



**AHP-TOPSIS HİBRİT YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ  
SANTRALİ İÇİN YER SEÇİMİ**

**Merve AKÇAY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

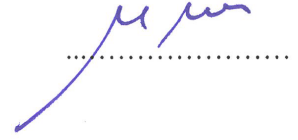
**ŞUBAT 2019**

Merve AKÇAY tarafından hazırlanan “AHP-TOPSIS HİBRİT YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN YER SEÇİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Mehmet ATAK

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

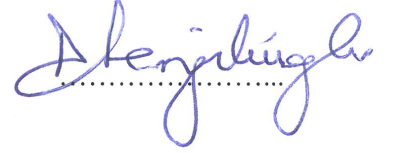
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



**Başkan:** Prof. Dr. Dilaver TENGİLİMOĞLU

İşletme Ana Bilim Dalı, Atılım Üniversitesi

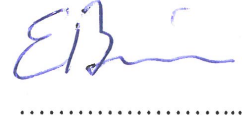
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



**Üye:** Doç Dr. Fatih Emre BORAN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 01/02/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve AKÇAY

01/02/2019

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve AKÇAY

01/02/2019

# AHP-TOPSIS HİBRİT YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN YER SEÇİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Merve AKÇAY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2019

## ÖZET

Enerji, insanlığın varoluşuyla ortaya çıkan ve gün geçtikçe artan bir ihtiyaçtır. Elektrik, en önemli ikincil enerji kaynaklarından biridir. Fosil enerji kaynaklarından elektrik elde edilmesi, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi sonuçlara neden olmaktadır. Aynı zamanda fosil kaynakların zamanla tükenecek olması da sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle elektrik üretiminde, çevreye zarar vermeyen ve sürdürülebilir nitelikte olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisi ile elektrik üretimi ele alınmıştır. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi projelerinde yüksek verimlilik almak için bazı faktörler vardır. Bu faktörlerin en önemlilerinden biri doğru yeri seçmektir. Doğru yer seçimini etkileyen birden fazla kriter vardır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, birçok kriterin olduğu yer seçimi çalışmaları için uygun yöntemlerdir. Bu çalışmada, Türkiye'de güneşlenme potansiyeli yüksek olan Konya, Karaman, Burdur, Antalya, Mersin, Van şehirleri alternatif olarak seçilmiştir. Ekonomik, teknik, sosyal ve coğrafi ana kriterler ve bu ana kriterler altında belirlenen alt kriterlere göre en iyi alternatifi seçmek için hibrit bir AHP-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuş ve alternatifler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışmada Mersin'in güneş enerjisi santrali için en iyi alternatif olduğu ve Mersin'i sırasıyla Karaman, Burdur, Konya, Van ve Antalya'nın izlediği sonucu elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 90602  
Anahtar Kelimeler : Enerji, elektrik, AHP, TOPSIS, güneş enerjisi santrali, MCDM  
Sayfa Adedi : 103  
Danışman : Doç. Dr. Mehmet ATAĞ

OPTIMAL SITE SELECTION FOR A SOLAR POWER  
PLANT IN TURKEY USING A HYBRID AHP-TOPSIS METHOD

(M.Sc. Thesis)

Merve AKÇAY

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2019

ABSTRACT

Energy has been an increasing need arising since the existence of humankind. Electricity is one of the most important secondary energy sources. Obtaining electricity from fossil sources leads to negative consequences such as climate change and environmental pollution. In addition, fossil resources are not endless and it is a problem. For this reason, the importance of renewable energy sources that are sustainable and not harmful to the environment increases for electricity generation. In this study, electricity generation with solar power is considered. There are some factors to achieve efficiency in the projects of obtaining electric energy with solar energy. One of the most important of these factors is to choose the right place. There are multiple criteria that affect the correct location selection. Multiple criteria decision making methods are suitable for site selection studies which have many criteria. In this study, Konya, Karaman, Burdur, Antalya, Mersin, Van which are fortunate cities in Turkey in terms of sunbathing are selected as alternatives. A hybrid AHP and TOPSIS method is used to select the best alternative according to the sub-criteria determined under the economic, technical, social and geographical main criteria. Criterion weights are found by the AHP method and alternatives are ranked with the TOPSIS method. The result of the study is that Mersin is the best alternative for solar power plant and Mersin is followed by Karaman, Burdur, Konya, Van and Antalya respectively.

Science Code : 90602

Key Words : Renewable energy, electricity, AHP, TOPSIS, solar power plant, MCDM

Page Number : 103

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet ATAĞ

## TEŐEKKÖR

Tez danıőmanım Doç. Dr. Mehmet ATAK'a ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkür ederim.





## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. DÜNYADA YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	13
3. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ .....	17
4. TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİ .....	21
4.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi .....	25
5. PROBLEM ÇÖZÜMÜ.....	29
5.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	29
5.2. AHP .....	30
5.3. TOPSIS .....	33
5.4. Çalışma Metodolojisi.....	35
6. YÖNTEMİN UYGULAMASI.....	37
6.1. Ana Kriterler, Alt Kriterler ve Alternatiflerin Belirlenmesi .....	37
6.1.1. Ekonomik kriterler .....	37
6.1.2. Teknik kriterler.....	38
6.1.3. Coğrafik kriterler.....	39

	<b>Sayfa</b>
6.1.4. Sosyal kriterler .....	40
6.2. Alternatiflerin Belirlenmesi .....	41
6.3. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması .....	41
6.4. AHP Uygulaması ile Kriter Ağırlıklarının Bulunması .....	41
6.5. TOPSIS Uygulaması ile En İyi Alternatifin Belirlenmesi .....	48
6.5.1. Ekonomik kriterler .....	49
6.5.2. Teknik kriterler .....	51
6.5.3. Coğrafik kriterler .....	53
6.5.4. Sosyal kriterler .....	55
6.6. Senaryo Analizleri .....	61
6.6.1. Senaryo 1 .....	61
6.6.2. Senaryo 2 .....	62
6.6.3. Senaryo 3 .....	63
6.6.4. Senaryo 4 .....	64
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	67
KAYNAKLAR .....	71
EKLER .....	77
EK-1. İllere göre güneş enerjisi .....	78
EK-2. İşsizlik ve iş gücü durumu .....	90
EK-3. Anket .....	91
EK-4. Karşılaştırma matrisleri .....	92
ÖZGEÇMİŞ .....	102

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Türkiye elektrik enerjisi görünümü .....	3
Çizelge 1.2. Güneş enerjisi santrali kuruluş yeri belirlemeye yönelik bazı çalışmalar ..	11
Çizelge 2.1. Yıllık yenilenebilir enerji yatırımları ülke sıralaması (2016) .....	14
Çizelge 2.2. Yenilenebilir enerji toplam üretim miktarları ülke sıralaması (2016).....	14
Çizelge 2.3. Ülkelerin kaynaklara göre elektrik üretim oranları .....	15
Çizelge 5.1. Saaty önem ölçeği.....	32
Çizelge 5.2. Rassallık gösterge değerleri .....	33
Çizelge 5.3. TOPSIS karar matrisi .....	34
Çizelge 6.1. Güneş enerjisi tesislerinde çalışan sayıları .....	40
Çizelge 6.2. Ana kriterler karşılaştırma matrisi .....	42
Çizelge 6.3. Ekonomik kriterler karşılaştırma matrisi .....	42
Çizelge 6.4. Teknik kriterler karşılaştırma matrisi .....	42
Çizelge 6.5. Sosyal kriterler karşılaştırma matrisi .....	42
Çizelge 6.6. Coğrafik kriterler karşılaştırma matrisi .....	43
Çizelge 6.7. Ana kriterler ağırlık tablosu.....	44
Çizelge 6.8. Coğrafik kriterler ağırlık tablosu .....	45
Çizelge 6.9. Ekonomik kriterler ağırlık tablosu.....	45
Çizelge 6.10. Sosyal kriterler ağırlık tablosu.....	46
Çizelge 6.11. Teknik kriterler ağırlık tablosu .....	47
Çizelge 6.12. Nitel ifadeleri sayısallaştırma örneği .....	49
Çizelge 6.13. Trafo tarife bölgesi kullanım bedelleri .....	49
Çizelge 6.14. Bölgesel teşvik bölgeleri.....	50
Çizelge 6.15. Bölgesel teşvik puanları.....	50
Çizelge 6.16. Arazi maliyetleri ve puanları .....	51

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 6.17. Güneşlenme süreleri ve puanları .....	51
Çizelge 6.18. Güneş radyasyonları ve puanları .....	52
Çizelge 6.19. Üretilebilecek enerji potansiyelleri.....	52
Çizelge 6.20. Yıllık ortalama yağış miktarı .....	53
Çizelge 6.21. Yıllık minimum karlı gün sayısı .....	54
Çizelge 6.22. Deprem bölgeleri ve puanlaması .....	54
Çizelge 6.23. Erozyon durumu .....	55
Çizelge 6.24. İş gücü oranı .....	56
Çizelge 6.25. İşsizlik oranı .....	56
Çizelge 6.26. TOPSIS karar matrisi.....	57
Çizelge 6.27. TOPSIS normalizasyon matrisi .....	57
Çizelge 6.28. TOPSIS normalize edilmiş matris .....	57
Çizelge 6.29. Ağırlıklandırılmış normalize matris .....	58
Çizelge 6.30. İdeal çözüm değerleri .....	58
Çizelge 6.31. Negatif ideal çözüm değerleri.....	58
Çizelge 6.32. İdeal uzaklık değerleri .....	58
Çizelge 6.33. İdeal uzaklıklar .....	59
Çizelge 6.34. Negatif ideal uzaklık değerleri.....	59
Çizelge 6.35. Negatif ideal uzaklıklar.....	60
Çizelge 6.36. Negatif ve ideal çözüm değerleri.....	60
Çizelge 6.37. Alternatif sıralaması.....	61
Çizelge 6.38. Senaryo 1 negatif ve ideal çözüm değerleri.....	61
Çizelge 6.39. Senaryo 1 alternatifler sıralaması .....	62
Çizelge 6.40. Senaryo 2 negatif ve ideal çözüm değerleri.....	62
Çizelge 6.41. Senaryo 3 negatif ve ideal çözüm değerleri.....	63
Çizelge 6.42. Senaryo 4 negatif ve ideal çözüm değerleri.....	64

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 6.43. Senaryo 4 alternatifler sıralaması .....	65
Çizelge 6.44. Senaryo sonuçları karşılaştırması .....	65



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kişi başına düşen net elektrik tüketiminin yıllara göre değişimi (1975-2014) .....	2
Şekil 1.2. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi.....	3
Şekil 1.3. Fosil yakıtların kalan ömürleri.....	4
Şekil 3.1. Dünya güneş enerjisi kapasitesi ve yıllık artışlar .....	18
Şekil 4.1. Yerli ve ithal kaynaklı kurulu gücün Türkiye kurulu gücü içindeki payı.....	22
Şekil 4.2. Kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (2016).....	23
Şekil 4.3. 2006 ve 2016 Yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü .....	24
Şekil 4.4. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarına göre kurulu gücü değişimi.....	24
Şekil 4.5. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli grafikleri .....	26
Şekil 4.6. Yıllara göre güneş enerjisi ile elektrik üretim miktarı .....	27
Şekil 5.1. Çok kriterli karar verme süreci .....	30
Şekil 5.2. AHP süreci.....	31
Şekil 5.3. Çalışma metodolojisi .....	35
Şekil 6.1. Ana kriter ağırlıkları grafiği.....	47
Şekil 6.2. Kriter ağırlıkları grafiği .....	48
Şekil 7.1. TOPSIS sonuç grafiği .....	68

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Dünya güneş haritası.....	17
Resim 6.1. Super Decision AHP model çıktısı .....	43
Resim 6.2. Super Decision ana kriterler karşılaştırma çıktısı .....	44
Resim 6.3. Super Decision coğrafik kriterler karşılaştırma çıktısı .....	44
Resim 6.4. Super Decision ekonomik kriterler karşılaştırma çıktısı .....	45
Resim 6.5. Super Decision sosyal kriterlerler karşılaştırma çıktısı .....	46
Resim 6.6. Super Decision teknik kriterler karşılaştırma çıktısı .....	46
Resim 6.7. Super Decision ana kriter ağırlıkları.....	47
Resim 6.8. Super Decision alt kriter ağırlıkları .....	48
Resim 6.9. Bölgesel teşvikler.....	50

**HARİTALARIN LİSTESİ**

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 4.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA).....	26
Harita 6.1. Türkiye yıllık ortalama kar örtülü gün sayısı.....	53
Harita 6.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası .....	54
Harita 6.3. Türkiye erozyon haritası .....	55





## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

<b>GW</b>	Gigawatt
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>m<sup>2</sup></b>	Metrekare
<b>mm</b>	Milimetre
<b>MW</b>	Megawatt
<b>TL</b>	Türk Lirası
<b>TW</b>	Terawatt

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AHP</b>	Analytical Hierarchy Process
<b>BEPA</b>	Biokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>BM</b>	Birleşik Milletler
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>EB</b>	Endüstri Bölgesi
<b>EİE</b>	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>GEPA</b>	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>GSYİH</b>	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>KDV</b>	Katma Değer Vergisi
<b>OECD</b>	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
<b>OSB</b>	Organize Sanayi Bölgesi
<b>REPA</b>	Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>TOPSIS</b>	For Order Preference By Similarity to Ideal Solution
<b>YEGM</b>	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

## 1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacı insanlığın başlangıcı ile birlikte ortaya çıkmıştır. Yükselen yaşam seviyesi, nüfus artışı, gelişen teknoloji, sanayileşme gibi sebeplerden dolayı enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Enerji değişik şekillerde kullanılmaktadır. Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar ve rüzgâr, güneş, biokütle, jeotermal enerji, hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları birincil enerji kaynakları olarak adlandırılır. Doğada hazır olarak bulunan birincil kaynakları direk kullanılabileceği gibi çeşitli işlemlerden geçirilerek ısı, akaryakıt, elektrik gibi ikincil enerji kaynaklarına dönüştürerek de kullanılabilir.

