çalışmada izlenen metodolojik adımlar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Metodolojik Adımlar

Yeni bir metot olan BWM, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu metotta kriterlerin hepsi birbirleriyle kıyaslanmayıp bunun yerine en iyi ve en kötü kriter referans alınarak diğer kriterler bu iki kritere göre kıyaslanmaktadır. Kriter ağırlıklarının BWM ile değerlendirilmesi için bir soru formu oluşturulmuş ve bu form, alanında uzman 20 kişiye uygulanmıştır. Cevaplanan soru formlarından 3 tanesinin ilk gözden geçirme esnasında hatalı cevaplandıkları, 2 tanesinde ise yöntem sonucunun çözümsüz olduğu görülmüş ve değerlendirme dışı bırakılmışlardır. Geriye kalan 15 form ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir.

Alternatiflerin sıralanmasında ise TOPSIS ve MOORA yöntemlerinden yararlanılmıştır. TOPSIS, kompleks algoritmalar ve karmaşık modellemeler içermeyen, kullanıcıdan az sayıda girdi parametresi isteyen, anlaşılması kolay ve yoğun olarak kullanılan bir yöntemdir (Özdemir, 2015: 134). Benzer şekilde MOORA yöntemlerinde hesaplamaların kolaylığı, basitliği ve matematiksel işlem miktarının azlığı karşısında bilindik diğer ÇKKV

yöntemlerine göre güvenilir bir yöntemdir (Onay, 2015: 246). Bu nedenlerden ötürü çalışmada bu yöntemlerin kullanılması kararlaştırılmıştır.

3.4. Uygulama

3.4.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Çalışmada öncelikle GES kurulumunda dikkate alınması gereken kriterler ile alakalı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu konuyla ilgili Enerji Bakanlığının tanımlamış olduğu birtakım kısıtlar olmakla birlikte, en uygun yer seçimi ile alakalı belirlediği kriterler dizisi yoktur. Literatür taraması sonunda elde edilen bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Tavana vd. (2017) yaptıkları çalışmada ANFIS ve bulanık AHP yöntemlerini kullanarak güneş tarlalarında yer seçiminin planlanması için bir karar destek sistemi önermişlerdir. Çalışmalarında en uygun yerin seçiminde aşağıdaki kriterleri baz almışlardır.

Çevresel faktörler:

- Yerleşim yerinden uzaklık.
- Güneş radyasyon yoğunluğu.
- Araziye ulaşım imkânı.

Ekonomik faktörler:

- Ana yoldan uzaklık.
- Enerji nakil hattından uzaklık.

Janke (2010) yaptığı çalışmada Colorado şehrinde çok kriterli coğrafi bilgi sistem (GIS) modellemesini kullanarak güneş ve rüzgar tarlaları için uygun olan arazileri belirlemeyi amaçlamıştır. En uygun alanları belirlerken güneş radyasyon yoğunluğu, iletim hatlarına yakınlık, şehre olan uzaklık, nüfus yoğunluğu, yollara yakınlık, arazi bitki örtüsü ve federal arazi olup olmaması kriterlerini kullanmıştır.

Charabi ve Gastli (2011) GIS tabanlı mekânsal bulanık FLOWA yöntemini kullanarak Umman'da fotovoltaik (PV) alanların uygunluk analizini yapmışlardır. Bu çalışmada PV sistem için aşağıdaki kriterler göz önüne alınarak en uygun alanlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Teknik Kriterler	Ekonomik Kriterler	Çevresel Kriterler
• Güneş Radyasyonu	• ENH yakınlık	• Hassas bölge
• Araziye Ulaşım	• Eğim	• Hidrografik çizgi
• Arazi kullanımı	• Yük direkleri	• Toz riski

Uyan (2017) makalesinde coğrafi bilgi sistemleri ile AHP yöntemini kullanarak Çumra

(Konya) ilçe sınırları içerisinde GES kurulabilecek alanları araştırmıştır. Bu çalışmasında yerleşim alanlarından uzaklık, arazi kullanımı, eğim, trafo merkezlerine uzaklık, iletim hatlarından uzaklık ve yol ve demiryolundan uzaklık kriterleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda toplam arazinin %1,5'lik kısmı en uygun GES kurulabilecek alan çıkarken, %62'lik kısım ise GES kurulması hiç uygun olmayan alan olarak bulunmuştur. Bölgede tarım arazisi çok fazla olduğu için GES kurulamayacak alanlar büyük yer kaplamıştır.

Carrion vd. (2008) Endülüs'te (İspanya) PV santrallerin elektrik üretim kapasitesi ve Endülüs'te uygun güneş sahalarının seçimi hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada aşağıdaki seçim kısıtlarını coğrafi bilgi sistemleri yöntemleriyle kullanarak 164.495,37 hektarlık uygun arazide yıllık 38.693 GWh üretim yapılabileceğini bulmuşlardır.

Çevresel Kısıtlar	Yasal Kısıtlar	Coğrafi Kısıtlar	İklimsel Kısıtlar
• Ulusal parklar • Doğal parklar • Toplumsal ilgi alanları • Kuş barınakları • Doğal sığır patikaları • Hayvancılık yapılan yollar	• Yollar • Nehirler	• Eğim • Gölge • Araziye ulaşım • Tüketim noktasına yakınlık	• Güneş radyasyonu • Yıllık ortalama güneş saati • Sıcaklık

Literatür taramasında elde edilen kriterler, GES'nin projelendirilmesi, yapımı, işletmeye alma ve işletimini yapan uzmanlarla gözden geçirilmiş ve bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki 8 kriter belirlenmiştir.

- **Yıllık Güneş Işınım Miktarı (kWh/yıl) (C₁)**

Güneş enerjisi santrallerinin elektrik üretimini belirleyen bir kriterdir. GES'in kurulacağı yerde coğrafi konumda güneşten gelen radyasyon miktarına bağlı olarak değişen bir parametredir. Alternatiflere ait bu kriter değeri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün Güneş Enerjisi Atlasından (GEPA) alınmıştır. Fayda yönlü nicel bir kriterdir.

- **Sıcaklık (C₂)**

GES'lerinin elektrik üreten kısmı olan fotovoltaik (PV) panellerin verimliliği sıcaklığın artmasıyla düşer. Panel üzerinde panelin kaç watt'lık bir üretim yapacağı mevcuttur. Bu değer standart test koşullarında yani 25 °C derece sıcaklık 1000 W/m² ve hava yoğunluğunun 1,5

olduğu zaman panelin üretebileceği gücü gösterir. Hava sıcaklığının artması nedeniyle panellerin sıcaklığı da artar ve üretilen enerji sıcaklık artışından negatif yönde etkilendiğinden verim azalır. Bu azalışın ne ölçüde olacağı panel üzerindeki bilgi föyünde mevcuttur. Her panelde farklı olmakla birlikte genel olarak bu değer her bir sıcaklık artışında -%0,5 civarındadır. Yani panel sıcaklığının bir derece artması ile panel verimi %0,5 azalmaktadır. Panel sıcaklığı hava sıcaklığından farklı olup, hava sıcaklığı 40 derece olduğunda panel sıcaklığı 70-75 derece olabilmektedir. Bu nedenle havanın çok sıcak olması GES için istenen bir durum değildir. Bu kriter değeri için meteorolojik veriler (sıcaklık, nem, hava kirliliği, rakım) yardımıyla uzman görüşleri alınarak her bir alternatife 1-9 arası değerler atanmıştır. Bu kriter üretimi etkileyen, maliyet yönlü, nitel bir kriterdir.

- **Arazi Fiyatları (C₃)**

Arazi fiyatları yatırım maliyetini etkileyen bir kriterdir. Bu tez çalışmasında her arazide aynı panel ve inverter kullanılması nedeniyle her bir alternatif için 18.000 m²'lik araziye ihtiyaç vardır. Her bir alternatif için arazi fiyatları, kurulması planlanan yerdeki yerel yöneticilerle yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Kriterin birimi TL olup, kriter maliyet yönlü, nicel bir kriterdir.

- **Arazinin Fiziki Yapısı (C₄)**

Arazinin fiziki yapısı GES'in hem yapım aşamasını hem de işletme aşamasını ilgilendiren önemli bir husustur. Bu kriter arazinin kayalık-toprak olması, eğimli olup olmaması, arazi yüzeyinin düz olup yapım aşamasında ekstra hafriyat işleri çıkarıp çıkarmaması, konstrüksiyonların çakma mı yoksa delme şeklinde mi yapılacağı, arazi yağış durumu şeklinde 5 alt kategoriye ayrılmıştır. Her bir alternatif uzmanlarca (jeoloji mühendisleri) değerlendirilmiş ve 1-9 arası değer atanmıştır. Bu kriter fayda yönlü, nitel bir kriterdir.

- **Arazi Deprem Riski (C₅)**

Arazi deprem riski yatırım maliyetini belirleyen bir husustur. Bu kriter ile GES'in alt konstrüksiyonunun nasıl olacağı, ne kadar olacağının kararı verilmektedir. Maden Tetkik Arama'nın (MTA) güncellenen deprem haritasından uzman görüşüne başvurularak her bir alternatif için 1-9 arası değerler belirlenmiştir. Bu kriter maliyet yönlü, nitel bir kriterdir.

- **Araziye Ulaşılabilirlik (C₆)**

Araziye ulaşılabilirlik kriteri GES'in hem yapım aşamasında hem de işletme

aşamasında merkeze yakın olması anlamında önemli bir kriterdir. Burada merkeze yakınlıktan kasıt ilçe merkezine olan km cinsinden uzaklıktır. Merkeze ne kadar yakın ise hem yapım aşamasında hem de işletme anında bir problem çıktığında rahatlıkla müdahale edilebilecek ve kayıpların önüne geçilecektir. Bu kriter maliyet yönlü, nicel bir kriterdir.

- **Enerji Nakil Hattı Uzunluğu (C₇)**

Enerji nakil hattı üretilen enerjinin enterkonnekte sisteme iletilmesinde kullanılır. Kurulacak GES TEDAŞ'ın bağlantı görüşünde yazdığı iletim hattına ne kadar yakınsa, yapılacak enerji nakil hattı kısa olur ki bu da yatırım maliyetinin daha az olmasını sağlar. Enerji nakil hattı uzunluğu kriteri birimi km olan, maliyet yönlü bir nicel kriterdir.

- **Tüketim Merkezlerine Katkısı (C₈)**

Üretilen enerji, enerji nakil hattı vasıtasıyla trafo merkezlerine gönderilir ve bu trafo merkezlerinden çıkan hatlar üzerinde tüketilir. Bu trafo merkezlerinde tüketilen enerji ne kadar fazla ise üretilen enerjinin katkısı daha fazla olacaktır. Çünkü elektrikte amaç üretilen enerjinin üretildiği yerde tüketilmesi ve iletim kayıplarının az olmasıdır. Elektrik depolama maliyeti çok olduğundan dolayı üretim ile tüketim noktalarının yakın olması istenir. Uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde bu kriter ile trafo merkezinde tüketilen enerji miktarları TEİAŞ'tan elde edilmiş olup, bir trafo merkezinde ne kadar çok elektrik tüketilmişse, üretimin tüketime katkısının o oranda yüksek olacağı düşünülmüştür. Bu kriter fayda yönlü olup nicel bir kriterdir.