Elektrik, günlük hayatın büyük bir bölümünde kullanılan önemli bir ikincil enerji kaynağıdır. Modern hayatın gereklilikleri elektrik ihtiyacını artırmıştır. Evde, işte, hayatın birçok alanında elektrik olmadan günlük hayata devam etmek zordur. Bilgisayarlar, telefonlar, ev aletleri, ısınma, aydınlanma gibi günlük hayat için gerekli birçok alanda elektrik en önemli ihtiyaçtır. Gelecekte arabalar gibi farklı alanlarda da elektrik ihtiyacının ortaya çıkması muhtemeldir.

Elektrik üretimi için birçok birincil enerji kaynağı kullanılmaktadır. Türkiye’de elektrik üretiminin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Fakat elektriğin bu kadar ihtiyaç duyulan bir kaynak olması ve talebin gün geçtikçe artması insanları elektrik üretimi için yeni kaynak arayışlarına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları hem sürdürülebilir olması hem de çevreye fosil kaynaklar gibi zarar vermemesi sebebiyle bu sorunların çözümü için kurtarıcı niteliğindedir. Bu nedenle giderek önemi artmaktadır. Türkiye’ de devlet tarafından gerek uluslararası anlaşmalara, gerekliliklere uyum gerekse artan taleplere cevap verebilmek amacıyla yenilebilir enerji kullanımı teşvik edilmekte gerekli yatırımların yapılabilmesi için kolaylıklar sağlanmaktadır.

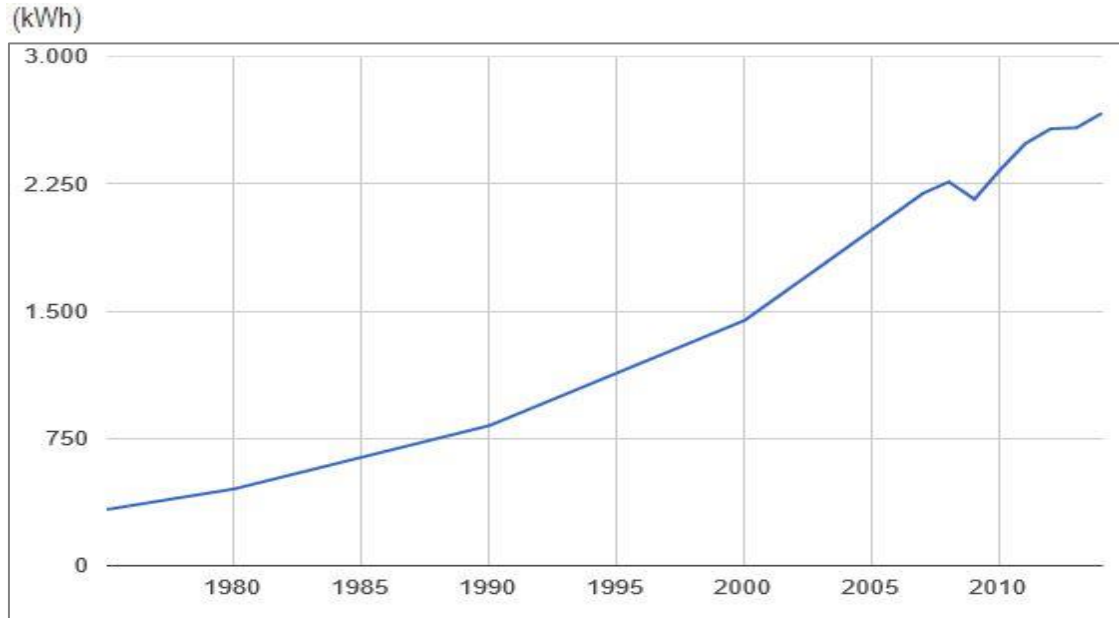
Yenilenebilir enerji doğadan direk elde edilebilen bir enerji kaynağı türüdür. Yenilenebilir enerji kendini doğal bir şekilde yenileyebildiği için tükenmeyen bir enerjidir. Ayrıca yenilebilir enerji kullanımı ile çevreye zarar veren karbon salınımının azaltılması, yerli enerji kaynakları kullanarak dışa bağımlılığın azaltılması gibi faydalar elde edilebilir [5].

Güneş enerjisi, potansiyeli en yüksek yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Güneş enerjisi hem gün geçtikçe artan elektrik ihtiyacını yerli kaynak kullanımı ile gidererek dışa

bağımlılığı azaltacak hem de fosil kaynakların çevre ve insan üzerindeki olumsuz etkilerinden korumaya yardımcı olacak bir fırsattır. Dışa bağımlılığı azaltmanın yanında istihdam olanakları yaratarak da ülke ekonomisine katkı olacaktır. Türkiye’de de Dünyada olduğu gibi elektrik üretiminde güneş enerjisinden faydalanılması teşvik edilmektedir. Bu tezin amacı Türkiye de güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapılacak güneş enerjisi santralleri kurmak için en uygun ilin seçimine karar vermektir. Bu seçim için çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Öncelikle uzman görüşlerine başvurularak ve literatür incelenerek güneş santrali kurulumunda etkin olan kriterler belirlenmiş ve güneşlenme durumu açısından avantajlı olan iller alternatif olarak seçilmiştir. Daha sonra yenilenebilir enerji uzmanları yardımıyla AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiş ve resmi kurumlardan alınan veriler ışığında TOPSIS yöntemi ile alternatif iller arasında bir öncelik sıralaması yapılmıştır.

### Problem tanımı

Geçmişten günümüze kişi başına düşen elektrik tüketimi artmıştır. 1975 ve 2014 yılları arasında kişi başına düşen net elektrik tüketimindeki artış Şekil 1.1’de gösterilmiştir [1].



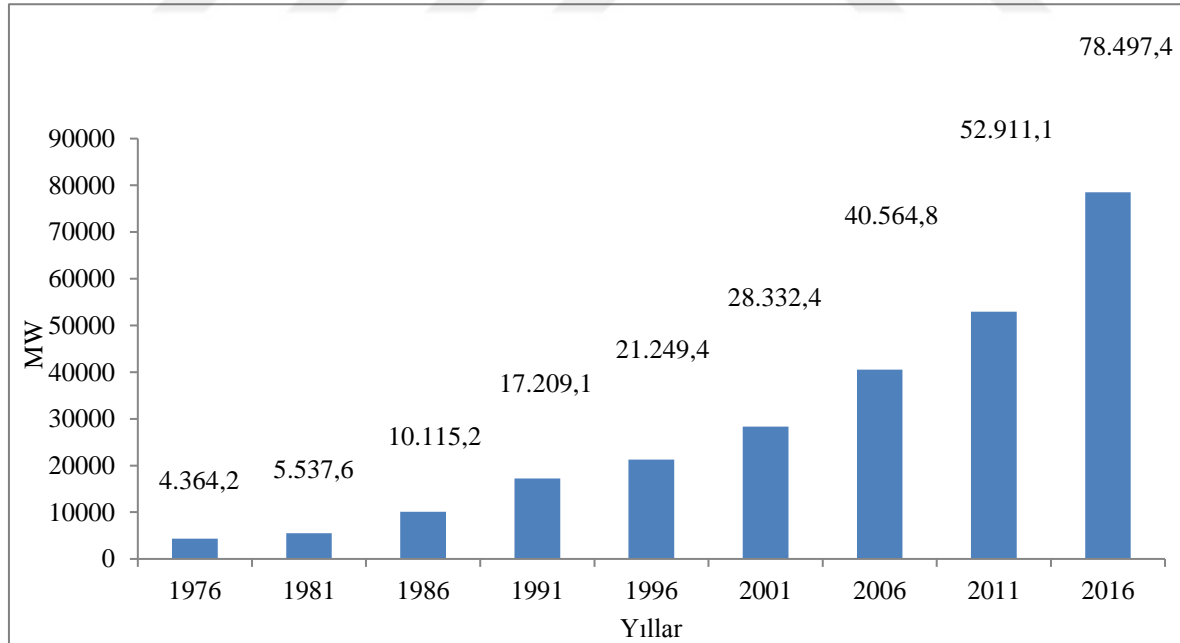
Şekil 1.1. Kişi başına düşen net elektrik tüketiminin yıllara göre değişimi (1975-2014) [1]

Elektrik tüketiminin 2023 yılında yıllık %4,8 civarında bir artışla 385 TW saat olması öngörülmektedir [2]. Tüketim artış oranı son 15 yılda ortalama %5,4 civarında olmuştur.

Çizelge 1.1’de 2002-2016 yılları arası elektrik enerjisi görünümü verilmiştir. [3]. Türkiye elektrik kurulu gücü de ihtiyaçlar doğrultusunda geçmişten günümüze artışı Şekil 1.2’de gösterilmiştir [4].

Çizelge 1.1. Türkiye elektrik enerjisi görünümü [4]

YIL	ÜRETİM (GWh)	İTHALAT (GWh)	İHRACAT (GWh)	TÜKETİM (GWh)	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%



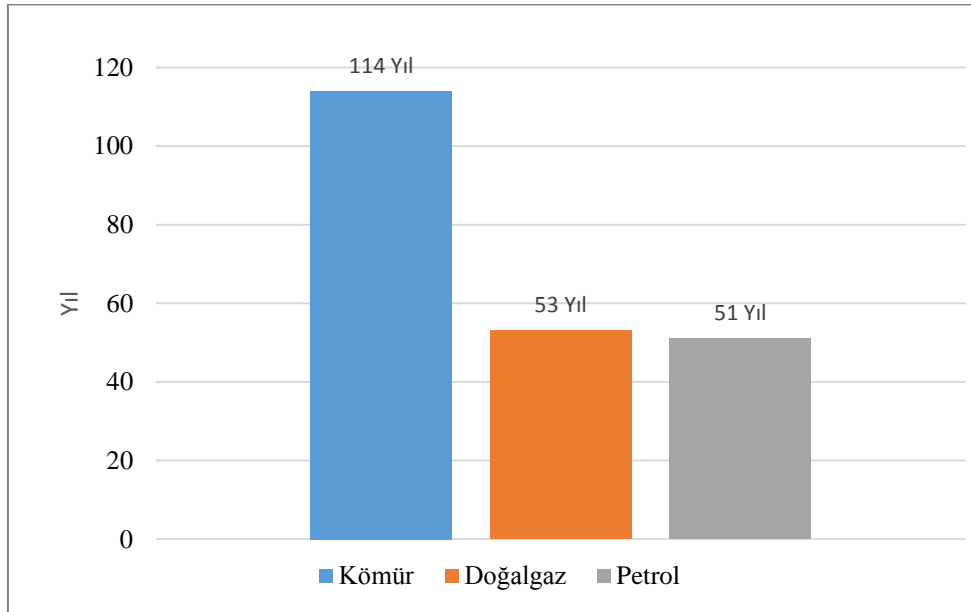
Şekil 1.2. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi [4]

Elektrik üretim ve tüketimi her geçen gün artmakta ve üretiminde fosil kaynakların kullanmasının en büyük olumsuz yanlarından birisi iklim değişikliğine sebep olmasıdır. Fosil yakıtların kullanımıyla ortaya çıkan karbondioksit ve benzer sera gazları yüzey

sıcaklığının artmasına neden olarak, küresel ısınma, iklim değişikliği gibi bütün dünyayı etkileyecek önemli sonuçlar doğurmaktadır.

İklim değişikliği, insanlık için çok önemli ve ciddiye alınması gereken büyük bir sorundur. Bu nedenle uluslararası gündemde de yer almaktadır [40]. BM'nin 2015'te yayınladığı "İklim Bağlantılı Doğal Afetlerin İnsani Maliyeti" raporuna göre 20 yılda meydana gelen 6,457 doğal afetin çok büyük bir kısmı fırtına, sel, sıcak hava dalgası gibi aşırı iklim hareketlerinden kaynaklanmıştır. 1995 yılından günümüze bu tür afetlerden dolayı 606 bin kişi yaşamını yitirmiş, 4,1 milyar insan ise bu afetlerden etkilenmiştir. Türkiye'de iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas bir bölgede yer almaktadır [7]. Türkiye de son yıllarda hortumlar, sel baskınları meydana gelmekte, bu afetlerin sayısının ve etkisinin arttığı gözlemlenmektedir.

Bütün bu olumsuz etkilerin yanı sıra fosil kaynaklar sonludur. Artan enerji ihtiyacı nedeniyle fosil kaynaklar hızla tükenmektedir. Fosil kaynaklar bir gün tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Fosil yakıt rezervleri kritik seviyelere yaklaşmıştır. Dünyadaki toplam petrol rezervleri yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılamaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri Şekil 1.3' de gösterilmiştir [3].



Şekil 1.3. Fosil yakıtların kalan ömürleri [3]

Türkiye’de elektrik üretiminde güneş enerjisi kullanımını artırmak için doğru yatırımlar yapılması büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi ülke ekonomisine, insan, çevre sağlığına katkılar sağladığı gibi yatırımcılar içinde kazanç sağlayan bir üretim sahası olabilir. Güneş enerjisi elektrik santrallerinden alınan verim yatırımcıların bu sektöre daha fazla önem vermesine katkıda bulunabilir böylelikle yapılan yeni güneş enerjisi yatırımları ile güneş enerjisinin elektrik üretimdeki payı artabilir. Güneş enerjisi santrallerinden verim alabilmek ve kazanç sağlayabilmek için santralin kurulacağı yer çok önemlidir. Tesisin kurulacağı yer alınacak verimi etkileyen en önemli etkenlerden birisidir. Yanlış bir seçim, başarısız bir yatırım yapmak hem yatırımcıyı hem de ülke ekonomisini olumsuz etkileyecektir. Yer seçimini etkileyen teknik, ekonomik, coğrafik ve sosyal etmenler vardır. Güneş ile bağlantılı teknik kriterler, trafo merkezlerine uygulanan tarifeler, bölgesel teşvikler, arazi maliyetleri gibi ekonomik kriterler, deprem riski, erozyon riski, kar, yağmur durumu gibi coğrafik kriterler ve bölgenin işgücü durumu gibi sosyal kriterler güneş enerji santralinin verimliliğini etkileyecektir. Bütün bu kriterler yapılan yatırımı farklı ağırlıklarla etkileyecektir. Yer seçimi için yatırıma daha fazla etkide bulunabilecek bir kritere gerektiği önem verilmeyip, daha az etkide bulunacak bir kritere göre yapılan yer seçimi de yatırım üzerinde olumsuz bir etki yapacaktır. Bu nedenle güneş santrali yatırımı için yapılan yanlış bir yer seçimi yatırımcının başarısız olmasına neden olarak diğer yatırımcıların da bu sektöre ilgisini azaltarak Türkiye elektrik üretiminde güneş enerjisi payının artmasına engel olabilir.

#### Araştırmanın amacı

Bu tez çalışmasında Türkiye’de güneş enerjisi yatırımı için uygun olan iller arasında bir sıralama yapmak ve en uygun olan ile karar vermek amaçlanmıştır. Bunun için Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritasına göre Türkiye geneline bakıldığında güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan 6 il ele alınmıştır. Bu iller arasında güneş enerjisi yatırımı için bir sıralama yapmak ve en uygun olanını bulmak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılması amaçlanmıştır. AHP yöntemi ile yatırımı etkileyecek kriterlerin ağırlıkları bulunarak TOPSIS yöntemi ile bulunan kriter ağırlıklarına göre bir sıralama yapılması hedeflenmiştir.

### Araştırmanın önemi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, fosil kaynaklar için yapılan ithalat harcamalarını azaltılması, kırsal kesimde ekonomik kalkınma sağlanması, istihdam sağlanması, yatırım yaratma etkisi gibi faydalarla sosyal ve ekonomik alanda olumlu etkiler sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji ve teknolojilerinin, enerji ithalat harcamalarını azaltması ve kaynakların iç piyasada istihdam yaratmasıyla ekonomiye katkı sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çevreye de havanın, suyun daha temiz kalmasını sağlayarak fayda sağlayacaktır. Fosil yakıt kullanan elektrik santralleri hava kirliliğine sebep olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerde ise zararlı gaz salınımlarının önüne geçilerek hava kirliliğine neden olan etkenler ortadan kaldırılabılır. Yine fosil kaynaklı tesislerde dönüşüm sırasında kullanılan soğutma ve temizle suyu sistemden dışarı atıldığında, kurşun, demir, bakır, çinko, manganez gibi ağır metaller su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise böyle bir etkisi bulunmamaktadır [6].

Yenilenebilir enerjiden alınacak verim büyük ölçüde tesisin kurulduğu yer ile ilgilidir. Doğru yerde kurulmayan tesis hiçbir açıdan fayda sağlamayacaktır. Bu nedenle bu çalışma güneş santrali kurulumu için doğru yer seçimi konusunda fikir verebilecek olması sebebiyle önem taşımaktadır. Son yıllarda çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan yenilenebilir enerji çalışmaları incelendiğinde genel olarak alternatiflerin karşılaştırma ve puanlama işleminin de uzman yargılarına dayandığı gözlemlenmiştir. Fakat bu çalışmada kriter önemleri için uzman yargılarına başvurulmuş, alternatiflerin TOPSIS uygulaması ile sıralama aşamasında resmi kaynaklardan elde edilen sayısal veriler kullanılmıştır. Ayrıca trafo kullanım ücretleri, işsizlik, iş gücü oranları gibi daha önce rastlanılmayan alt kriterler kullanılmıştır. Bu nedenle benzer çalışmalardan farklılık göstermektedir.

### Varsayımlar

Bu çalışmada AHP yöntemi ile güneş enerjisi santrali kurulumu için yer seçiminde etkili kriterlerin ağırlıkları bulunurken Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünde çalışan uzman ve mühendislerin ölçeklendirme sorularına verdiği cevapların güvenilir olduğu varsayılmıştır. TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması bölümünde ise sayısal verilerin elde edildiği resmi kaynakların güvenilir olduğu varsayılmıştır.

## Sınırlılıklar

Bu tez çalışması güneş enerjisinden elektrik üretimi için yer seçimi ile sınırlıdır. Bu çalışmada AHP ile kriter ağırlıklarının elde edilmesi kısmında elde edilen sonuçlar Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nde çalışan uzman ve mühendislerin sorulara verdiği samimi cevaplar ve ölçeklerin ölçtüğü kriterler ile sınırlıdır. TOPSIS ile alternatiflerin sıralanması kısmında elde edilen sonuçlar ise kriterler ile ilgili resmi kurumlardan elde edilen bilgilerle sınırlıdır.

## Literatür araştırması

Son yıllarda yenilenebilir enerjinin öneminin artması nedeniyle yatırımcıların da ilgisi bu alana yönelmeye başlamıştır. Bu nedenle yenilenebilir enerji konusundaki çalışmalarda artmaya başlamıştır. Literatürde özellikle güneş enerjisi ve rüzgâr enerji santralleri için yer seçim problemlerine yer verilmişken, biokütle ve jeotermal enerji yer seçimi konularında da çalışmalar vardır. Ayrıca Türkiye için hangi yenilenebilir enerjinin daha avantajlı olduğu da birçok çalışmanın konusu olmuştur. Türkiye'de olduğu gibi yabancı ülkelerde de yenilenebilir enerji santralleri yer seçimleri ve yatırım için en iyi yenilenebilir enerji kaynağını belirleme çalışmaları yapılmıştır. Gerek yer seçimi gerekse yenilenebilir enerji kaynağı seçim problemlerinde birden fazla kriter vardır. Bu nedenle çok kriterli karar verme yöntemleri bu problemlerin çözümünde uygun yöntemlerdir ve birçok çalışmada kullanılmışlardır. Son yıllarda Türkiye ve başka ülkeler için, yenilenebilir enerji kaynakları yer seçimi ve tür seçimi çalışmalarının yapıldığı bazı makaleler incelemiştir (Bkz. Çizelge 1.2.).

Özdemir, Özcan, ve Aladağ (2017) makalelerinde güneş enerjisi santrali kuruluş yer seçimi için Van, Malatya, İstanbul, Kayseri, Antalya, Konya, Aksaray, Kocaeli, Burdur, Nevşehir, Adana, Denizli, Sinop illerini alternatif olarak ele almış, yöntem olarak da AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Elektrik üretme kapasitesi, arazi metrekare birim fiyatları, terör eylemi olmama ihtimali, depremsellik, güneş enerjisi sanayisine yakınlık kriterlerinin incelendiği çalışmada Konya ili santral için en uygun il seçilmiştir [8]. Uyan (2017) çalışmasında Konya ili Çumra ilçesi kapsamında yerleşim alanlarından uzaklık, arazinin durumu (mera, marjinal arazi olma durumu), eğim, trafo merkezlerine uzaklık, iletim hatlarından uzaklık, yol ve demir yollarına uzaklık kriterlerini baz alarak AHP yöntemi



uygulamış ve CBS destekli haritalanma yapmıştır [9]. Sezal (2017) ise çalışmasında Türkiye’de güneş enerjisi yatırım kararı alırken yatırıma etki eden faktörleri davranışçı finans açısından değerlendirmiştir [10]. Akkaş, Erten, Cam, İnanç (2017) çalışmalarında güneş enerji santralleri için Aksaray, Konya, Karaman, Nevşehir, Niğde illerini alternatif olarak AHP, TOPSIS, ELECTRE ve VIKOR yöntemlerini uygulamış, bütün yöntemler için en uygun il Karaman seçilmiştir [11]. E. Özcan, A. Özcan ve Eren (2017) ise çok kriterli karar verme yöntemleri ile Güneydoğu Anadolu bölgesi için CSP teknolojilerinden olan PTC, LFR, CRS-MS, CRS-SHS ve PDS yöntemleri arasında en iyi alternatifler sıralaması yapmıştır. Bunun için maliyet, teknik, teknoloji ve sosyal kriterlerinin ANP ile ağırlıklarını bularak, PROMETHEE ile sıralamasını yapmıştır [12].

Türkiye dışında yabancı ülkelerde de yer seçimi problemleri konu alınmıştır. Sindu, Nehra, Luthra (2017) çalışmaların da sosyal, teknik, ekonomik ve çevresel kriterleri dikkate alarak Hindistan’da güneş enerjisi santrali için yer seçimi çalışması yapmıştır. Bunun için ele alınan alternatifler arasında AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak uygun yer belirlenmiştir [13]. Lozano, Cascales ve Lamata (2016) İspanya’da güneş enerjisi santrali yer seçimi için önce GIS destekli alternatif yerler belirlemiş, AHP ile kriterlerin ağırlıklarını bulmuş, TOPSIS ve ELECTRE TRI yöntemlerinin her ikisini de kullanarak sonuçlar üzerinde karşılaştırma yapmayı amaçlamışlardır. Uygulanma sonunda aynı olmasa da benzer sonuçlar bulunduğu gözlemlenmiştir [14]. Beltran, Chapora ve Ferronda (2014) İspanya’da güneş enerjisi santrali yatırım projesi yer seçimi için risk, maliyet ve fırsat ana kriterleri ile AHP ve ANP yöntemlerini kullanarak yer seçimi çalışması yapmıştır [15]. Liu ve Lin (2017) Çin’in güneybatısında 4 şehir alternatifi arasından coğrafik, ekonomik ve çevresel kriterleri baz alarak gri kümülatif ihtimaller teorisi temelli değer zinciri yöntemini kullanarak güneş enerjisi santrali için yer seçimi yapmıştır [16]. Lozano, Cascales ve Luis’in (2014) çalışmalarında İspanya’da GIS yardımı ile bazı alternatif bölgeler belirlenmiş ve en uygun yerleri belirlemek için ELECTRE TRI metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada kriter olarak tarım kapasitesi, eğim, santral kurulacak saha, ana yollara mesafe, trafo merkezlerine mesafe, iletim hatlarına mesafe, köy ve kasabalara mesafe, göç merkezlerine mesafe, güneş radyasyonu, ortalama sıcaklık alınmıştır [17]. Wu ve Geng (2014) teknik ulaşılabilirlik, güneş ve rüzgâr kaynakları, ekonomik, risk ve çevresel faktörleri dikkate alarak AHP metodu ile güneş-rüzgâr hibrid enerji santrali için yer seçimi çalışması yapmıştır [18]. Asarakeh, Soleymani ve Sheikhdavoodi (2017) İran’da teknik, çevresel ve ekonomik kriterleri göz önüne alarak Bulanık AHP ve GIS yöntemleri ile güneş enerjisi santrali için yer

seçimi çalışması yapmıştır [19]. Padmanathan, Govindarajan, Ramachandaramurthy ve Selvi (2017) çalışmalarında Hindistan’da güneş enerjisi santrali için 10 farklı yatırım senaryosunu alternatif olarak almış, teknik ve ekonomik kriterlere göre AHP yöntemi ile iyi olan alternatifi seçme çalışması yapmıştır [20]. Yine Garni ve Awasthi (2017) çalışmalarında Arabistan’ da GIS temelli AHO yöntemi ile çevresel, yerleşim, ekonomik, iklim ve orografi kriterlerine göre güneş enerjisi santrali için yer seçimini konu edinmiştir [21].