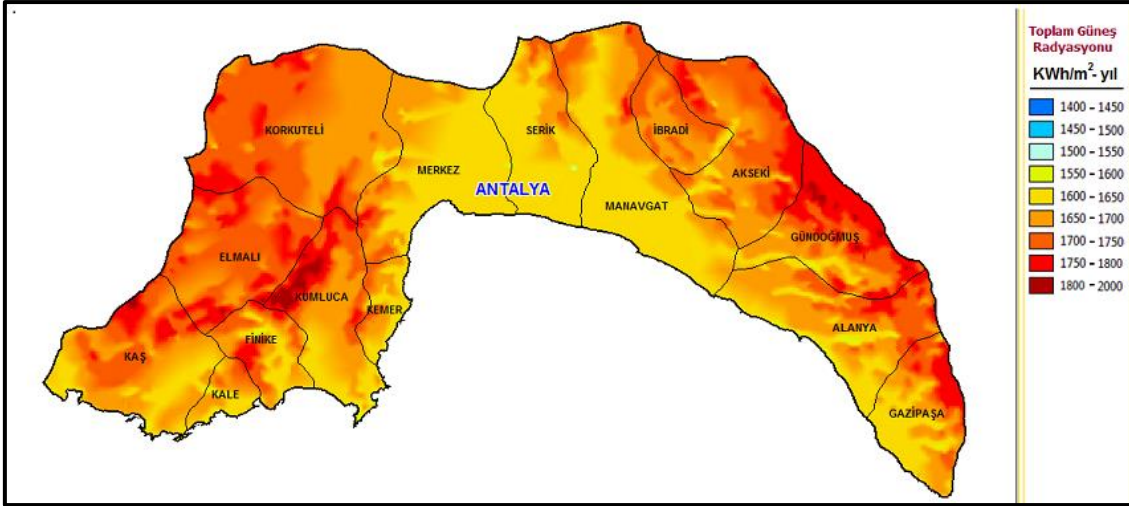
Kriterleri fayda yönlü ve maliyet yönlü olarak ayrılmasının sebebi problemde maksimizasyon ve minimizasyon işlemlerinde yardımcı olmak içindir.

3.4.2. Alternatiflerin Belirlenmesi

Alternatif kuruluş yerlerinin belirlenmesinde İller Bankası A.Ş. Antalya Bölge Müdürlüğü'nün hizmet alanına girmesi ve bu yerler için GES ön etütlerinin yapılmış olması etkili olmuştur. Alternatiflere ait nicel kriterlerin değerleri farklı kaynaklardan elde edilirken, nitel kriterlerin değerleri uzmanların 1-9 arasında puanlaması ile elde edilmiştir.

Bu kısıtlar dahilinde Batı Akdeniz Bölgesinde Antalya, Isparta ve Burdur illerinde olacak şekilde her ilden 3 yer olmak üzere toplam 9 alternatif seçilmiştir.

Antalya'dan Alanya (A₁), Döşemealtı (A₂), Elmalı (A₃); Burdur'dan Karamanlı (A₄), Çeltikçi (A₅) ve Gölhisar (A₆); Isparta'dan ise Sarıdırıs (A₇), Şarkikaraağaç (A₈) ve Keçiborlu (A₉); alternatifler olarak belirlenmiştir. Belirlenen alternatiflere ait güneş radyasyonu (C₁) kriter değerleri aşağıda verilmiştir.

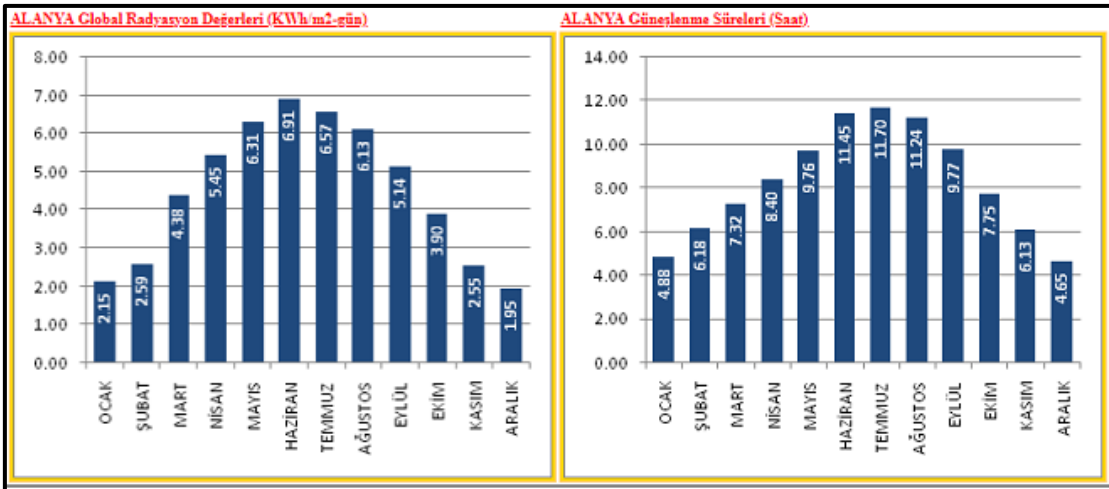


Şekil 3.2 Antalya İline Ait Güneş Potansiyeli Atlası

Kaynak: YEGM

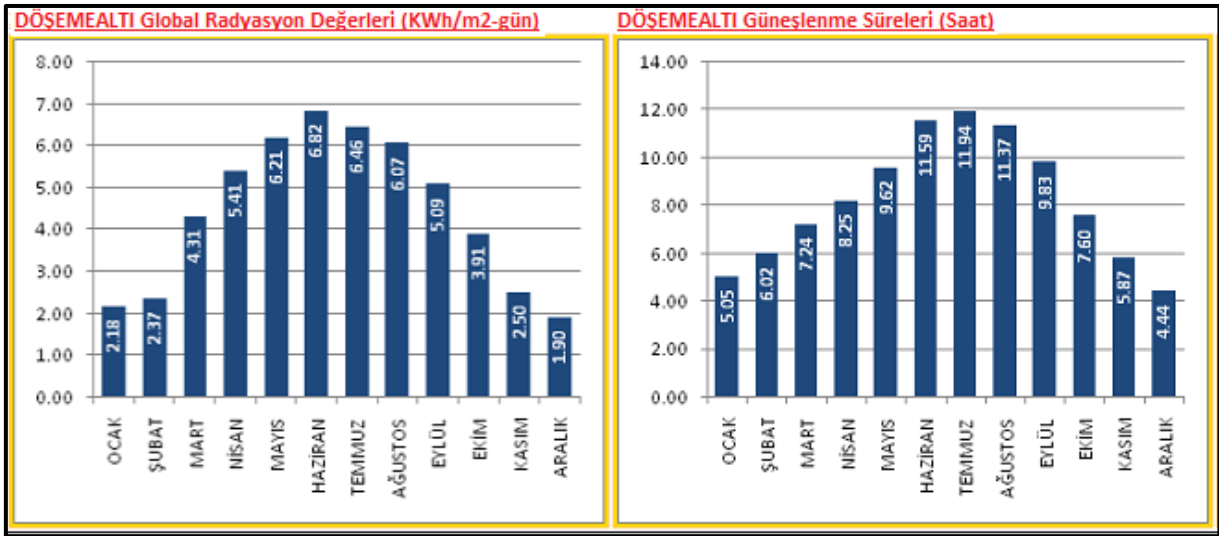
Antalya iline ait toplam güneş radyasyonu haritası Şekil 3.2’de verilmiştir. Antalya ilinde belirlenen alternatiflere ait aylara göre günlük ortalama radyasyon değeri ile güneşlenme süreleri Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5’de yer almaktadır. Verilen bu değerler ışığında her bir alternatifte ait güneş radyasyon değeri şöyle hesaplanmaktadır: Ay bazında gösterilen güneşlenme süreleri aylık olarak gösterilen ortalama radyasyon değerini belirlemektedir. Güneşlenme süresi ne kadar fazla ise güneş radyasyon değeri de o derece fazla olacaktır. Çalışmaya konu olan yıllık toplam radyasyon değeri, aylara ait günlük ortalama güneş radyasyon değerleri ile ilgili ayların gün sayılarının çarpımlarının toplamıdır. Örneğin, Alanya’ya ait toplam güneş radyasyon değeri;

$$C_1 = (2,15 \cdot 31 + 2,59 \cdot 28 + 4,38 \cdot 31 + 5,45 \cdot 30 + 6,31 \cdot 31 + 6,91 \cdot 30 + 6,57 \cdot 31 + 6,13 \cdot 31 + 5,14 \cdot 30 + 3,9 \cdot 31 + 2,55 \cdot 30 + 1,95 \cdot 31) = 1.647,11 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.3 Alanya Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)

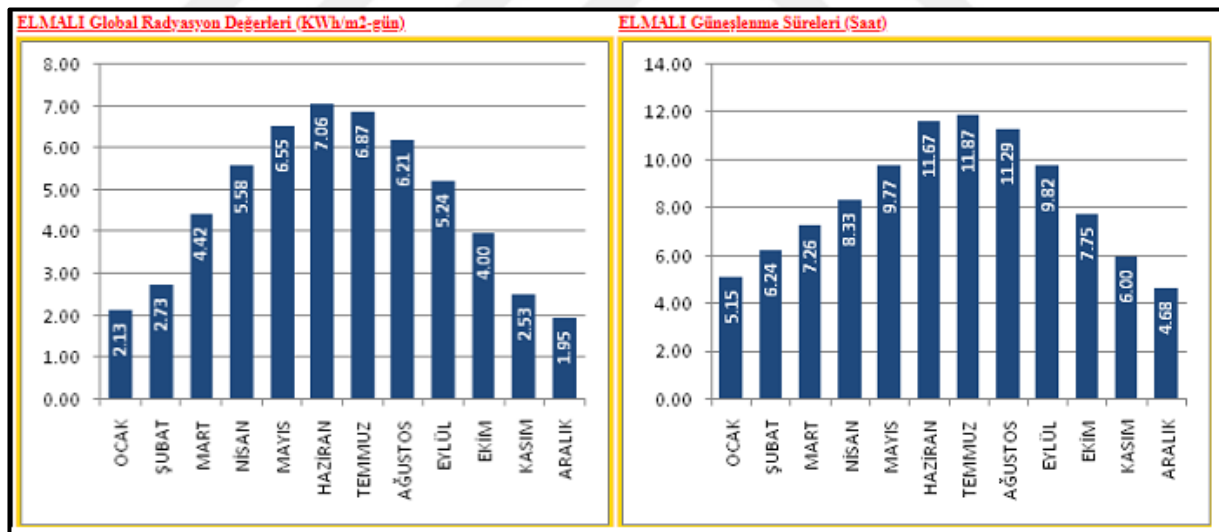
Kaynak: YEGM



Şekil 3.4 Döşemealtı Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Benzer şekilde Döşemealtı'na ait radyasyon değeri hesaplanırsa:

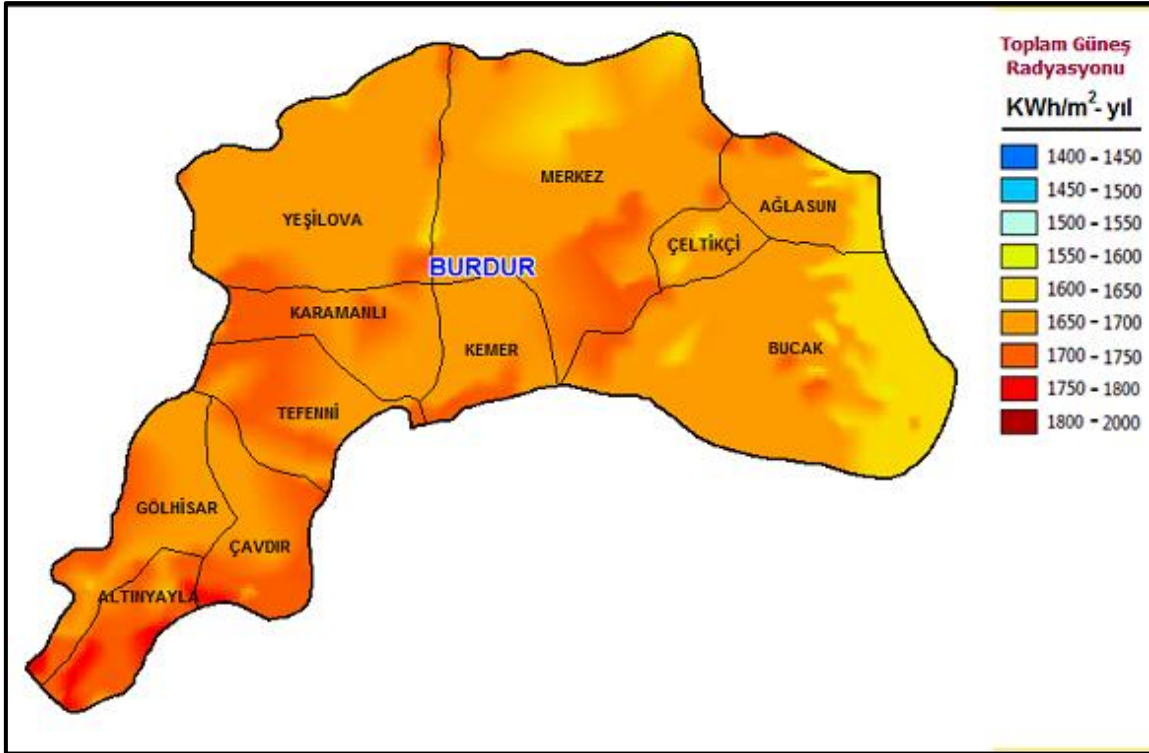
$$C_1 = (2,18*31+ 2,37*28+ 4,31*31+ 5,41*30+ 6,21*31+ 6,82*30+ 6,46*31+ 6,07*31+ 5,09*30+ 3,91*31+ 2,5*30+ 1,9*31)= 1.623,20 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl bulunur.}$$