Güneş enerjisinin yanında rüzgâr jeotermal, biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının hem yer seçimi hem teknoloji seçimi konusunda çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Yağmur (2015) Türkiye’de termal enerji santrallerinde kullanılan donanımların yerleştirilmesi gerektiğini düşünmüş ve bu donanımlardan hangilerinin öncelikli olarak yerleştirilmesi gerektiğine karar vermek için AHP yöntemini kullanmıştır. Bunun için teknoloji, tasarım, donanım özelliği ve tesisin kurulabilirliği gibi ana kriterler kullanılmıştır. Sonuç olarak buhar kazanları donanımı önceliği en yüksek donanım çıkmıştır [22]. Laska (2017) ise çalışmasında Polonya’nın Michalowo bölgesinde 14 rüzgâr türbinini kurmak için uygun yere karar vermede AHP, DEMATEL, ELECTRE, PROMETHEE ve borda kuralını kullanmıştır [23]. Lozano, Cascales ve Lamata (2016) İspanya’nın güneydoğusunda rüzgâr santrali için uygun yere karar vermek amacıyla bulanık AHP ve bulanık TOPSIS kullanmışlardır. Çalışmada önce AHP ile ağırlıklar belirlenmiş daha sonra TOPSIS ile alternatifler değerlendirilmiştir ve GIS yardımıyla uygun alanları belirtilmiştir [24]. Vasileiou, Loukogeorgaki ve Vagiona (2017) Yunanistan’da hibrid dalga ve rüzgâr santralleri için uygun yer bulmak amacıyla GIS yardımı ile uygun olmayan alanları kısıtlayıp, uygun alanlar arasında ekonomik, teknik ve sosyopolitik kriterlere göre AHP ile öncelik sıralaması yapmışlardır [25]. Villacreses, Gaona, Gomez, ve Jijon (2017) Ekvador’da GIS ile uygun alternatif alanlar belirleyip, AHP ile kriter ağırlıklarını bulup, çok kriterli karar verme yöntemleri OWA, VIKOR, TOPSIS ve OCRA kullanarak alternatifleri sıralamışlardır. Bu yöntemler sonucunda benzer sonuçlar elde edilmiştir [26]. Silva, Almeida, ve Dias (2014) çalışmalarında Portekiz’de biyogaz tesisi kurmak için GIS ile uygun alternatif alanlar belirlemişlerdir. ELECTRE TRI metodunu kullanarak alternatifleri düşük, orta ve yüksek uygunluk derecesi olmak üzere 3 kategoriye ayırmışlardır [27]. Galvez, Rakotondranaiova, Morel, Camargo ve Fick (2015) biyogaz tesisi için MILP ile 3 tane ters lojistik ağ modeli oluşturmuş, daha sonra AHP ile maliyet, mesafe, fizibilite, süreklilik kriterlerine göre en iyi senaryoyu bulmuşlardır [28].

Bir ülke için hangi yenilenebilir enerji kaynağı yatırımının seçilmesi gerektiğini çok kriterli karar verme yöntemlerini inceleyen son yıllardaki çalışmalar incelenmiştir. Kabak, ve Dağdeviren (2014) çalışmalarında hibrid BOCR-ANP modeli ile Türkiye için hidro, jeotermal, güneş, rüzgâr, biyokütle yenilenebilir enerji kaynakları arasında öncelik sıralaması yapmışlardır [29]. Özcan, Ünlüsoy, ve Eren (2017) çalışmalarında Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları arasında bir öncelik sıralaması yapmak için teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel kriterleri ağırlıklandırmak ve sıralama yapmak için TOPSIS yöntemi kullanılmışlardır [30]. Çolak, ve Kaya (2017) çalışmalarında Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanılarak enerji kaynağının kalitesi, teknik, çevresel, teknolojik, ekonomik ve sosyopolitik kriterlerine göre yenilenebilir enerji kaynakları arasında öncelik sıralaması yapmışlardır [31]. Büyüközen, ve Güteryüz (2016) yine yenilenebilir enerji kaynakları DEMATEL VE ANP entegrasyonunu kullanmışlardır [32].

Garni, Kassem, Awasthi, Komljenovic ve Haddad (2016) çalışmalarında teknik, ekonomik, sosyoekonomik ve çevresel kriterlere göre AHP yöntemi ile güneş panelleri, güneş termal, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle arasından birinci sırada güneş panellerini elde etmişlerdir [33]. Haddad, Liazid, ve Ferraira (2017) çalışmalarında Cezayir elektrik üretimi için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını teknik, sosyal, çevresel ve ekonomik kriterler arasından AHP yöntemi güneş enerjisi olarak bulmuşlardır [34]. Streimikiene, Sliogeriene, ve Turskis (2016) çalışmalarında AHP ve ARAS metodları ile elektrik üretim teknolojilerini karşılaştırmışlardır. Nükleer, doğal gaz, biokütle, jeotermal, hidro ve rüzgâr santralleri alternatif olarak alınmış ve politik, ekonomik, teknolojik, sosyal-etik, çevresel kriterler altında değerlendirilmiştir [35].

Çizelge 1.2. Güneş enerjisi santrali kuruluş yeri belirlemeye yönelik bazı çalışmalar

Makale Adı	Yıl
Güneş Enerjisi Kuruluş Santrali Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi.	2017
Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilecek Alanların AHP Yöntemi Kullanılarak CBS Destekli Haritalanması	2017
Türkiye’de Güneş Enerjisi Yatırımlarının Davranışsal Finans Açısından Değerlendirilmesi	2017
Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in the Central Anatolian Region of Turkey	2017
CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi	
Investigation of Feasibility Study of Solar Farms Deployment Using Hybrid AHP-TOPSIS Analysis: Case Study of India	2017
Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI Methods for Optimal Sites for Photovoltaic Solar Farms. Case Study in Spain	2016
An AHP/ANP Based Multicriteria Decision Approach for the Selection of Solar Thermal Power Plant Investment Projects	2014
Site Selection of Photovoltaic Power Plants in a Value Chain Based on Grey Cumulative Prospect Theory for Sustainability: A case Study in Northwest China	2017
GIS Based Photovoltaic Solar Farms Site Selection Using ELECTRE-TRI Evaluating the Case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain	2014
Multicriteria Decision Making on Selection of Solar-Wind Hybrid Power Station Location: A Case of China	2014
A GIS Based Fuzzy-AHP Method for the Evaluation of Solar Farms Locations: Case Study in Khuzestan Province, Iran	2017
Multiple Criteria Decision Making Based Economic Analysis of Solar PV System with Respect to Performance Investigation for Indian Market	2017
Solar PV Power Plant Site Selection Using GIS-AHP Based Approach with Application in Saudi Arabia	2017
Multicriteria Evaluation and Priority Analysis for Localization Equipment in a Thermal Power Plant Using the AHP	2016
Wind Energy and Multicriteria Analysis in Making Decisions on the Location of Wind Farms	2017
GIS Based Onshore Wind Farm Site Selection Using Fuzzy Multicriteria Decision Making Methods. Evaluating the case of Southastern Spain	2016
GIS Based Multicriteria Decision Analysis	2017
Wind Farms Suitability Location Using GIS Based on Multicriteria Decision Methods: The Case of Continental Ecuador.	2017
Biogas Plants Site Selection Integrating Multicriteria Decision Aid Methods and GIS Techniques: A Case study in a Portuguese Region	2014
Reverse Logistics Network Design for a Biogas Plant: An Approach Based on MILP Optimization and AHP	2015
Prioritization of Renewable Energy Sources for Turkey by Using a Hybrid MCDM Methodology	2014
ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi	2017
Prioritization of Renewable Energy Alternatives by Using an Integrated Fuzzy MCDM Model: A Real Case Application for Turkey	2017
An Integrated DEMATEL-ANP Approach for Renewable Energy Resources Selection in Turkey	2016
A Multicriteria Decision Making Approach for Evaluating Renewable Power Generation Sources in Saudi Arabia. Sustainable Energy Technologies and Assesments	2016
A Multicriteria Approach to Rank Renewables for the Algerian Electricity System. Renewable Energy	2017
Multicriteria Analysis of Electricity Generation Technologies in Lithuania. Renewable Energy	2016



## 2. DÜNYADA YENİLENEBİLİR ENERJİ

Araplar ve İsrail arasında geçen 1973 savaşı sırasında Araplar petrolü dış politika aracı olarak kullanmışlardır. İsrail yanında olan ülkelere petrol ambargosu uygulamıştır. Bu savaştan sonra ülkeler enerji kaynaklarının önemini daha iyi anlamışlardır. Son yıllarda da yerli enerji kaynaklarının sağlayacağı faydaların farkına varılması yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya çapında önemini artırmıştır.

Nüfus artışı enerji kaynaklarının tükenmesini hızlandıran en önemli etkenlerden birisidir. Nüfus arttıkça enerji ihtiyacı artacak ve birincil enerji kaynakları gitgide erimektedir. Nüfus artışı, küresel enerji talep artışını önemli miktarda etkilemektedir. OECD ve OECD dışı ülkelerin 2040 yılına kadar öngörülen nüfus ve birincil enerji talep artışı ile 2040 yılına kadar birincil enerji kaynaklarının değişimi Şekil 2.1’de gösterilmiştir [3].



Şekil 2.1. Nüfus GSYİH büyüme oranı ve birincil enerji talebi projeksiyonları [3]

2016 yılının sonu itibariyle dünya çapında yenilenebilir enerji yatırımlarına bakıldığında Çin, ABD, Brezilya, Almanya'nın öne çıktığı görülmektedir. Hindistan ve Birleşik Krallıkta 2016 yılında yaptıkları yenilenebilir enerji yatırımları ile bu ülkeleri takip etmektedirler. Türkiye ise jeotermal enerji ve güneş enerjisi ile su ısıtma yatırımları ile ikinci sırada yer almaktadır. Yine 2016 yılı sonundaki toplam yenilenebilir enerji üretimlerine bakıldığında Çin, ABD ve Almanya öne çıkmaktadır. Dünya çapında 2016 yılı yıllık yenilenebilir enerji yatırımları Çizelge 2.1’de ve toplam yenilenebilir enerji miktarında ilk 5 ülke gösterilmiştir. Çizelge 2.2’de gösterilmiştir [36].

Çizelge 2.1. Yıllık yenilenebilir enerji yatırımları ülke sıralaması (2016) [36]

Yatırımlar	1	2	3	4	5
Yenilenebilir Enerji Yatırımları	Çin	ABD	Birleşik Krallık	Japonya	Almanya
Kişi Başı GSYH için Yenilenebilir Enerji Yatırımları	Bolivya	Senegal	Jordan	Honduras	İzlanda
Jeotermal Güç Kapasitesi	Endonezya	Türkiye	Kenya	Meksika	Japonya
Güneş PV Kapasitesi	Çin	Brezilya	Ekvador	Etopya	Vietnam
Hidro güç Kapasitesi	Çin	ABD	Japonya	Hindistan	Birleşik Krallık
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Kapasitesi	Güney Afrika	Çin	-	-	-
Rüzgâr Gücü Kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	Brezilya
Güneş Su Isıtma Kapasitesi	Çin	Türkiye	Brezilya	Hindistan	ABD
Biodizel Üretimi	ABD	Brezilya	Arjantin/Almanya/Endonezya		
Fuel Ethanol Üretimi	ABD	Brezilya	Çin	Kanada	Tayland

Çizelge 2.2. Yenilenebilir enerji toplam üretim miktarları ülke sıralaması (2016) [36]

Üretim Çeşidi	1	2	3	4	5
Yenilenebilir Enerji	Çin	ABD	Brezilya	Almanya	Kanada
Yenilenebilir Enerji (Hidro enerji hariç)	Çin	ABD	Almanya	Japonya	Hindistan
Kişi Başı Yenilenebilir Enerji (Hidro enerji hariç)	İzlanda	Danimarka	İsveç/Almanya		İspanya/Finlandiya
Biyo enerji üretimi	ABD	Çin	Almanya	Brezilya	Japonya
Jeotermal enerji üretimi	ABD	Filipinler	Endonezya	Yeni Zelanda	Meksika
Hidro enerji kapasitesi	Çin	Brezilya	ABD	Kanada	Rusya
Hidro enerji üretimi	Çin	Brezilya	Kanada	ABD	Rusya
CSP Kapasitesi	İspanya	ABD	Hindistan	Güney Afrika	Monako
Güneş PV Kapasitesi	Çin	Japonya	Almanya	ABD	İtalya
Kişi Başı Güneş PV Kapasitesi	Almanya	Japonya	İtalya	Belçika	Avusturalya/Yunanistan
Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	İspanya
Kişi Başı Rüzgâr Enerji Kapasitesi	Danimarka	İsveç	Almanya	İrlanda	Portekiz

Türkiye’de olduğu gibi dünyada da elektrik üretimi için yenilenebilir kaynakların kullanım oranı artmıştır. Eurelectric’e göre AB’de elektriğin %29’u yenilenebilir enerji kaynaklarından %56’sı ise düşük karbon kaynaklarından üretilmektedir. Bazı ülkelerin kaynak bazında elektrik üretimi Çizelge 2.3’de gösterilmiştir [3].

Çizelge 2.3. Ülkelerin kaynaklara göre elektrik üretim oranları [3].

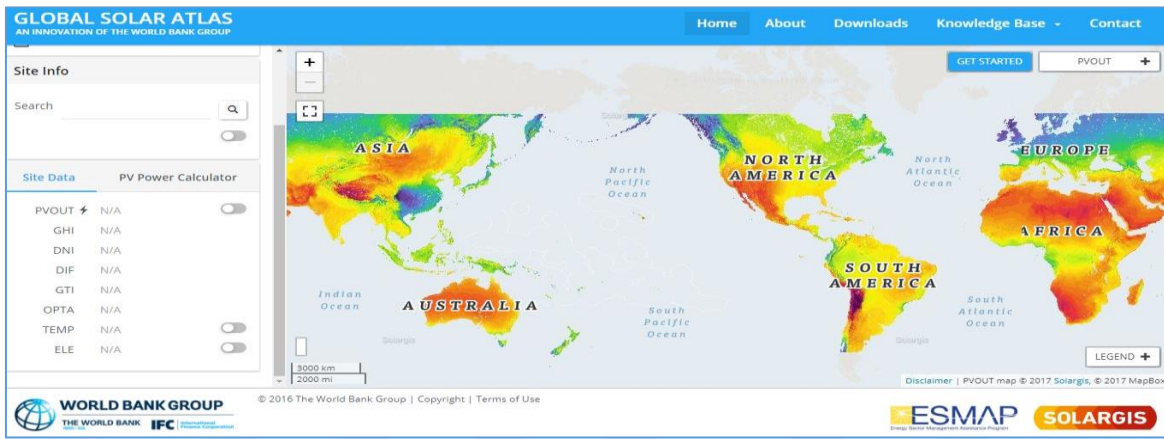
ÜLKE	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	2,1%	0,3%	2,3%	77,6%	17,5%	0,2%
Almanya	45,4%	0,9%	9,9%	15,5%	28,0%	0,3%
ABD	39,5%	0,9%	26,8%	19,1%	13,6%	0,1%
Kanada	9,9%	1,2%	9,3%	16,4%	62,8%	0,3%
Çin	72,5%	0,2%	2,0%	2,3%	23,0%	0,0%
Hindistan	75,1%	1,8%	4,9%	2,8%	15,5%	0,0%
Rusya	14,9%	1,0%	50,1%	17,0%	17,0%	0,0%
Dünya	40,6%	4,3%	21,6%	10,6%	22,9%	0,1%





### 3. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünya üzerinde güneş enerjisine ilgi gün geçtikçe artmakta ve bununla ilgili çalışmalar, yatırımlar yapılmaktadır. Dünya Bankası ve Uluslararası Finans Kurumunun oluşturduğu Dünya Bankası Grubunun desteğiyle Solargis araştırma şirketi tarafından hazırlanan dünya üzerindeki enerji kaynaklarını ve potansiyelini gösteren bir harita Resim 3.1’de gösterilmiştir.

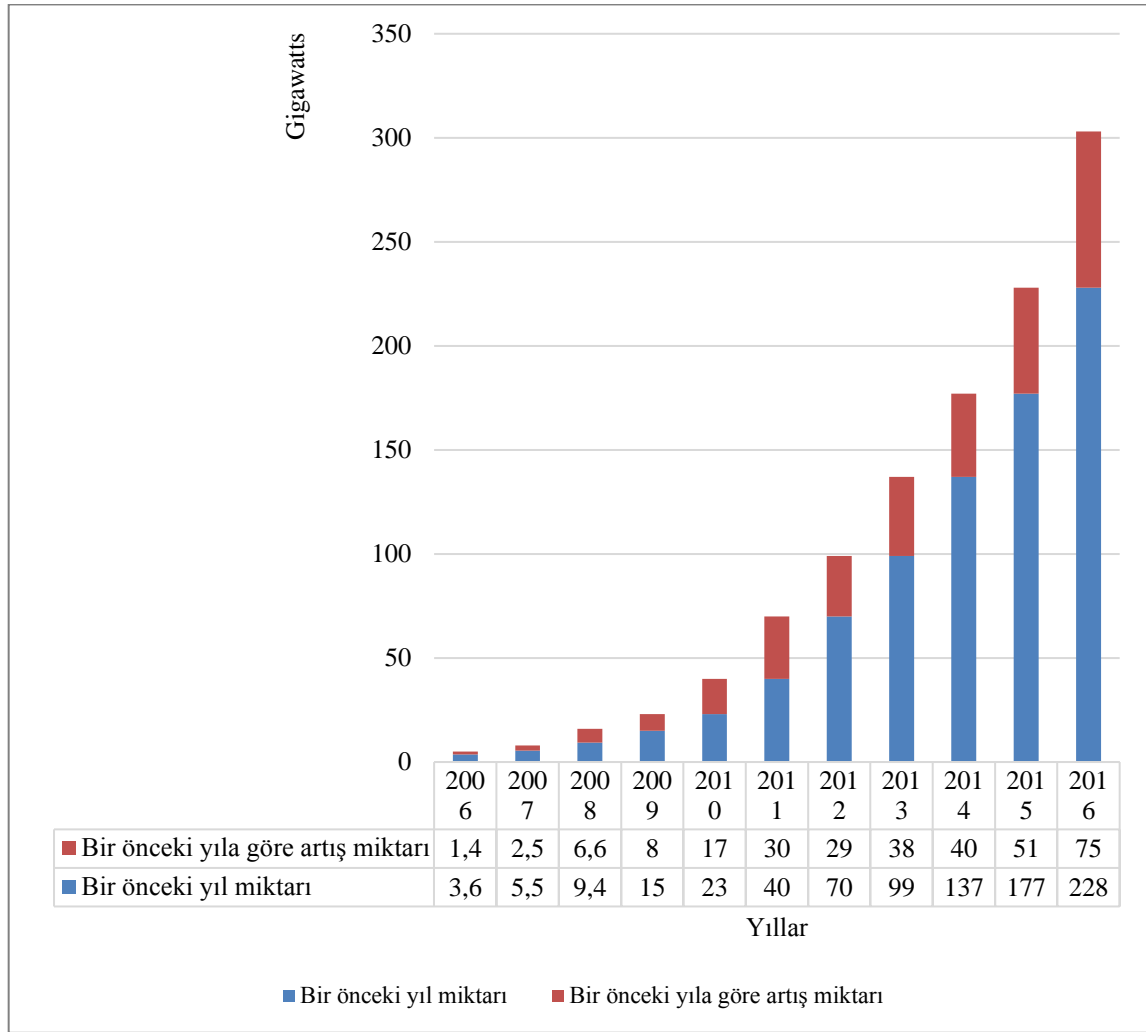


Resim 3.1. Dünya güneş haritası [37]

Dünyada güneş enerjisi kullanımında ABD, Avrupa ülkeleri ve Çin üst sıralarda yer almaktadır. Bazı ülkeler güneş ışınları potansiyeli bakımından şanslı olduğu için üst sıralarda yer alırken bazıları da teknolojilerinin gelişmişlik düzeylerinden dolayı üst sıralarda yer almaktadır [37].

2016 yılında yıllık Güneş Enerjisine en büyük yatırımı Çin yapmıştır. Fakat yoğunlaştırılmış güneş enerjisi alanındaki yatırımlarda Güney Afrika Çin’i geçmiştir. Güneş enerjisinin toplam kapasitesi ve üretimi olarak ise yine ilk sırada Çin yer alırken, Çin’i Japonya, Almanya, Amerika ve İtalya takip etmektedir. Kişi başına Güneş Enerjisi kapasitesi ve üretimi en fazla Almanya’da düşerken, Japonya, İtalya, Belçika, ve Avustralya da Almanya’yı takip eden ülkelerdir. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisinin de toplam kapasitesinin de en fazla İspanya’da daha sonrada Amerika’da olduğu görülmektedir. 2016 yılındaki güneş enerjisi kapasitesindeki artışın yüzde 85 i güneş enerjisinde zirvede olan beş ülke Çin, ABD, Japonya, Hindistan ve Birleşik Krallığa aittir. Büyük paya sahip bu beş ülkeyi ilk onda yer alan Almanya, Kore Cumhuriyeti, Avustralya, Filipinler ve Şili takip

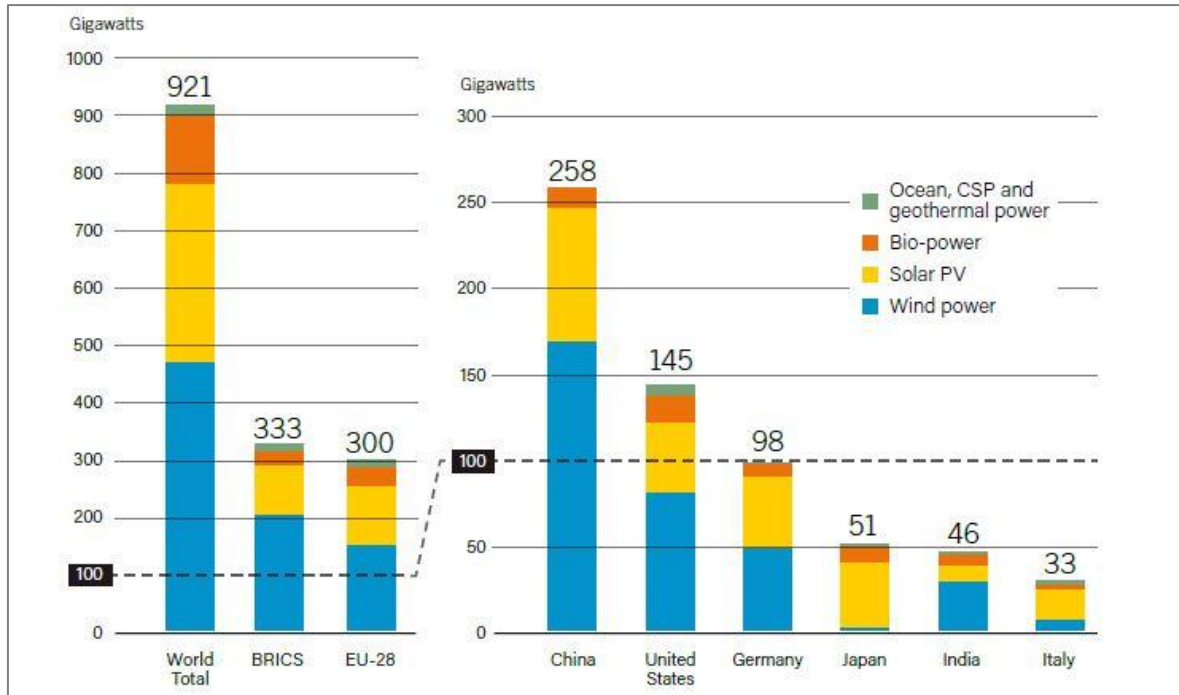
etmiştir. Güneş enerjisi kümülatif kapasitesi için en iyi ülkeler ise Çin, Japonya Birleşik Devletler ve daha uzak bir mesafe ile İtalya'dır. Dünya çapında 2016 yılı boyunca, saat başı 31000'den daha fazla güneş paneli kurulumuna eşdeğer en az 75 GW'de güneş PV kapasitesi eklenmiştir. 2016 yılında kurulan Solar PV kapasitesi önceki beş yılın kümülatif toplamından daha fazladır. 2016 yılı sonunda toplam küresel güneş enerji kapasitesi en az 303GW'dir [36]. Dünya yıllık güneş enerjisi kapasitesi ve bir önceki yıla göre artış gösterilmiştir Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Dünya güneş enerjisi kapasitesi ve yıllık artışlar [36]

Güneş enerjisi kullanımının son yıllarda artma sebebi SV panellerindeki rekabetçiliğin gelişmesi, elektrik talebindeki artış, ülkelerin CO2 emisyonlarını azaltıp temiz enerji kullanarak doğaya zarar vermeme isteği ve güneş enerjisi kullanımının buna olan katkısının farkındalığıdır. Gelişmekte olan birçok market güneş enerjisini, artan elektrik enerjisi talebi

için rekabetçi maliyet olarak görmektedir. 2016 yılı için güneş enerjisi kapasitesinin yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki payı Şekil 3.2’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Birinci grafikte dünya üzerinde toplam güneş enerjisi kapasitesinin rüzgâr enerjisinden sonra ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. İkinci grafikte ise güneş enerjisi kapasitesinde ilk altıda olan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki güneş enerjisi payı gösterilmiştir. Bu grafiklerden anlaşıldığı gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi önemli bir paya sahiptir [36].