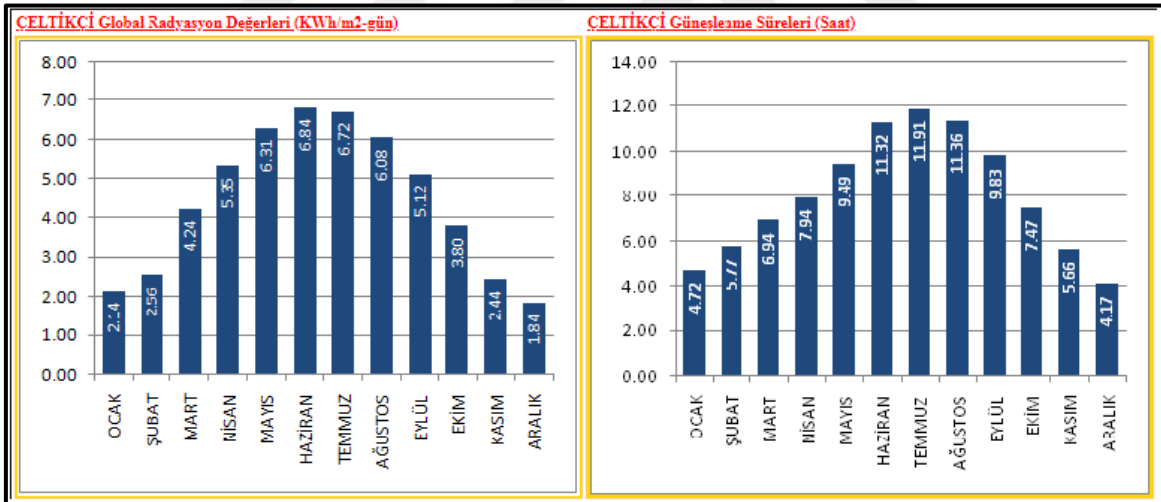
Şekil 3.5 Elmalı Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Elmalı'ya ait radyasyon değeri;

$$C_1 = (2,13*31+ 2,73*28+ 4,42*31+ 5,58*30+ 6,55*31+ 7,06*30+ 6,87*31+ 6,21*31+ 5,24*30+ 4*31+ 2,53*30+1,95*31)= 1.684,77 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl bulunur.}$$



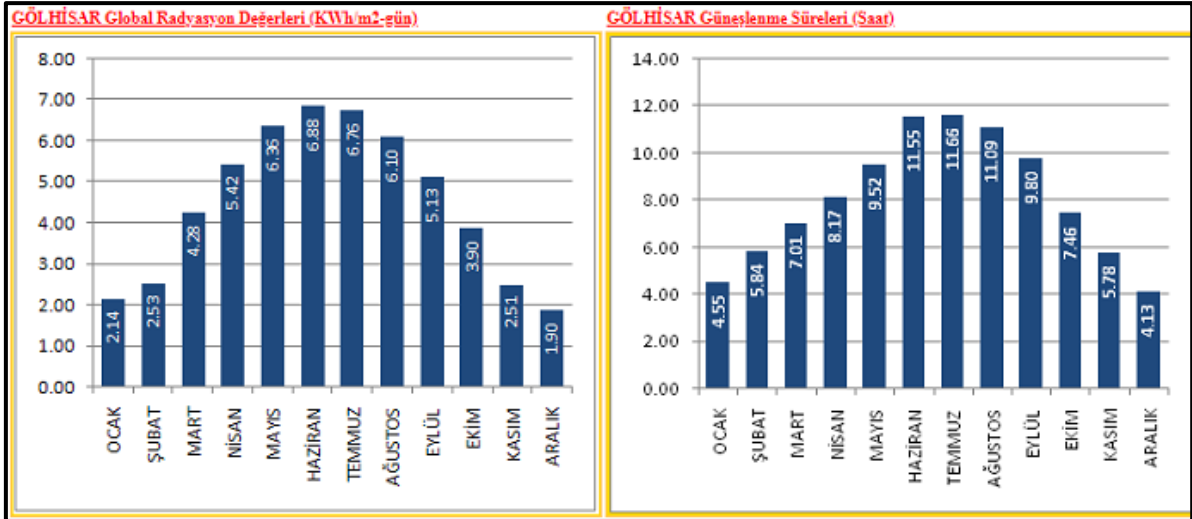
Şekil 3.6 Burdur İli Güneş Potansiyeli Atlası
Kaynak: YEGM



Şekil 3.7 Çeltikçi Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Çeltikçi'ye ait radyasyon değeri;

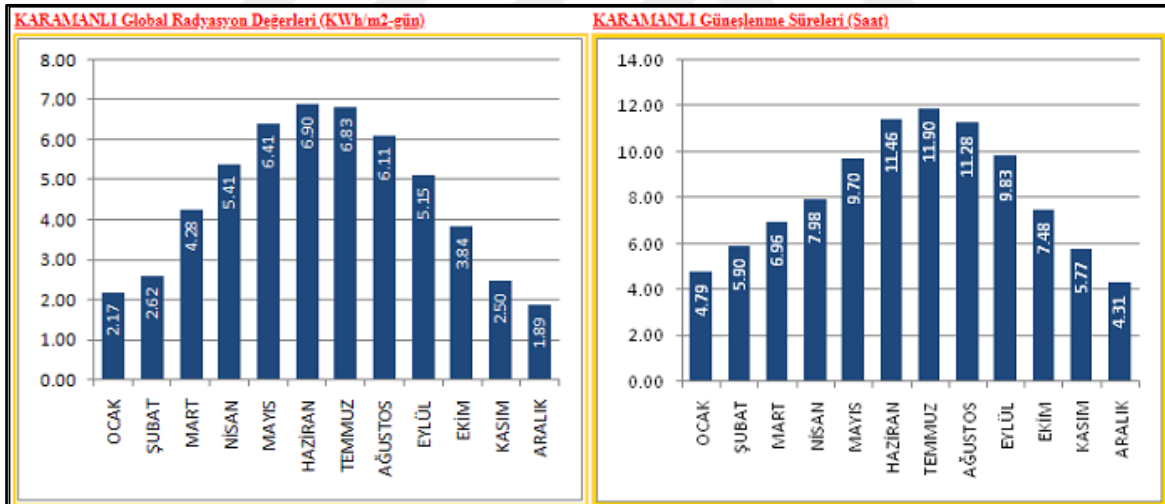
$$C_1 = (2,14 \cdot 31 + 2,56 \cdot 28 + 4,24 \cdot 31 + 5,35 \cdot 30 + 6,31 \cdot 31 + 6,84 \cdot 30 + 6,72 \cdot 31 + 6,08 \cdot 31 + 5,12 \cdot 30 + 3,8 \cdot 31 + 2,44 \cdot 30 + 1,84 \cdot 31) = 1.629,21 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.8 Gölhisar Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Gölhisar'a ait radyasyon değeri;

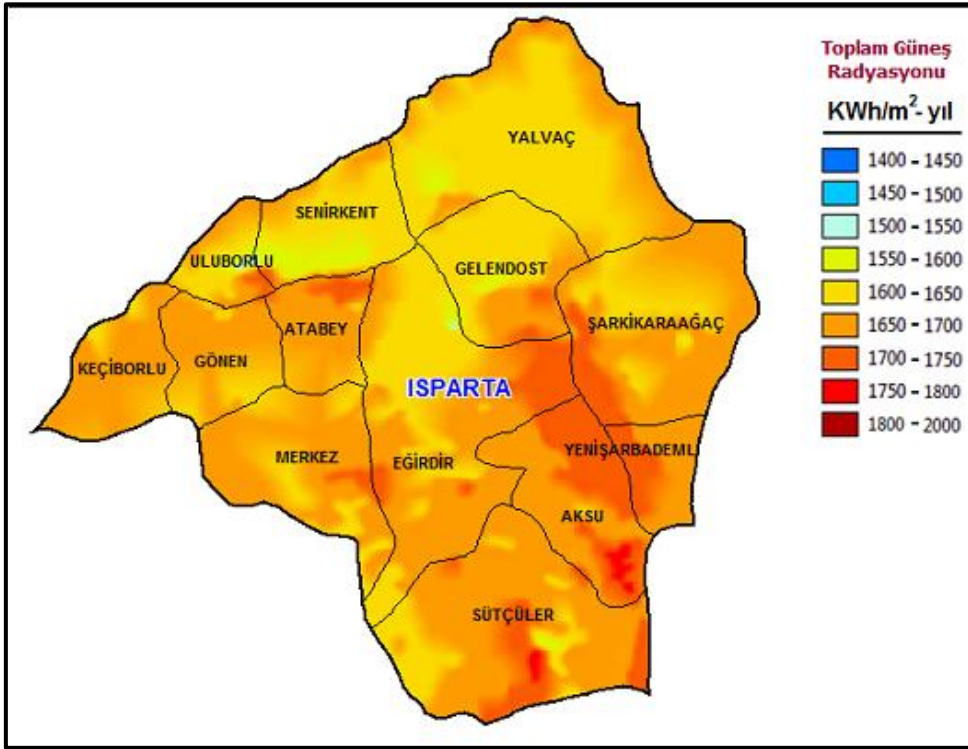
$$C_1 = (2,14*31+ 2,53*28+ 4,28*31+ 5,42*30+ 6,36*31+ 6,88*30+ 6,76*31+ 6,1*31+ 5,13*30+ 3,9*31+ 2,51*30+ 1,9*31)=1.643,68 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.9 Karamanlı Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

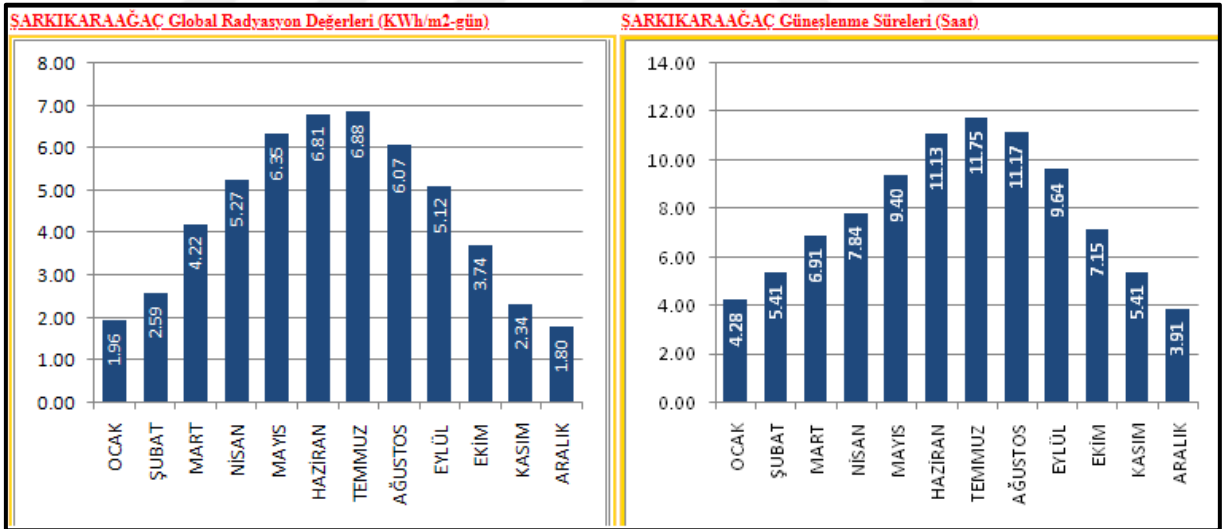
Karamanlı'ya ait radyasyon değeri;

$$C_1 = (2,17*31+ 2,62*28+ 4,28*31+ 5,41*30+ 6,41*31+ 6,9*30+ 6,83*31+ 6,11*31+ 5,15*30+ 3,84*31+ 2,5*30+ 1,89*31)= 1.649,59 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.10 Isparta İli Güneş Potansiyeli Atlası

Kaynak: YEGM

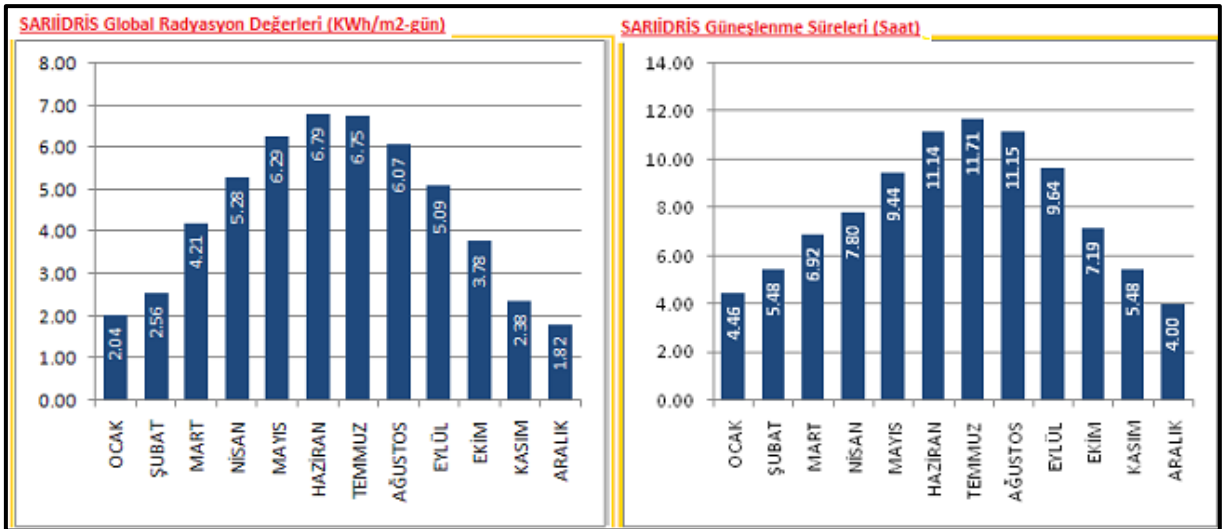


Şekil 3.11 Şarkikaraağaç Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)

Kaynak: YEGM

Şarkikaraağaç'a ait radyasyon değeri:

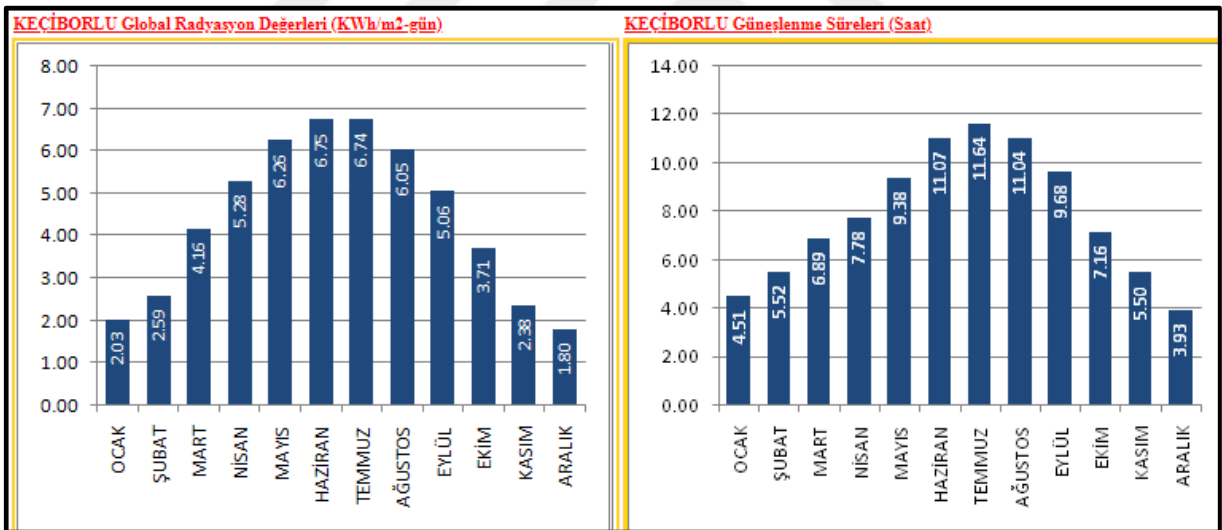
$$C_1 = (1,96 \cdot 31 + 2,59 \cdot 28 + 4,22 \cdot 31 + 5,27 \cdot 30 + 6,35 \cdot 31 + 6,81 \cdot 30 + 6,88 \cdot 31 + 6,07 \cdot 31 + 5,12 \cdot 30 + 3,74 \cdot 31 + 2,34 \cdot 30 + 1,8 \cdot 31) = 1.620,34 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.12 Sarııdris Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Sarııdris'e ait radyasyon değeri;

$$C_1 = (2,04*31+2,56*28+ 4,21*31+ 5,28*30+ 6,29*31+ 6,79*30+ 6,75*31+ 6,07*31+ 5,09*30+ 3,78*31+ 2,38*30+ 1,82*31)= 1.617,64 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$



Şekil 3.13 Keçiöborlu Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) ve Güneşlenme Süreleri (Saat)
Kaynak: YEGM

Keçiöborlu'ya ait radyasyon değeri;

$$C_1 = (2,03*31+ 2,59*28+ 4,16*31+ 5,28*30+ 6,26*31+ 6,75*30+ 6,74*31+ 6,05*31+ 5,06*30+ 3,71*31+ 2,38*30+ 1,8*31)=1.609,87 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl olarak hesaplanır.}$$

Belirlenen alternatifler, kriterler ve alternatiflere ait kriter değerleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Alternatifler ve Alternatiflere Ait Kriter Değerleri

		KRİTERLER							
ALTERNATİFLER		Yıllık Güneş Işınımı Miktarı (kWh/m ² -yıl)	Sıcaklık (1-9)	Arazi Fiyatları (TL)	Arazinin Fiziki Yapısı (1-9)	Arazi Deprem Riski (1-9)	Araziye Ulaşılabilirlik (km)	Enerji Nakil Hattı Uzunluğu (km)	Tüketim Merkezine Katkısı (MWh)
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
ANTALYA	ALANYA (A ₁)	1.647,11	7	252.000	8	10	17	0.30	204
	DÖŞEMEALTI (A ₂)	1.623,20	9	360.000	8	5	30	0.20	173
	ELMALI (A ₃)	1.684,77	6	108.000	8	5	9	0.25	62
BURDUR	KARAMANLI (A ₄)	1.649,59	3	180.000	6	4	10	0.40	142
	ÇELTİKÇİ (A ₅)	1.629,21	7	270.000	6	4	3	0.30	173
	GÖLHİSAR (A ₆)	1.643,68	6	320.000	6	2	10	0.20	142
ISPARTA	SARİİDRİS (A ₇)	1.617,64	4	54.000	2	2	4	0.20	93
	ŞARKIKARAAĞAÇ (A ₈)	1.620,34	2	54.000	8	3	7	0.25	115
	KEÇİBORLU (A ₉)	1.609,87	5	126.000	6	3	9	0.30	53

3.4.3. Kriter Ağırlıklarının BWM ile Belirlenmesi

GES alanında uzman olan kişilerle kriterler oluşturulduktan sonra kriter ağırlıkları BWM metoduyla belirlenmiştir. Bunun için öncelikle BWM metoduna uygun en iyi ve en kötü kriterler ile diğer kriterlerin kıyaslanabileceği bir soru formu hazırlanmıştır. Oluşturulan form alanında uzman 20 kişi tarafından cevaplandırılmıştır. Katılımcılara sekiz adet kriter arasından en iyi kriterin hangisi olduğu ve en iyi kriterin diğer kriterlere göre kaç kat önemli olduğu ile en kötü kriterin hangisi olduğu ve diğer kriterlerin en kötü kriterden kaç kat daha önemli olduğu sorulmuştur. Önem derecesinin belirlenmesinde Saaty tarafından önerilen (1-9) arası değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Formların bir kısmı yüz yüze bir kısmı da e-posta yoluyla cevaplandırılmıştır.

Formlar incelendiğinde üç adet formun hatalı doldurulduğu, iki adet formun ise model çözümünün sonuçsuz kaldığı görülmüştür. Geriye kalan 15 formda yer alan uzman değerlendirmeleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Soru Formlarına Uzmanlar Tarafından Verilen Cevaplar

Karar verici	En İyi kriter	KRİTERLER								En Kötü Kriter	KRİTERLER							
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
1	C ₃	1	1	1	5	9	7	8	5	C ₅	9	9	9	8	1	6	5	5
2	C ₂	2	1	2	5	2	5	2	5	C ₈	4	5	2	2	2	3	2	1
3	C ₄	1	2	3	1	2	3	6	4	C ₇	4	4	5	6	3	2	1	4
4	C ₁	1	3	4	6	7	5	2	9	C ₈	9	8	6	4	2	3	7	1
5	C ₁	1	4	2	3	7	6	5	8	C ₈	8	5	7	6	2	3	4	1
6	C ₁	1	3	7	4	9	5	2	8	C ₅	9	7	3	6	1	5	8	2
7	C ₁	1	5	7	6	2	3	4	9	C ₈	9	2	3	5	8	7	3	1
8	C ₁	1	4	5	7	3	4	2	9	C ₈	9	6	5	6	7	6	8	1
9	C ₁	1	1	2	2	8	3	3	5	C ₅	8	8	4	4	1	3	3	2
10	C ₁	1	7	6	4	8	9	3	9	C ₈	9	2	3	3	2	2	3	1
11	C ₁	1	2	8	4	3	2	2	3	C ₃	8	4	1	2	3	6	4	5
12	C ₅	2	2	3	3	1	4	3	3	C ₆	2	3	2	2	4	1	2	2
13	C ₁	1	2	9	2	3	3	2	2	C ₃	9	6	1	5	4	4	5	7
14	C ₁	1	4	2	2	2	2	3	3	C ₂	4	1	4	2	3	3	3	3
15	C ₁	1	5	4	3	6	2	2	7	C ₈	7	2	2	3	2	4	4	1

On bir uzman (%73.3) tarafından birinci kriter “Yıllık Güneş Işınımı Miktarı” en iyi kriter seçilirken, sekizinci kriter “Tüketim Merkezine Katkı” kriteri yedi uzman (%46.7) tarafından en kötü kriter seçilmiştir. Değerlendirme sonuçları formül (1.1)’e göre modellenmiş ve LINGO 11.0 programı kullanılarak ağırlıklar hesaplanmıştır.