Şekil 3.2. Dünya yenilenebilir enerji kapasiteleri [36]



#### 4. TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİ

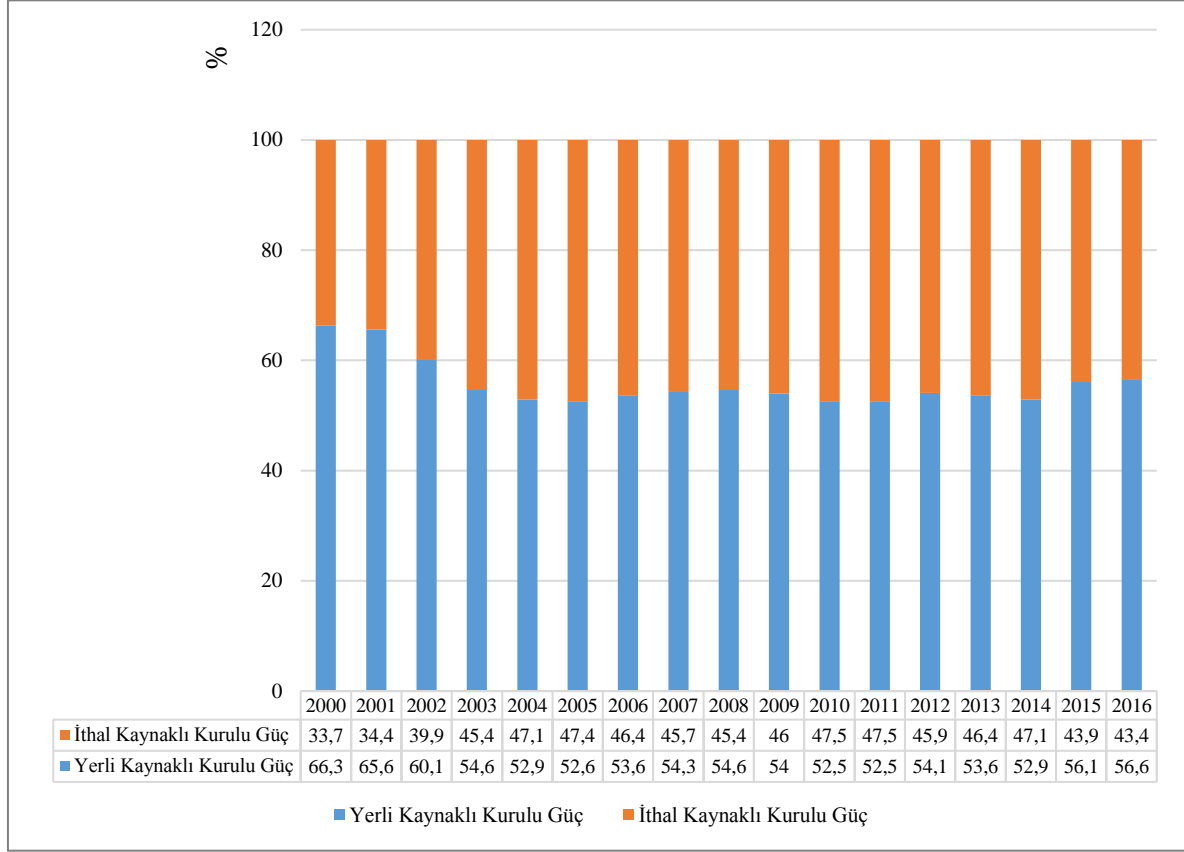
Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili, farklı iklim ve bitki örtülerine sahip coğrafi açıdan şanslı bir ülkedir. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biokütle, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye’de potansiyeli oldukça fazladır. Son yıllarda devlet teşvikleri, vergi indirim ve muafiyetleri ile yatırımcıların yenilenebilir enerjiye yönelmeleri amaçlanmaktadır. Türkiye’deki mevcut kaynaklarla üretilecek enerji, sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan ülkeye birçok yarar sağlayacaktır. Yerli üretim enerji ile dışa bağımlılık azalacak, kurulan tesislerde istihdam yaratılacak ve fosil yakıtların çevreye verdiği zararın önüne geçilebilecektir. Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelimi teşvik eden hukuki, ekonomik ve teknik çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye enerji politikasının, dışa bağımlılığı azaltma, yenilenebilir enerji kaynaklarının en üst seviyede kullanılabilir hale getirilmesi, enerji üretiminin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en alt seviyeye çekme gibi maddeleri de yenilenebilir enerji kullanımının devlet tarafından desteklendiğini göstermektedir [39].

Türkiye ‘de kanun ve yönetmeliklerle de yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edilmektedir. Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Derecelendirilmesi, Korunması ve Kullanılmasına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik ve 2007 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması amacıyla çıkarılan Enerji Verimliliği Kanunu hukuki yönden yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı için verilen desteğe örnek olarak gösterilebilir [38].

Teknik alanda yenilenebilir enerji yatırımları için verilere daha kolay ulaşabilmek amacıyla, güneş enerjisi uygulamaları açısından en iyi alanları göstermeye yönelik Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), potansiyel biokütle enerjisini göstermeyi amaçlayan Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA), rüzgâr enerjisi potansiyelini gösteren Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır [38].

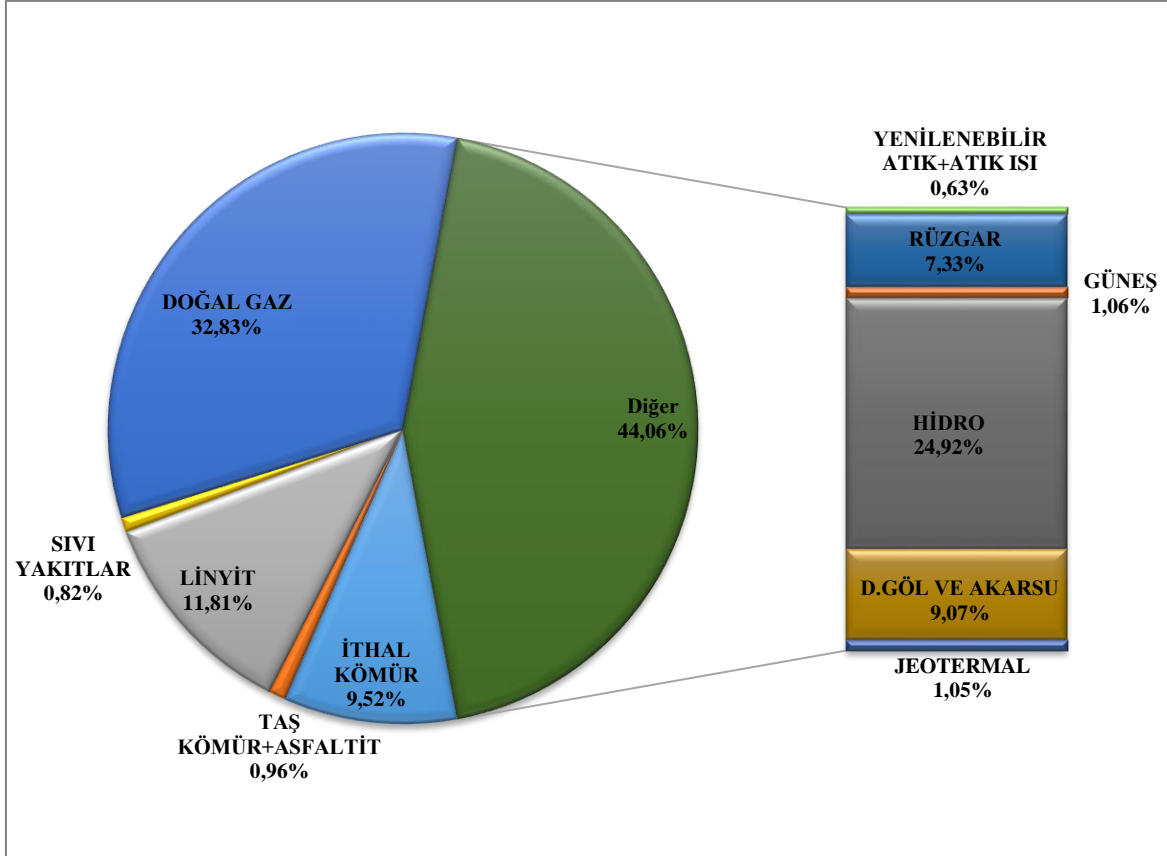
Gerek kurulu güç gerekse elektrik üretimindeki birincil enerji kaynaklarının oranlarına bakıldığında büyük bir kısmın fosil kaynaklara ait olduğunu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları dışındaki doğal gaz gibi fosil yakıtların büyük bir bölümünü dışarıdan temin edilmektedir. 2000 ve 2016 yılları arasındaki kurulu güç kaynaklarının yarıya yakın bir miktarı Şekil 4.1’de gösterildiği gibi ithal edilmiştir [4]. Buda yerli enerji kaynağı olan

yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının ekonomiye olan etkisini bir kez daha göstermektedir.



Şekil 4.1. Yerli ve ithal kaynaklı kurulu gücün Türkiye kurulu gücü içindeki payı [4]

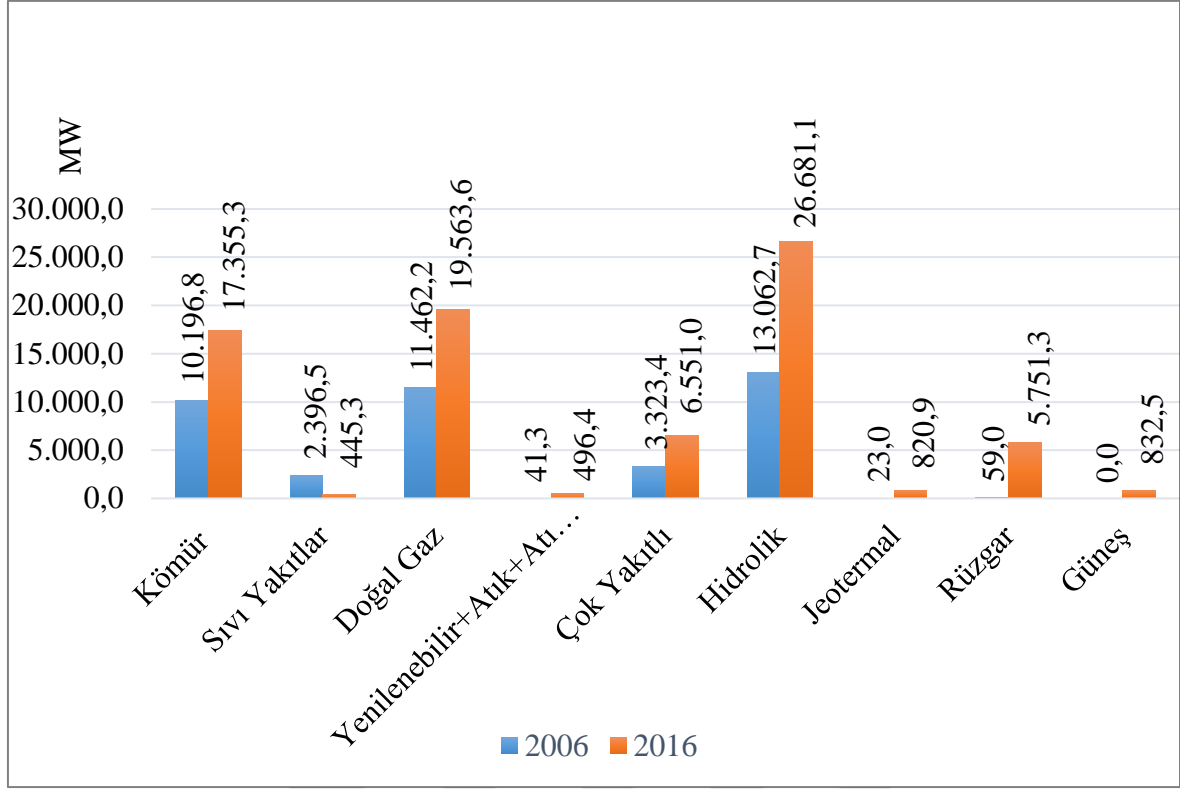
Şekil 4.2' de gösterildiği gibi 2016 yılı verilerine göre kurulu güçteki yenilenebilir enerji oranlarına bakarsak en fazla oran yüzde 33,99 ile hidrolik enerjideyken yüzde 7,33 ile rüzgâr, yüzde 1,06 ile güneş, yüzde 1,05 ile de jeotermal enerjinin takip ettiği görülmektedir [4].