15 uzmanın değerlendirmelerine ait BWM çözüm sonuçları aşağıdaki gibidir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 BWM ile Kriter Ağırlıkların Hesaplanması.

Karar Verici	Kriter Ağırlıkları								ξ	Tutarlılık oranı
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈		
1	0,17	0,17	0,31	0,14	0,03	0,08	0,05	0,05	3,12	0,59
2	0,21	0,29	0,08	0,05	0,08	0,13	0,08	0,08	1,50	0,65
3	0,29	0,23	0,12	0,17	0,05	0,04	0,03	0,07	1,62	0,54
4	0,32	0,19	0,13	0,08	0,04	0,05	0,16	0,03	1,59	0,29
5	0,27	0,1	0,24	0,17	0,05	0,06	0,08	0,03	1,39	0,31
6	0,32	0,16	0,04	0,13	0,03	0,1	0,19	0,03	1,72	0,32
7	0,24	0,09	0,05	0,06	0,22	0,2	0,11	0,03	2,12	0,40
8	0,24	0,24	0,13	0,13	0,03	0,09	0,09	0,05	0,25	0,04
9	0,48	0,06	0,10	0,10	0,05	0,05	0,12	0,04	1,00	0,19
10	0,24	0,13	0,03	0,08	0,10	0,18	0,13	0,11	0,85	0,16
11	0,11	0,16	0,10	0,10	0,27	0,06	0,10	0,10	0,35	0,15
12	0,24	0,13	0,02	0,11	0,08	0,08	0,18	0,16	0,67	0,12
13	0,20	0,04	0,16	0,12	0,15	0,15	0,09	0,09	0,80	0,34
14	0,32	0,07	0,09	0,13	0,06	0,14	0,14	0,05	0,59	0,15
15	0,14	0,08	0,06	0,34	0,08	0,08	0,14	0,06	0,60	0,16
Ort.	0,25	0,12	0,08	0,14	0,10	0,10	0,13	0,08		

Her bir uzman görüşünün sonuçları ve tutarlılık oranları Tablo 3.3’te görülmektedir. Buna göre bazı uzman sonuçlarının tutarlılık oranları yüksek çıkmıştır. Tutarlılık oranı ile ilgili olarak Rezai, BWM ile ilgili yaptığı çalışmada tutarlılık oranının 0,25’den küçük olduğu durumlarda çok iyi tutarlılık seviyesinde olduğunu belirtmiştir (<http://bestworstmethod.com/wp-content/uploads/2017/11/Best-Worst-Method-BWM-2017-w.pdf>, erişim tarihi: 23.04.2018). Analitik hiyerarşi yönteminde ise tutarlılık oranının 0.1’den küçük olması istenir. Bu orandan daha yüksek bir değer çıkması ya AHP yöntemindeki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmadaki tutarsızlığını gösterir.

Bu çalışmada tutarlılık oranı (0,25)’ten küçük olan sonuçlar ele alınmış olup, (0,25)’den büyük olan sonuçlar ise değerlendirme dışı bırakılmıştır. Buna göre 7 adet uzman görüşü değerlendirilmeye alınmış olup, Tablo 3.3’te koyu olarak gösterilmiştir.

Uzman görüşleri doğrultusunda elde edilen kriter ağırlıklarını tek bir değere

indirmek için aritmetik ortalama kullanılarak Tablo3.3'ün son satırında sonuçlar gösterilmiştir. Uzmanlar tarafından kriterler arasında en çok ağırlık alan kriter “yıllık güneş ışınlam miktarı” kriteri (0,25) olmuştur. İkinci olarak (0,14) ağırlık oranıyla “arazinin fiziki yapısı” kriteri yer almaktadır. Bu kriterleri sırasıyla, (0,13) oranıyla “enerji nakil hattı uzunluğu”, (0,12) ağırlık oranıyla “sıcaklık” kriteri, (0,10) oranlarıyla arazi deprem riski ve araziye ulaşılabilirlik ve (0,08) oranlarıyla “tüketim merkezine katkı” ve “arazi fiyatları” kriterleri takip etmektedir.

3.4.4. TOPSIS Yöntemi ile Çözüm

Kriter ağırlıkları BWM ile belirlendikten sonra TOPSIS yöntemi ile en uygun alternatifin seçilme işlemi yapılmıştır.

TOPSIS yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir.

- Karar Matrisinin Oluşturulması.
- Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.
- Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.
- İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Bulunması.
- İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması.
- İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması.

Karar Matrisinin Oluşturulması

Çalışmada 9 alternatif ve 8 kriter için karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

Tablo 3.4 Karar Matrisinin Oluşturulması.

	Kriterler							
Alternatifler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	1.647	7	252.000	8	10	17	0.30	204
A ₂	1.623	9	360.000	8	5	30	0.20	173
A ₃	1.684	3	108.000	8	5	9	0.25	62
A ₄	1.649	3	180.000	6	4	10	0.40	142
A ₅	1.629	7	270.000	6	4	3	0.30	173
A ₆	1.643	6	320.000	6	2	10	0.20	142
A ₇	1.617	4	54.000	2	2	4	0.20	93
A ₈	1.620	2	54.000	8	3	7	0.35	115
A ₉	1.609	5	126.000	6	3	9	0.30	53

Karar matrisinde A₁,A₂..A₉ alternatifleri, C₁, C₂... C₈ ise kriterleri göstermektedir.

- **Normalize Karar Matrisinin (R) Oluşturulması**

Formül (1.4) kullanılarak normalize karar matrisi hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 3.5 de oluşturulan normalize karar matrisi verilmektedir.

Tablo 3.5 Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	2.712.609	49	63.504.000.000	64	100	289	0,09	41.616
A ₂	2.634.129	81	1,296E+11	64	25	900	0,04	29.929
A ₃	2.835.856	9	11.664.000.000	64	25	81	0,0625	3.844
A ₄	2.719.201	9	32.400.000.000	36	16	100	0,16	20.164
A ₅	2.653.641	49	72.900.000.000	36	16	9	0,09	29.929
A ₆	2.699.449	36	1,024E+11	36	4	100	0,04	20.164
A ₇	2.614.689	16	2.916.000.000	4	4	16	0,04	8.649
A ₈	2.624.400	4	2.916.000.000	64	9	49	0,1225	13.225
A ₉	2.588.881	25	15.876.000.000	36	9	81	0,09	2.809
$\sum_{i=1}^m x_{ij}^2$	24.082.855	278	4,34176E+11	404	208	1.625	0,735	170.329
$\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$	4.907,43	16,68	658.920,33	20,1	14,42	40,31	0,86	412,71

Tablo 3.6 Oluşturulan Normalize Karar Matrisi

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,336	0,420	0,382	0,398	0,693	0,422	0,350	0,494
A ₂	0,331	0,540	0,546	0,398	0,347	0,744	0,233	0,419
A ₃	0,343	0,180	0,164	0,398	0,347	0,223	0,292	0,150
A ₄	0,336	0,180	0,273	0,299	0,277	0,248	0,467	0,344
A ₅	0,332	0,420	0,410	0,299	0,277	0,074	0,350	0,419
A ₆	0,335	0,360	0,486	0,299	0,139	0,248	0,233	0,344
A ₇	0,330	0,240	0,082	0,100	0,139	0,099	0,233	0,225
A ₈	0,330	0,120	0,082	0,398	0,208	0,174	0,408	0,279
A ₉	0,328	0,300	0,191	0,299	0,208	0,223	0,350	0,128
Ağırlıklar	0,25	0,12	0,08	0,14	0,10	0,10	0,13	0,08

- **Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması:**

Formül (1.6) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulur.

Tablo 3.7 Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,084	0,050	0,031	0,056	0,069	0,042	0,045	0,040
A ₂	0,083	0,065	0,044	0,056	0,035	0,074	0,030	0,034
A ₃	0,086	0,022	0,013	0,056	0,035	0,022	0,038	0,012
A ₄	0,084	0,022	0,022	0,042	0,028	0,025	0,061	0,028
A ₅	0,083	0,050	0,033	0,042	0,028	0,007	0,045	0,034
A ₆	0,084	0,043	0,039	0,042	0,014	0,025	0,030	0,028
A ₇	0,082	0,029	0,007	0,014	0,014	0,010	0,030	0,018
A ₈	0,083	0,014	0,007	0,056	0,021	0,017	0,053	0,022
A ₉	0,082	0,036	0,015	0,042	0,021	0,022	0,045	0,010

- **İdeal (A^{*}) ve Negatif İdeal Çözüm (A⁻) Değerlerinin Elde Edilmesi**

Formül 1.7 ve 1.8 kullanılarak ideal ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanır.

Tablo 3.8 İdeal (A^{*}) ve Negatif İdeal Çözüm (A⁻) Değerlerinin Elde Edilmesi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
İdeal Çözüm Değerleri	0,086	0,014	0,007	0,056	0,014	0,007	0,030	0,040
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Negatif İdeal Çözüm Değerleri	0,082	0,065	0,044	0,014	0,069	0,074	0,061	0,010

- **İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması**

Formül 1.9 kullanılarak ideal uzaklık formül 1.10 kullanılarak da negatif ideal uzaklık değerleri hesaplanır.

Tablo 3.9 İdeal Noktalara Uzaklık

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	TOPLAM	S _i [*]
A ₁	0.000004	0.001295	0.000578	0.000000	0.003077	0.001206	0.000230	0.000000	0.006389	0.079934
A ₂	0.000010	0.002538	0.001380	0.000000	0.000433	0.004486	0.000000	0.000036	0.008883	0.094250
A ₃	0.000000	0.000052	0.000043	0.000000	0.000433	0.000222	0.000057	0.000758	0.001564	0.039549
A ₄	0.000003	0.000052	0.000234	0.000194	0.000192	0.000302	0.000920	0.000144	0.002041	0.045178
A ₅	0.000008	0.001295	0.000688	0.000194	0.000192	0.000000	0.000230	0.000036	0.002643	0.051410
A ₆	0.000004	0.000829	0.001043	0.000194	0.000000	0.000302	0.000000	0.000144	0.002516	0.050161
A ₇	0.000012	0.000207	0.000000	0.001747	0.000000	0.000006	0.000000	0.000463	0.002434	0.049341
A ₈	0.000011	0.000000	0.000000	0.000000	0.000048	0.000098	0.000517	0.000298	0.000972	0.031179
A ₉	0.000015	0.000466	0.000076	0.000194	0.000048	0.000222	0.000230	0.000857	0.002108	0.045908

Tablo 3.10 Negatif İdeal Noktalara Uzaklık

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	TOPLAM	S _i
A ₁	0.000004	0.000207	0.000172	0.001747	0.000000	0.001040	0.000230	0.000857	0.004256	0.065239
A ₂	0.000001	0.000000	0.000000	0.001747	0.001202	0.000000	0.000920	0.000541	0.004410	0.066406
A ₃	0.000015	0.001865	0.000936	0.001747	0.001202	0.002714	0.000517	0.000003	0.008998	0.094858
A ₄	0.000004	0.001865	0.000478	0.000776	0.001731	0.002462	0.000000	0.000298	0.007613	0.087251
A ₅	0.000001	0.000207	0.000119	0.000776	0.001731	0.004486	0.000230	0.000541	0.008092	0.089954
A ₆	0.000003	0.000466	0.000024	0.000776	0.003077	0.002462	0.000920	0.000298	0.008025	0.089581
A ₇	0.000000	0.001295	0.001380	0.000000	0.003077	0.004160	0.000920	0.000060	0.010892	0.104365
A ₈	0.000000	0.002538	0.001380	0.001747	0.002356	0.003255	0.000057	0.000144	0.011478	0.107137
A ₉	0.000000	0.000829	0.000807	0.000776	0.002356	0.002714	0.000230	0.000000	0.007712	0.087816

İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra son aşamaya geçilerek sıralama yapılmıştır.

- **İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması**

Formül 1.11 yardımı ile ideal çözüme yakınlık hesaplanmış ve alternatifler sıralanmıştır.

Tablo 3.11 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

	S^+i	S^-i	C_i
A_1	0.079934	0.065239	0.449
A_2	0.094250	0.066406	0.413
A_3	0.039549	0.094858	0.706
A_4	0.045178	0.087251	0.659
A_5	0.051410	0.089954	0.636
A_6	0.050161	0.089581	0.641
A_7	0.049341	0.104365	0.679
A_8	0.031179	0.107137	0.775
A_9	0.045908	0.087816	0.657

Hesaplamalar yapıldıktan sonra alternatifler değeri büyük olan en iyi alternatif olmak üzere büyüktten küçüğe doğru sıralanacak olursa:

Tablo 3.12 Alternatiflerin Sıralanması

ŞARKIKARAĞAÇ	0,775
ELMALI	0,706
SARIİDRİS	0,679
KARAMANLI	0,659
KEÇİBORLU	0,657
GÖLHİSAR	0,641
ÇELTİKÇİ	0,636
ALANYA	0,449
DÖŞEMEALTI	0,413

Tablo 3.12’de görüldüğü üzere Şarkikarağaç alternatifi 0,775 değeri ile kuruluş yeri seçimi için diğer alternatiflere kıyasla en iyi alternatif olurken, Elmalı alternatifi 0,706 ile ikinci, Sarııdris alternatifi ise 0,679 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Döşemealtı 0,476 değeri ile en kötü alternatif olmuştur.

3.4.5. MOORA Yöntemi İle Çözüm

Çalışmada yer alan 9 alternatif 8 kritere göre MOORA yöntemi uygulanarak çözülmüştür. Bu yöntem de TOPSIS de olduğu gibi öncelikle karar matrisi oluşturulur. Formül (1.12)’ye göre oluşturulan karar matrisi Tablo 3.13’te verilmektedir.

Tablo 3.13 Karar Matrisinin Oluşturulması.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	1.647	7	252.000	8	10	17	0.30	204
A ₂	1.623	9	360.000	8	5	30	0.20	173
A ₃	1.684	3	108.000	8	5	9	0.25	62
A ₄	1.649	3	180.000	6	4	10	0.40	142
A ₅	1.629	7	270.000	6	4	3	0.30	173
A ₆	1.643	6	320.000	6	2	10	0.20	142
A ₇	1.617	4	54.000	2	2	4	0.20	93
A ₈	1.620	2	54.000	8	3	7	0.35	115
A ₉	1.609	5	126.000	6	3	9	0.30	53

Bir sonraki aşama normalizasyon işleminin yapılmasıdır. Normalizasyon işleminin formül (1.13)' e göre hesaplanması Tablo 3.14'te gösterilmiştir. Hesaplanan normalize karar matrisi Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.14 Normalizasyon İşleminin Yapılması

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	2.712.609	49	63.504.000.000	64	100	289	0,09	41.616
A ₂	2.634.129	81	1,296E+11	64	25	900	0,04	29.929
A ₃	2.835.856	9	11.664.000.000	64	25	81	0,0625	3.844
A ₄	2.719.201	9	32.400.000.000	36	16	100	0,16	20.164
A ₅	2.653.641	49	72.900.000.000	36	16	9	0,09	29.929
A ₆	2.699.449	36	1,024E+11	36	4	100	0,04	20.164
A ₇	2.614.689	16	2.916.000.000	4	4	16	0,04	8.649
A ₈	2.624.400	4	2.916.000.000	64	9	49	0,1225	13.225
A ₉	2.588.881	25	15.876.000.000	36	9	81	0,09	2.809
$\sum_{i=1}^m x^2_{ij}$	24.082.855	278	4,34176E+11	404	208	1.625	0,735	170.329
$\sqrt{\sum_{i=1}^m x^2_{ij}}$	4.907,43	16,68	658.920,33	20,1	14,42	40,31	0,86	412,71

Tablo 3.15 Oluşturulan Normalize Karar matrisi

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,336	0,420	0,382	0,398	0,693	0,422	0,350	0,494
A ₂	0,331	0,540	0,546	0,398	0,347	0,744	0,233	0,419
A ₃	0,343	0,180	0,164	0,398	0,347	0,223	0,292	0,150
A ₄	0,336	0,180	0,273	0,299	0,277	0,248	0,467	0,344
A ₅	0,332	0,420	0,410	0,299	0,277	0,074	0,350	0,419
A ₆	0,335	0,360	0,486	0,299	0,139	0,248	0,233	0,344
A ₇	0,330	0,240	0,082	0,100	0,139	0,099	0,233	0,225
A ₈	0,330	0,120	0,082	0,398	0,208	0,174	0,408	0,279
A ₉	0,328	0,300	0,191	0,299	0,208	0,223	0,350	0,128
Ağırlıklar	0,25	0,12	0,08	0,14	0,10	0,10	0,13	0,08

MOORA Oran Metodu İle Çözüm

Normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra MOORA oran metodu ile çözüm yaparken kriterler eşit ağırlığa sahip değiller ise, kriter ağırlıkları verilmek suretiyle ağırlıklandırma işlemi yapılır. Ağırlıklandırma işlemi yapılmış normalize karar matrisi Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16 Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,084	0,050	0,031	0,056	0,069	0,042	0,045	0,040
A ₂	0,083	0,065	0,044	0,056	0,035	0,074	0,030	0,034
A ₃	0,086	0,022	0,013	0,056	0,035	0,022	0,038	0,012
A ₄	0,084	0,022	0,022	0,042	0,028	0,025	0,061	0,028
A ₅	0,083	0,050	0,033	0,042	0,028	0,007	0,045	0,034
A ₆	0,084	0,043	0,039	0,042	0,014	0,025	0,030	0,028
A ₇	0,082	0,029	0,007	0,014	0,014	0,010	0,030	0,018
A ₈	0,083	0,014	0,007	0,056	0,021	0,017	0,053	0,022
A ₉	0,082	0,036	0,015	0,042	0,021	0,022	0,045	0,010

Ağırlıklandırma işlemi yapıldıktan sonra oran metodunda formül 1.14 kullanılarak sıralama yapılır.

Tablo 3.17 Alternatiflerin Sıralanması

	$\bar{y}$	Sıra
ALANYA (A ₁)	-0,059	8
DÖŞEMEALTI (A ₂)	-0,076	9
ELMALI (A ₃)	0,024	3
KARAMANLI (A ₄)	-0,003	5
ÇELTİKÇİ (A ₅)	-0,006	6
GÖLHİSAR (A ₆)	0,002	4
SARIİDRİS (A ₇)	0,025	2
ŞARKIKARAAĞAÇ (A ₈)	0,048	1
KEÇİBORLU (A ₉)	-0,006	7

MOORA oran metodu ile yapılan çözümde diğerlerine kıyasla en iyi alternatif (0,048) değeriyle Şarkikaraağaç alternatifi, ikinci sırada (0,025) değeriyle ile Sarıidris alternatifi olurken üçüncü sırada (0,024) değeriyle ile Elmalı alternatifi yer almaktadır. Son iki sırada Alanya ve Döşemealtı alternatifleri yer almaktadır.

MOORA Referans Nokta Metodu İle Çözüm

MOORA oran metodunun ağırlıklandırılmış karar matrisine kadar olan işlemler aynıdır. Bu noktadan sonra referans değerler belirlenir. Referans noktaları (r_j); kriter fayda yönlü ise maksimum nokta, kriter maliyet yönlü ise minimum noktalardır. Referans değerleri belirlenen ağırlıklandırılmış karar matrisi Tablo 3.18’de gösterilmiştir.

Tablo 3.18 Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

	MAKS	MİN	MİN	MAKS	MİN	MİN	MİN	MAKS
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,084	0,050	0,031	0,056	0,069	0,042	0,045	0,040
A ₂	0,083	0,065	0,044	0,056	0,035	0,074	0,030	0,034
A ₃	0,086	0,022	0,013	0,056	0,035	0,022	0,038	0,012
A ₄	0,084	0,022	0,022	0,042	0,028	0,025	0,061	0,028
A ₅	0,083	0,050	0,033	0,042	0,028	0,007	0,045	0,034
A ₆	0,084	0,043	0,039	0,042	0,014	0,025	0,030	0,028
A ₇	0,082	0,029	0,007	0,014	0,014	0,010	0,030	0,018
A ₈	0,083	0,014	0,007	0,056	0,021	0,017	0,053	0,022
A ₉	0,082	0,036	0,015	0,042	0,021	0,022	0,045	0,010
Referans Değerler	0,086	0,014	0,007	0,056	0,014	0,007	0,030	0,040

Belirlenen değerlerden sonra formül (1.15) kullanılarak hesaplamalar yapılır. Bu adıma ait hesaplamalar Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.19 MOORA Referans Yöntemine Göre Çözüm

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	Maks	Sıra Min
A ₁	0,002	0,036	0,024	0,000	0,055	0,035	0,015	0,000	0,055	8
A ₂	0,003	0,050	0,037	0,000	0,021	0,067	0,000	0,006	0,067	9
A ₃	0,000	0,007	0,007	0,000	0,021	0,015	0,008	0,028	0,028	2
A ₄	0,002	0,007	0,015	0,014	0,014	0,017	0,030	0,012	0,030	4
A ₅	0,003	0,036	0,026	0,014	0,014	0,000	0,015	0,006	0,036	6
A ₆	0,002	0,029	0,032	0,014	0,000	0,017	0,000	0,012	0,032	5
A ₇	0,003	0,014	0,000	0,042	0,000	0,002	0,000	0,022	0,042	7
A ₈	0,003	0,000	0,000	0,000	0,007	0,010	0,023	0,017	0,023	1
A ₉	0,004	0,022	0,009	0,014	0,007	0,015	0,015	0,029	0,029	3

Yapılan hesaplamalar sonunda alternatiflerin sıralanma işlemi gerçekleştirilir. Alternatiflere ait sıralama Tablo 3.20’de gösterilmiştir.

Tablo 3.20 Alternatiflerin Sıralanması

	$\min_i \{ \max_j (r_j - x_{ij}) \}$	Sıra
ALANYA (A ₁)	0,055	8
DÖŞEMEALT I (A ₂)	0,067	9
ELMALI (A ₃)	0,028	2
KARAMANLI (A ₄)	0,030	4
ÇELTİKÇİ (A ₅)	0,036	6
GÖLHİSAR (A ₆)	0,032	5
SARIİDRİS (A ₇)	0,042	7
ŞARKIKARAAĞAÇ (A ₈)	0,023	1
KEÇİBORLU (A ₉)	0,029	3

MOORA referans metoduna göre birinci sırada yine Şarkikaraağaç (A₈) alternatifi çıkarken, sırasıyla Elmalı (A₃), Keçiborlu (A₉), Karamanlı (A₄), Gölhisar (A₆), Çeltikçi (A₅), Sarıidris (A₇) gelmektedir. Son iki sırada yine Alanya (A₁) ve Döşemealtı (A₂) alternatifleri yer almaktadır.

MOORA Tam Çarpım Yaklaşımı İle Çözüm

Bu yaklaşımda amaçlar çarpımlar şeklinde ifade edilir. Formül (1.17) yardımıyla çözüm elde edilerek Tablo 3.21’de gösterilmiştir.