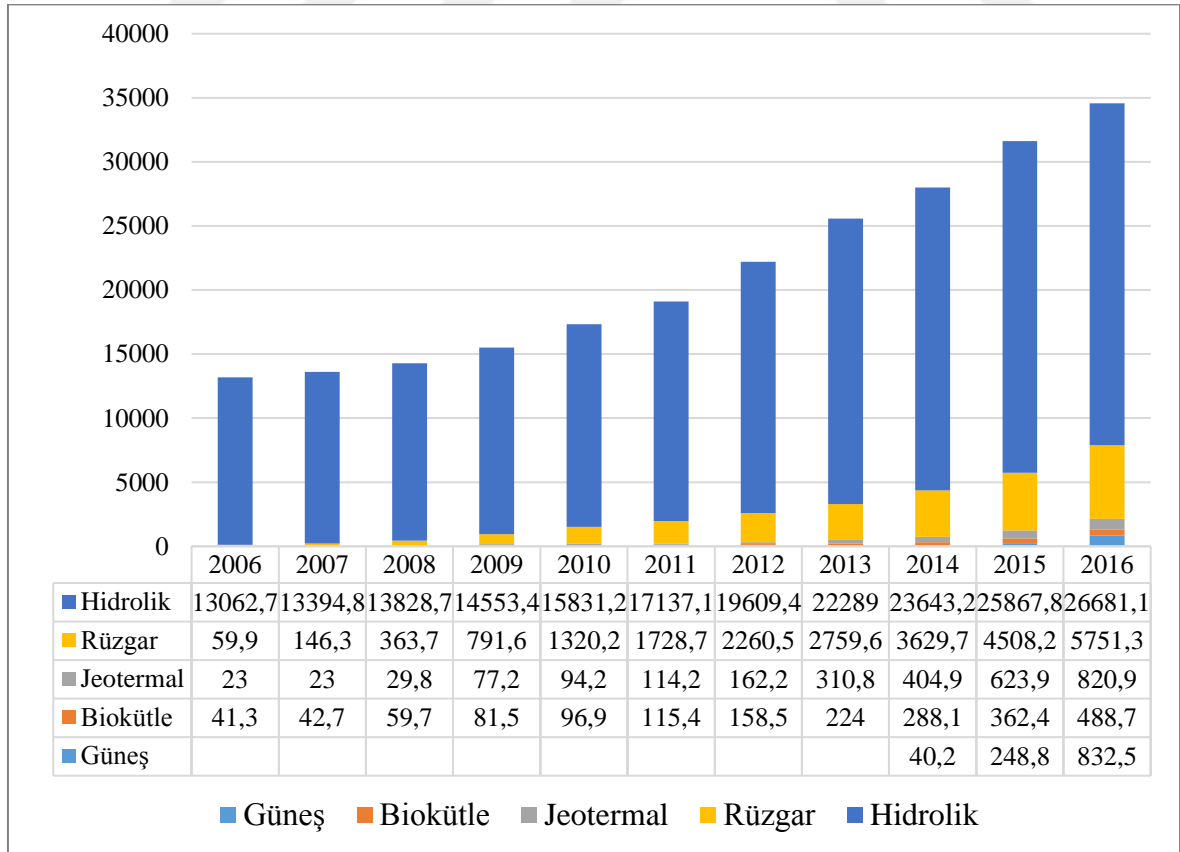
Şekil 4.2. Kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (2016) [4]

Şekil 4.3' de Türkiye için 2006 ve 2016 yıllarına bakıldığında kurulu gücün birinci enerji kaynaklarına göre değişimi görülmektedir. Şekil 4.4 'de on yıllık bir süre içinde yenilenebilir enerji kullanım oranlarının arttığını gözlemlenmektedir. On yıl önce 2006 yılında güneş enerjisi miktarı sıfıra yakın iken on yıl sonra 832,5 MW'ye çıkmıştır. Yine bu süre içinde hidrolik enerji yaklaşık 13619 MW'lik bir artış gösterirken jeotermal enerji yaklaşık 797 MW, rüzgâr enerjisi ise 5692 MW'lik bir artış göstermiştir [4].





Şekil 4.3. 2006 ve 2016 Yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü [4]



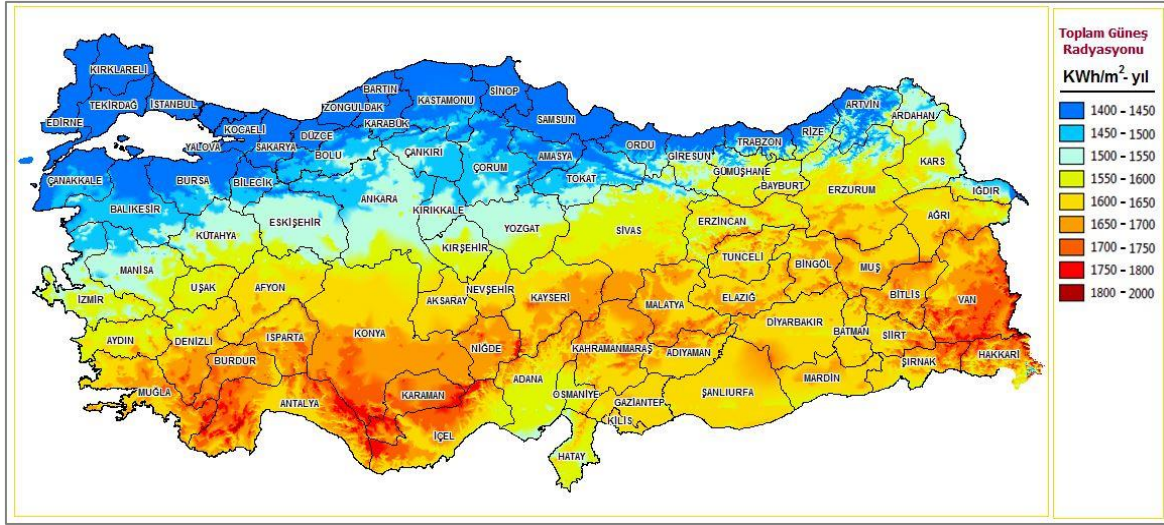
Şekil 4.4. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarına göre kurulu gücü değişimi [4]

Elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2017 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla 3.098'e (Lisanssız santraller dahil) yükselmiştir. Mevcut santrallerin 613 adedi hidroelektrik, 40 adedi kömür, 186 adedi rüzgâr, 33 adedi jeotermal, 288 adedi doğal gaz, 1.773 adedi güneş, 165 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir [2].

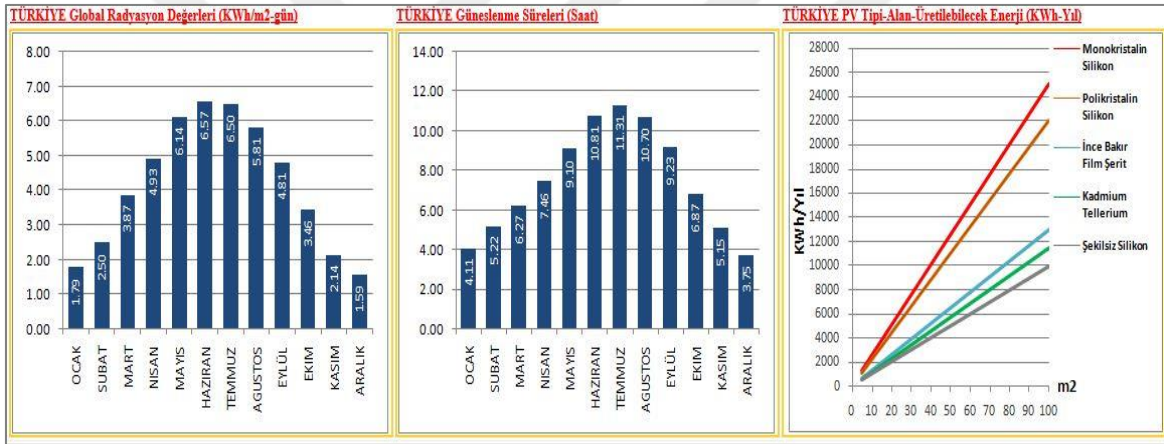
#### **4.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi**

Türkiye ortalama güneşlenme süreleri bakımından birçok gelişmiş ülkeye göre avantajlı bir durumdadır fakat bu avantaj yeterince değerlendirilmemektedir. Doğru seçilmiş bir yerde kurulan güneş enerjisi santrali sayesinde yatırımın geri dönüş süresi kısaltılıp, kar oranı yükseltilebilir, Türkiye'ye ekonomik fayda sağlanırken, fosil kaynaklı bir santralin çevreye vereceği zararda önlenmiş olacaktır [43].

Son yıllarda Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların arttığı görülmektedir. 2011 yılından bu yana Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü güneş ile ilgili çalışmaları yürütmektedir. İlk olarak EİE 1968-1982 yılları güneşlenme verilerini değerlendirmiş ve sonuç olarak Türkiye'nin yıllık ortalama güneş radyasyonu 3,6 kW saat/m<sup>2</sup>-gün ve güneşlenme süresi 2640 saat olarak elde etmiştir. Fakat çalışmanın güneş enerjisi değerlendirme çalışmaları açısından yeterli olmadığına karar verilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ile birlikte yürütülen bir çalışma ile çeşitli yerlere istasyonlar yerleştirilerek elde edilen veriler haritalandırılarak Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası olarak Harita 4.1 elde edilmiştir. Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritasında Türkiye'nin global radyasyon değerleri, güneşlenme süreleri ve üretilebilecek potansiyel enerji miktarları Şekil 4.5'de verilmiştir. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre, Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat, yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kW saat/m<sup>2</sup> dir [41].

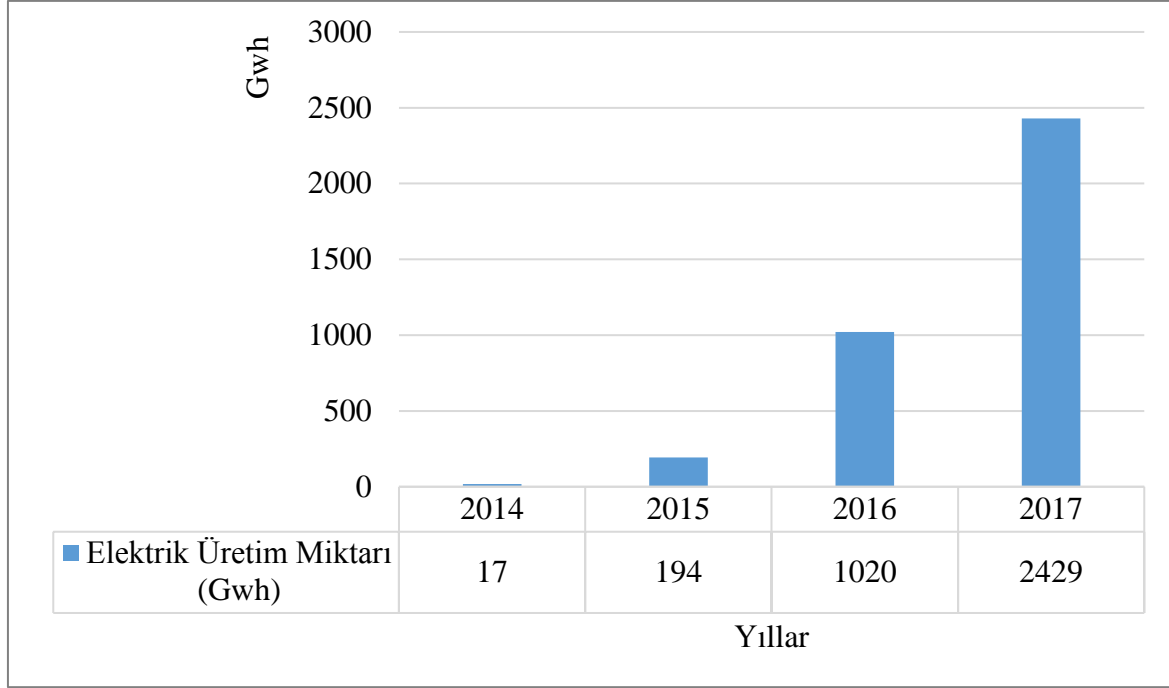


Harita 4.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) [41]



Şekil 4.5. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli grafikleri [41]

2014-2017 yılları arası güneş enerjisi elektrik üretim miktarları Şekil 4.6 'da gösterilmiştir. 2017 yılı üretimi sadece Ocak - Ekim dönemini kapsamaktadır [42].