Tablo 3.21 MOORA Tam Çarpım Yaklaşımı ile Çözüm

	1	2	2.1	3	3.1	4	4.1	5	5.1	6	6.1	7	7.1	8	8.1	
	C ₁	C ₂		C ₃		C ₄		C ₅		C ₆		C ₇		C ₈		
	MAKS	MİN	2.1=1:2	MİN	3.1=2.1:3	MAKS	4.1=3.1*4	MİN	5.1=4.1:5	MİN	6.1=5.1:6	MİN	7.1=6.1/7	MAKS	8.1=7.1*8	Sıra
A ₁	1.647	7	235,28	252	0,933	8	7,469	10	0,746	17	0,043	0,30	0,146	204	29,877	8
A ₂	1.623	9	180,33	360	0,500	8	4,007	5	0,801	30	0,026	0,20	0,133	173	23,109	9
A ₃	1.684	3	561,33	108	5,197	8	41,580	5	8,316	9	0,924	0,25	3,696	62	229,153	4
A ₄	1.649	3	549,66	180	3,053	6	18,322	4	4,580	10	0,458	0,40	1,145	142	162,609	6
A ₅	1.629	7	232,71	270	0,861	6	5,171	4	1,292	3	0,430	0,30	1,436	173	248,515	3
A ₆	1.643	6	273,83	320	0,855	6	5,134	2	2,567	10	0,256	0,20	1,283	142	182,270	5
A ₇	1.617	4	404,25	54	7,486	2	14,972	2	7,486	4	1,871	0,20	9,357	93	870,260	2
A ₈	1.620	2	810,00	54	15,00	8	120,00	3	40,000	7	5,714	0,35	16,326	115	1.877,55	1
A ₉	1.609	5	321,80	126	2,553	6	15,323	3	5,107	9	0,567	0,30	1,891	53	100,266	7

Tam çarpım yaklaşımı sonuçlarına göre ilk sırada Şarkikaraağaç (A_8) alternatifi çıkmıştır. Daha sonra sırasıyla Sarııdris (A_7), Çeltikçi (A_5), Elmalı (A_3), Gölhisar (A_6), Karamanlı (A_4), Keçiborlu (A_9) ve son iki sırada da Alanya (A_1) ve Döşemealtı (A_2) alternatifleri bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan MOORA yöntemlerine ait sonuçlar Tablo 3.22’de verilmiştir. Buna göre her üç yöntemde de ilk sırada çıkan Şarkikaraağaç (A_8) alternatifi mutlak baskın olarak en uygun alternatif çıkmıştır. Her üç yöntemde de en düşük değerleri alan Alanya (A_1) ve Döşemealtı (A_2) alternatifleri ise sırasıyla sekizinci ve dokuzuncu sırada yer almışlardır.

Tablo 3.22 MULTIMOORA Sonuç Tablosu

	Moora Oran Metodu	Moora Referans Noktası Yaklaşımı	Moora Tam Çarpım Formu	Multimoora
ALANYA (A_1)	8	8	8	8
DÖŞEMEALTI (A_2)	9	9	9	9
ELMALI (A_3)	3	2	4	3
KARAMAN (A_4)	5	4	6	4
ÇELTİKÇİ (A_5)	6	6	3	6
GÖLHİSAR (A_6)	4	5	5	5
SARIİDRİS (A_7)	2	7	2	2
ŞARKIKARAAĞAÇ (A_8)	1	1	1	1
KEÇİBORLU (A_9)	7	3	7	7

TOPSIS ve MULTIMOORA yöntem sonuçları Tablo 3.23’de gösterilmiştir. Şarkikaraağaç (A_8) alternatifi her iki yöntemde de 1. sırada çıkmıştır. Döşemealtı (A_2) alternatifi ise her iki yöntemde 9. sırada çıkmıştır.

Tablo 3.23 TOPSIS ve MULTIMOORA Sonuç Karşılaştırılması

	TOPSIS	MULTIMOORA
ALANYA (A_1)	8	8
DÖŞEMEALTI (A_2)	9	9
ELMALI (A_3)	2	3
KARAMAN (A_4)	4	4
ÇELTİKÇİ (A_5)	7	6
GÖLHİSAR (A_6)	6	5
SARIİDRİS (A_7)	3	2
ŞARKIKARAAĞAÇ (A_8)	1	1
KEÇİBORLU (A_9)	5	7

Yöntemlerin yaptığı sıralamalar arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını test etmek amacıyla Spearman sıra korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. MOORA Referans Metodu ile MOORA Oran, MOORA Tam Çarpım ve MULTIMOORA Metotları arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken, diğer metotlar arasındaki sıralamalarda %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.24). Dolayısıyla MOORA Referans Metodu dışındaki yöntemler belirli oranlarda benzer sıralama yapmıştır.

Tablo 3.24 Yöntem Sıralamalarının Sıra Korelasyonları

			TOPSIS	M.ORAN	M.REF	M.CARP	M.MULTI
Spearman's rho	TOPSIS	Correlation Coefficient	1,000	,900(**)	,817(**)	,750(*)	,933(**)
		Sig. (2-tailed)	.	,001	,007	,020	,000
		N	9	9	9	9	9
	M.ORAN	Correlation Coefficient	,900(**)	1,000	,633	,900(**)	,983(**)
		Sig. (2-tailed)	,001	.	,067	,001	,000
		N	9	9	9	9	9
	M.REF	Correlation Coefficient	,817(**)	,633	1,000	,517	,650
		Sig. (2-tailed)	,007	,067	.	,154	,058
		N	9	9	9	9	9
	M.CARP	Correlation Coefficient	,750(*)	,900(**)	,517	1,000	,883(**)
		Sig. (2-tailed)	,020	,001	,154	.	,002
		N	9	9	9	9	9
	M.MULTI	Correlation Coefficient	,933(**)	,983(**)	,650	,883(**)	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,058	,002	.
		N	9	9	9	9	9

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

SONUÇ

Ülkemizin gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacı karşılamak için daha fazla fosil kaynaklı yakıt kullanımı enerjide dışa bağıllığı arttırmaktadır. Bu bağlamda enerjide dışa bağıllığı azaltıcı ve daha temiz enerji olan güneş enerjisine ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca ülkemizin 2023 yılı enerji hedeflerinden biri olan tüketilen elektrik enerjisinin %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedefi de güneş enerjisi yatırımlarını teşvik etmiştir.

Bu hedeflere ulaşmaya katkı sağlamak ve sektöre yatırım yapmak isteyenlere uygun kuruluş yerinin seçiminde kullanılabilecekleri bir metodoloji önermek adına bu tez çalışmasında örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Batı Akdeniz Bölgesinde dokuz adet alternatif kuruluş yeri arasından seçim yapılan uygulamada, problemin yapısı gereği çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır.

GES kuruluş yeri için kriterlerin belirlenmesi aşamasında literatürden yararlanılmış, tespit edilen kriterler uzman kişilerce gözden geçirilmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda çalışmada 8 kriter kullanılmasına karar verilmiştir. Kriter ağırlıkları BWM ile hesaplanmış, hesaplanan bu ağırlıklar TOPSIS, MOORA Oran, MOORA Referans, MOORA Tam Çarpım ve MULTIMOORA yöntemlerinde kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. TOPSIS ve MOORA yöntemlerinin tümünde Şarkikaraağaç birinci alternatif olmuştur. Elmalı alternatifi TOPSIS ve MOORA Referans yöntemlerinde ikinci alternatif olurken, Sarııdris alternatifi MOORA Oran Metodu ile MOORA Tam Çarpım yöntemlerinde ikinci alternatif olmuştur. Döşemealtı alternatifi hem TOPSIS yönteminde hem de tüm MOORA yöntemlerinde sonuncu sırada çıkmıştır.

Fayda yönlü olan yıllık güneş ışıyım miktarı kriter değeri diğer alternatiflere oranla düşük olan Şarkikaraağaç alternatifinin 1. sırada çıkmasında maliyet yönlü kriterlerden sıcaklık, arazi fiyatları, arazi deprem riski, araziye ulaşılabilirlik ve enerji nakil hattına uzaklık değerlerinin diğer alternatiflere oranla düşük olmasının etkili olduğu söylenebilir.

Döşemealtı alternatifinin en son sırada çıkmasında maliyet yönlü kriter olan sıcaklık ve arazi maliyeti değerlerinin diğer alternatiflere göre yüksek olması etkili olmuştur. GES için arazi maliyetleri önemli bir kriter olup bu değer yüksek olmaması istenmektedir.

Çalışmada alternatiflerin kuşların göç yolları üzerinde olup olmadığı, alternatiflerin bulunduğu yerdeki hava kirliliği kriterleri dikkate alınmamıştır. Bu kriterler GES kurulduktan sonra işletmenin verimliliği açısından önemlidir. Eğer GES üzerinde kirlilik oluşursa, GES'in enerji üretiminde azalma meydana gelmektedir. İleriki çalışmalarda bu kriterler de dikkate

alınarak sonuçlar üzerindeki etkileri tartışılabilir.

Alternatifler belirlenirken GES için ön etüt yapılmış yerler seçilmiş olup, diğer coğrafi bölgelerdeki yerlerden veriler sağlanarak çalışma alternatifleri çoğaltılabilir ve bu yöntemler kullanılarak sonuçlar incelenebilir.

Çalışmada kullanılan BWM, TOPSIS ve MOORA yöntemlerinin dışındaki çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak araştırma geliştirilebilir.



KAYNAKÇA

- Ahmad, W. N. K., Rezaei, J., Sadaghiani, S. (2017). “ Evaluation Of The External Forces Affecting The Sustainability Of Oil And Gas Supply Chain Using Best Worst Method”. *Journal Of Cleaner Production*, 153(2017): 242-252.
- Akgün, A. (2006). *Mikrodenetleyici Tabanlı Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Tasarımı*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akyüz, E. (2010). *Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemleri İle Elektrik Ve Hidrojen Üretiminin Araştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Altın, F., Karaatlı, M. ve Budak, İ. (2017). “Avrupa’nın En Büyük 20 Havalimanının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.22, S.4, S.1049-1064.
- Altıntaş, F. (2016). *2008 Dünya Ekonomik Krizinin G20 Ülkeleri Ekononmik Performanslarına Etkisinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.
- Ataman, A. R. (2007). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Aydoğan, E. K. (2011). “Performance Measurement Model For Turkish Aviation Firms Using The Rough-Ahp And Topsis Methods Under Fuzzy Environment”. *Expert Systems With Applications*, 38(4): 3992-3998.
- Badri, M. (1999). “Combining The Analytic Hierarchy Process And Goal Programming For Global Facility Locationallocation Problem”. *Int. J. Production Economics*, 62, 237-248.
- Bakırcı, F., Eslamian Shiraz, S. ve Sattary A. (2014). “Bist’de Demir, Çelik Metal Ana Sanayii Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performans Analizi: Vza Süper Etkinlik Ve Topsis Uygulaması”. *Ege Akademik Bakış*, 14(1): 9-19.
- Bakker, S. W. (2014). *Improving The Performance Of The Trolley Supply Chain With A Focus On Visibility*. Puclic Version, Amsterdam.
- Batçioğlu, G. (1994). *Karar Verme Sürecinin Analizi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Bayazit, O. (2005). “Use Of Ahp İn Decision-Making For Flexible Manufacturing Systems”.

- Journal Of Manufacturing Technology Management*, 16(7): 808-819.
- Belton, V. ve Steward, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Amerika.
- Can, H.(1991). *Organizasyon ve Yönetim*. Adım Yayıncılık, Ankara.
- Carrion, J. A., Estrella, A. E., Dols, F. A. ve Ridao, A. R. (2008). “The Electricity Production Of Photovoltaic Power Plants And The Selection Of Solar Energy Sites In Andalusia (Spain)”. *Renewable Energy*, 33(2008): 545-552.
- Cengiz, D. (2012). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Charabi, Y. ve Gastli, A. (2011). “Pv Site Suitability Analysis Using GıS-Based Spatial Fuzzy Multi-Criteria Evaluation”. *Renewable Energy*, 36 (2011): 2554-2561.
- Chuang, P. T. (2001). “Combining The Analytic Hierarchy Process And Quality Function Deployment For A Location Decision From A Requirement Perspective”. *Int J Adv Manufa Technol*, 18: 842-849.
- Çelik, N. ve Murat, G. (2010). “Analitik Ağ Süreci Yönetimi İle Üniversite Dinamik Entegre Strateji Modeli Geliştirilmesi”. *Yönetim Dergisi*, Yıl:21, Sayı 67, Ekim 2010.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T. (2001). “Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Dergisi*, 16(1-2): 41-52.
- Das, M. C., Sarkar, B. ve Ray, S. (2013). “On The Performance Of Indian Technical Institutions: A Combined Sowia-Moorra Approach”. *Opsearch*, 50(3): 319-333.
- Durán, O. ve Aguiloa, J. (2008). “Computer-Aided Machine-Tool Selection Based On A Fuzzy-Ahp Approach”. *Expert Systems With Applications*, 34(3): 1787-1794.
- Durucasu, H , Aytekin, A , Saraç, B ve Orakçı, E . (2017). “Current Application Fields Of Electre And Promethee: A Literature Review”. *Alphanumeric Journal*, 5 (2): 229-270.
- Dündar, A. ve Zerenler, M . (2011). “Bir Un Fabrikasında Hedef Programlama Uygulaması”. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11(21): 73-94.
- Elektrik Üretim Anonim Şirketi (2017). *Elektrik Üretim Sektör Raporu*. Eüaş, Ankara.
- Emrouznejad, A., Barnett, R. P. ve Gabriel, T. (2008). “A Survey And Analysis Of The First 30 Years Of Scholarly İn Dea”. *Evaluation Of Research in Efficiency and Productivity*, 42(3):151-157.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2014). *Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*. Etkb, Ankara.

- Ersöz, F. ve Atav, A. (2011). “Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Moora Yöntemi”. *KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması*.
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2010). “Electre ve Bulanık Ahp Yöntemleri İle Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi”. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2): 23-41.
- Ertuğrul, İ. ve Özçil, A. (2014). “Çok Kriterli Karar Vermede Topsis ve Vikor Yöntemleriyle Klima Seçimi”. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Y.2014, Cilt 4, Sayı 1: 267-282.
- Gencer, C. ve Gürpınar, D. (2007). “Analytic Network Process In Supplier Selection: A Case Study In An Electronic Firm”. *Applied Mathematical Modeling*, Vol.31: 2475–2486.
- Gezer, E. H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Türkiye*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ghaffari, S., Arab, A., Nafari, J. ve Manteghi, M. (2017). “Investigation And Evaluation Of Key Success Factors In Technological Innovation Development Based On Bwm”. *Decision Science Letters*, 6(2017): 295- 306.
- Göksu, A. ve Güngör, İ. (2008). “Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses Ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.13(3): 1-26.
- Gupta, P., Anand, S., ve Gupta, H. (2017). Developing a roadmap to overcome barriers to energy efficiency in buildings using best-worst multi-criteria decision making methodology. *Sustainable Cities and Society*, 31, 244-259.
- Güngör, A. (2006). “Evaluation Of Connection Types In Design For Disassembly (Dfd) Using Analytic Network Process”. *Computers & Industrial Engineering*, Vol.50 (12): 35-54.
- Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Eren, T. (2017). “Ankara’da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama İle Seçimi”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (4): 437-443.
- Hasdemir, A. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ho, W. ve Dey, P. (2006). “Multiple Criteria Decision-Making Techniques In Higher Education”. *International Journal Of Educational Management*, 20(5): 319-337.
- Jain, V., Sangaiah, A. K., Sakhuja, S., Thoduka, N. ve Aggarwal, R. (2018). “Supplier Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS: A Case Study in Indian Automotive Industry”. *Neural Comput & Applic*, 29: 555-564.

- Janke, J. R. (2010). "Multicriteria G1s Modeling Of Wind And Solar Farms In Colorad". *Renewable Energy*, 35(2010): 228-2234.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N. ve Köse, G. (2014). "Analitik Hiyerarşi Süreci Temelli Topsis Ve Vikor Yöntemleri İle Futbolcu Performanslarının Değerlendirilmesi". *Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:29, Sayı:1: 25-61.
- Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Karataş, S. (2008). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgar Ve Güneş Enerjilerinin Yeri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, T. ve Kahraman, C. (2011). "Multicriteria Decision Making In Energy Planning Using A Modified Fuzzy Topsis Methodology". *Expert Systems With Applications*, 38(6): 6577-6585.
- Kelemenis, A. ve Askounis, D. (2010). "A New Topsis-Based Multi-Criteria Approach To Personnel Selection". *Expert Systems With Applications*, 37(7): 4999-5008.
- Koçel, T. (2005). *İşletme Yöneticiliği Yönetim Ve Organizasyon Organizasyonlarda Davranış Klasik- Modern-Çağdaş Ve Güncel Yaklaşımlar*. Arıkan Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul.
- Lin, M. C., Wang, C.C., Chen, M. S. ve Chang C. A. (2008). "Using Ahp and Topsis Approaches in Customer-Driven Product Design Process". *Computers in Industry*, 59 (2008): 17-31.
- Ömürbek, N. ve Mercan, Y. (2014). "İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının Topsis Ve Electre Yöntemleri İle Değerlendirilmesi". *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Y.2014, Cilt 4, Sayı 1: 237-266.
- Ömürbek, N. ve Şimşek, A. (2014). "Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri İle Online Alışveriş Site Seçimi". *Yönetim Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, Sayı:22: 306-327.
- Ömürbek, N. ve Tunca, M. Z., (2013). "Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Y.2013, C.18, S.3: 47-70.
- Ömürbek, N., Demirgubuz, M. Ö. ve Tunca, M. Z. (2013a). "Hizmet Sektöründe Performans Ölçümünde Veri Zarflama Analizinin Kullanılması: Havalimanları Üzerine Bir

- Uygulama". *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, Cilt.4, S.9: 21-43.
- Ömürbek, N., Makas, Y. ve Ömürbek, V. (2015). "Ahp Ve Topsis Yöntemleri İle Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi". *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl: 2015/1, Sayı:21.
- Ömürbek, N., Üstündağ, S. ve Helvacıoğlu, Ö. C. (2013b). "Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama". *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 21: 101-116.
- Önay, O. (2015). "MOORA". B.H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa, 245-257.
- Özbek, A. (2015). "Akademik Birim Yöneticilerinin MOORA Yöntemiyle Seçilmesi: Kırıkkale Üzerine Bir Uygulama". *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 38, Yıl: 2015/1: 1-18.
- Özdemir, A. ve Demirer, B. (2015). "Analitik Hiyerarşi Süreci İle Ağırlıklandırılmış Dinamik Programlama Modelinin Satın Alma Sürecine Uygulanması". *Akü İibf Dergisi*, Cilt: XVII Sayı: 1 Yıl: Haziran 2015: 61-69.
- Özdemir, M. (2015). "TOPSIS". B.H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa, 133-153.
- Öztürk, H. H. ve Kaya, D. (2013). *Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi : Fotovoltaik Teknoloji*. Umuttepe Yayınları, 1. Baskı, Kocaeli.
- Patır, S. (2009). "Dinamik Programlama Ve Bir Ecza Deposunun Şehir İçi İlaç Dağıtımına Alternatifli Bir Çözüm Önerisi". *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 23, Sayı: 2.
- Peng, Y. (2011). "An Empirical Study Of Classification Algorithm Evaluation For Financial Risk Prediction". *Applied Soft Computing*, 1(2): 2906-2915.
- Rezaei, J. (2015). "Best- Worst Multi-Criteria Decision Making Method". *Omega*, 53(2015): 49-57.
- Sağır, C. (2006). *Karar Verme Sürecini Etkileyen Faktörler Ve Karar Verme Sürecinde Etiğin Önemi Uygulamalı Bir Araştırma*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Savaş, F. (2015). "Veri Zarflama Analizi". B.H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa, 201-227.
- Shih, H.-S. (2008). "Incremental Analysis For Mcdm With An Application To Group Topsis". *European Journal Of Operational Research*, 186(2): 720-734.
- Şahin, S. (2015). "ELECTRE". B.H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok Kriterli Karar Verme*

- Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa, 155-176.
- Taşçı, S. (2005). “Hemşirelikte Problem Çözme Süreci”. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14 (Ek Sayı: Hemşirelik Özel Sayısı): 73-78.
- Tavana, M., Artega, F.J.S., Mohammadi, S. ve Alimohammadi, M. (2017). “A Fuzzy Multi-Criteria Spatial Decision Support System For Solar Farm Location Planning”. *Energy Strategy Reviews*, 18 (2017): 93-105.
- TMMOB Makine Mühendisleri Grubu (2017). *Türkiye Enerji Görünümü*, Ankara.
- Tosun, K. (1992). *İşletme Yönetimi*. Savaş Yayınları, Ankara.
- Tuğyan Muhtaroglu, K. (2012). *Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren Çevre Dostu Sistemin Tasarlanması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Türe, H., Koçak, D. ve Doğan, S. (2016). “MULTIMOORA Yöntemi İle Ülke Riski Değerlendirilmesi”. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18/3: 824-844.
- Türkoğlu, S. (2017). “Karar Vermede Hedef Programlama Yöntemi Ve Uygulamaları”. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1 (2): 29-46.
- Uyan, M. (2017). “Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilecek Alanların AHP Yöntemi Kullanılarak CBS Destekli Haritalanması”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4): 343-351.
- Uysal, F. ve Tosun, Ö. (2012). “Fuzzy Topsis-Based Computerized Maintenance Management System Selection”. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, Vol. 23 Issue: 2: 212-228.
- Wang, Y. J. ve Lee, H. S. (2007). “Generalizing TOPSIS for Fuzzy Multiple-Criteria Group Decision-Making”. *Computers and Mathematics with Applications*, 53, 1762-1772.
- Wilkinson, J. W. (1991). *Accounting And Information Systems*, 3 Th Ed., John Wiley&Sons, Inc., New York.
- Wu, W.Y., Shih, H.A. ve Chan, H. C. (2009). “The Analytic Network Process For Partner Selection Criteria İn Strategic Alliances”. *Expert Systems With Applications*, Vol.36, No.3: 4646-4653.
- www.elektrikuretimi.org/gunes-pillerinin-tarihsel-gelisimi (erişim tarihi: 02.03.2018).
- www.Tdk.Gov.Tr/Index.Php?Option=Com_Gts&Arama=Gts&Guid=Tdk.Gts.5afbd7b26c0924.78577174 (erişim tarihi: 02.01.2018).
- www.Yegm.Gov.Tr/Yenilenebilir/G_Enj_Calismalari.Asp (erişim tarihi: 15.02.2018).

www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (erişim tarihi: 01.03.2018).

Yazıcılar, F. G. (2015). *Makine Teçhizat Seçimi Kararı: Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Erzurum.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2018). *2000- 2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu (Ev-2018-01- V1)*. Ygem. Ankara.

Yıldırım, B. F. ve Önay, O. (2013). “Bulut Teknolojisi Firmalarının Bulanık Ahp– Moora Yöntemi Kullanılarak Sıralanması”. *Yönetim: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 24(75): 59-81.

Yoon, K. P. ve Hwang, C. L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making*. Sage Üniversitesi Yayını, California.

Yüksek, G. ve Akın, A. (2006). “Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemiyle İşletmelerde Strateji Belirleme”. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7(2): 254-268.

Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI	Mehmet Hilmi DUMAN
Doğum Yeri - Tarihi	Antalya - 1986
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Antalya Anadolu Lisesi
Lisans Diploması	İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yabancı Diller	İngilizce (iyi) - Almanca (orta)
İŞ DENEYİMİ	
Stajlar	Siemens Türkiye Gebze Yerleşkesi (2010- 3ay)
Projeler	GES Projelendirme, Kurulum ve Montaj Danışmanlık ve Kontrollüğü
Çalıştığı Kurumlar	İller Bankası A.Ş. Antalya Bölge Müdürlüğü
E-Posta	dumanhilmi@gmail.com