Şekil 4.6. Yıllara göre güneş enerjisi ile elektrik üretim miktarı [42]



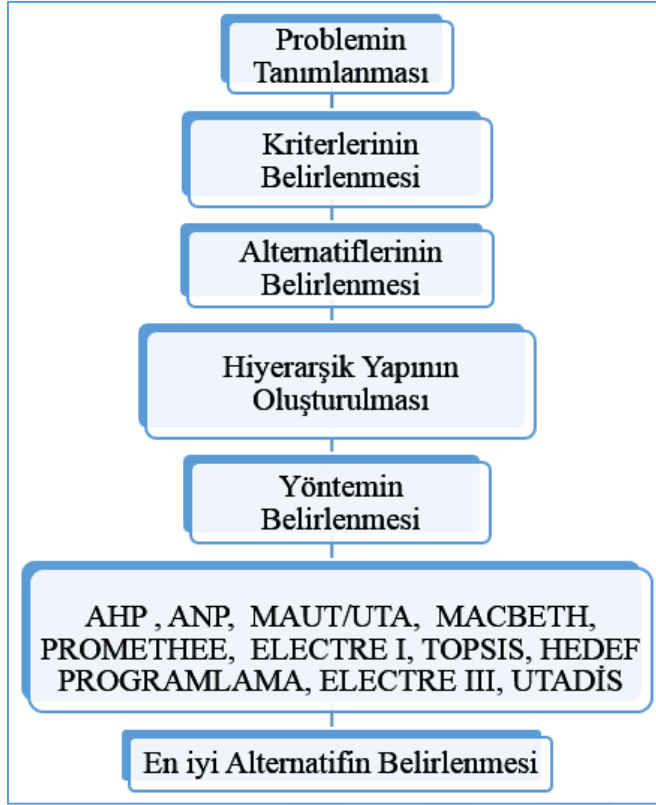
## 5. PROBLEM ÇÖZÜMÜ

### 5.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Hayatın her aşamasında seçim yapılması gereken durumlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Alternatifler ve kriterler arttıkça seçim yapma işlemi karmaşıklaşır. Böyle durumlarda çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmak yapılacak işi kolaylaştırabilir. Aynı zamanda çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanılarak daha sağlıklı kararlar verilebilir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile belirli sayıdaki alternatif arasında ağırlıklandırılmış kriterlere göre karşılaştırma ve derecelendirme işlemi yapılmaktadır. Böylece çatışan niteliklere sahip alternatifler arasından en iyisi bulunmaktadır. Öncelikle alternatifler ve kriterler tanımlanır daha sonra her bir alternatifin her bir kritere göre ölçümleri elde edilerek kriterlere göre ağırlıkları bulunmaktadır. Belirlenen kriter ağırlıkları ve alternatiflerin tek kriterli değer ölçümleri bir bütünleştirme modeli ile birleştirilerek alternatiflerin bütünsel değerleri saptanmaktadır [44].

Çok kriterli karar verme yöntemleri sınıflandırma, seçim, ve sıralama olmak üzere üç sınıfa ayrılarak incelenebilir. İş hayatında karşılaşılan ve karar vermek durumunda kalınan stratejiler, projeler, teklifler, politikalar, krediler, ürünler, yenilikler, tasarımlar, maliyetler, karlar gibi birçok olay seçim, sıralama ve sınıflandırma yöntemleri ile modellenerek daha kolay çözümlenebilir [45]. Yine günlük hayatta karşılaşılan ev alma, araba alma gibi problemler de bu yöntemler kullanılarak daha sağlıklı bir şekilde çözülebilir. Şekil 5.1'de çok kriterli karar verme yöntemlerinin çözüm süreci verilmiştir [46].



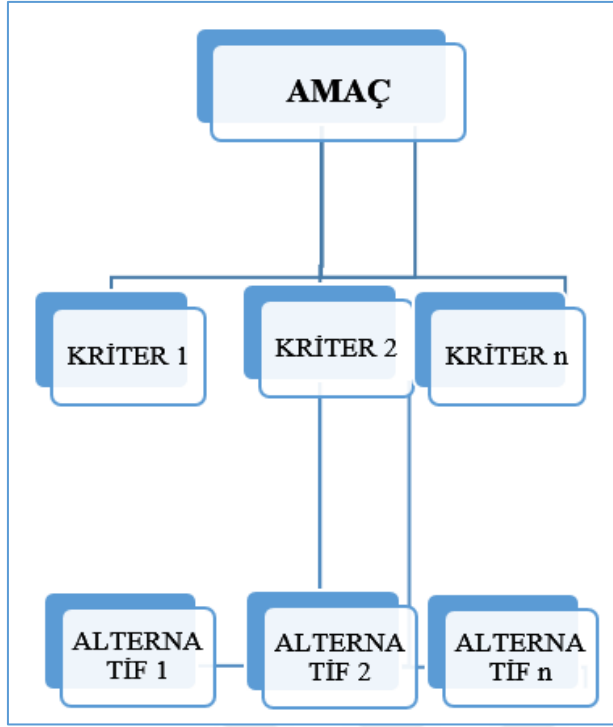
Şekil 5.1. Çok kriterli karar verme süreci [46]

## 5.2. AHP

AHP, matematik ve psikolojiye dayanılarak Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemidir. Karar hiyerarşisi oluşturulduğunda kararı etkileyen kriterler açısından alternatiflerin yüzde dağılımlarını veren bir yöntemdir. AHP önceden belirlenmiş bir karar çizelgesini kullanarak, kararı etkileyen kriterler için alternatiflerin birebir karşılaştırılmalarına dayanmaktadır. Sonuç olarak alternatiflerin önem değerleri bulunur ve yüzdelik dağılıma dönüşmektedir. AHP karmaşık problemlerle başa çıkmayı sağlayan, karar vericiye yardım eden bir yöntemdir [47].

AHP modeli uygulanırken problem ve karşılaştırmalar arasında bağlantı kurmak için hiyerarşik bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Genel olarak hiyerarşik bir model amaç, kriterler ve seçim yapılacak alternatiflerden oluşmaktadır [48].

1. *Adım*: Amaç, kriterler ve alternatifler belirlenir. Şekil 5.2’de gösterildiği gibi amaç en üst seviye, kriterler orta seviye ve alternatifler en alt seviyede olmak üzere hiyerarşik bir yapı oluşturulur [49].



Şekil 5.2. AHP süreci [49]

2. *Adım*: Her bir kriter için alternatiflerin karşılaştırıldığı, kriterlerin de kendi aralarında karşılaştırıldığı karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Matrisler kriterlerin ve alternatiflerin birbirlerine karşı önem derecelerini içeren Eş. 5.1 'de gösterildiği gibi  $(n \times n)$  şeklindedir. Kriterlerin ve alternatiflerin birbirlerine göre önem dereceleri Çizelge 5.1 'deki Saaty önem ölçeğine göre belirlenir [48].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (5.1)$$



Çizelge 5.1. Saaty önem ölçeği [48]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktör aynı derecede önem taşır
3	Biraz daha fazla önemli	Biri diğerine göre biraz daha fazla önem taşır
5	Oldukça önemli	Biri diğerine göre oldukça önem taşır
7	Çok daha önemli	Biri diğerine göre çok daha fazla önem taşır
9	Kesinlikle daha önemli	Biri diğerine göre kesinlikle daha fazla önem taşır
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır

3. *Adım:* Matristeki öğelerin birbirlerine göre üstünlüklerini ifade eden öz vektör hesaplanır. Matrisin  $n \times 1$  boyutunda öz vektörü Eş. 5. 2'deki gibi hesaplanır [50].

$i=1,2,3,\dots,n$  ve  $j=1,2,3,\dots,n$  olmak üzere;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (5.2)$$

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını bulmak amacıyla  $W = [w_i]_{n \times 1}$  ifadesindeki sütun vektörleri hesaplanır.  $W$  sütun vektörü, Eş. 5.2'de belirtilen  $b_{ij}$  değerlerinin oluşturduğu matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir [50].

4. *Adım:* Bütün karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Hesaplanan tutarlılık oranının en fazla 0.10 olması gerekmektedir. Bu şekilde tutarlılık oranı 0.10 ve daha küçük matrisler tutarlı sayılır diğerleri tutarsız kabul edilir. (CR) değerini hesaplamak için  $A$  matrisinin en büyük öz vektörünü ( $\lambda_{max}$ ) Eş. 5.3 ve Eş. 5.4 takip edilerek hesaplamak gerekmektedir [50].

$i=1,2,3,\dots,n$  ve  $j=1,2,3,\dots,n$  olmak üzere,

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (5.3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (5.4)$$

Tutarlılık hesabının son aşamasında rassallık gösterge değerlerine (RI) ihtiyaç duyulur. Çizelge 5.2.'de verilen rassallık değerlerine göre tutarlılık oranı (CR) Eş. 5.5'de görüldüğü gibi hesaplanır [50].

Çizelge 5.2. Rassallık gösterge değerleri [50]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)RI} \quad (5.5)$$

5. Adım: Yukarda belirtilen dört aşama bütün hiyerarşik yapı için hesaplanır. Son aşamada ise n tane kriterin her birinden elde edilen  $m \times 1$  şeklindeki üstünlük sütun vektörlerinden  $m \times n$  şeklindeki DW karar matrisi Eş. 5.6'daki gibi oluşturulur. Elde edilen matris üstünlük vektörü ile çarpıldığında Eş 5.7'deki gibi sonuç vektörü bulunur [50].

$i=1,2,3,\dots,m$  ve  $j=1,2,3,\dots,n$

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (5.6)$$

$$R = DW \times W \quad (5.7)$$

### 5.3. TOPSIS

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından ideal çözüme uzaklık baz alınarak tercih sıralaması yapmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. İdeal çözüm fayda kriterlerini en üst düzeye çıkarırken, negatif çözüm maliyet kriterlerini en alt seviyeye indirmektedir. Bu yöntemde göre en iyi alternatif ideal çözüme en yakın olurken, negatif çözüme ise en uzak olandır [51]. TOPSIS yöntemini uygulamak için aşağıdaki adımlar takip edilir.

1. *Adım:* Amaç, alternatifler ve kriterler belirlenir. Çizelge 5.3’de gösterilen kriterlerin alternatiflere göre gösterdikleri özellikleri içeren karar matrisi oluşturulur [52].

Çizelge 5.3. TOPSIS karar matrisi [52]

Alternatifler	Özellikler		
	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>k</sub>
a <sub>1</sub>	y <sub>11</sub>	y <sub>12</sub>	y <sub>1k</sub>
a <sub>2</sub>	y <sub>21</sub>	y <sub>22</sub>	y <sub>2k</sub>
a <sub>n</sub>	y <sub>n1</sub>	y <sub>n2</sub>	y <sub>nk</sub>

2. *Adım:* Eş 5.8’ deki formül uygulanarak normalize edilmiş karar matrisi elde edilir [52].

$$Z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad i=1, \dots, n; j=1, \dots, k \quad (5.8)$$

3. *Adım:* Eş. 5.9’a göre ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir.  $w_{ij}$  kriterin ağırlığı olarak kabul edilir [51].

$$X_{ij} = w_{ij} \times Z_{ij} \quad i=1, \dots, n; j=1, \dots, k \quad (5.9)$$

4. *Adım:* Her kolondaki maksimum ve minimum değerler belirlenir [52].

$$A^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_k^*\} \text{ (maksimum değerler)}$$

$$A^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_k^-\} \text{ (minimum değerler)}$$

5. *Adım:* Eş 5.10’a göre maksimum ideal noktaya uzaklık hesaplanır [52].

$$S_i^* = \sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^*)^2 \quad i=1, \dots, n \quad (5.10)$$

6. *Adım:* Eş. 5.11’e göre minimum ideal noktaya uzaklık hesaplanır [52].

$$S_i^- = \sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^-)^2 \quad i=1, \dots, n \quad (5.11)$$

7. *Adım*: Eş. 5.12'e göre ideal çözüme göreli yakınlık hesaplanır [53].

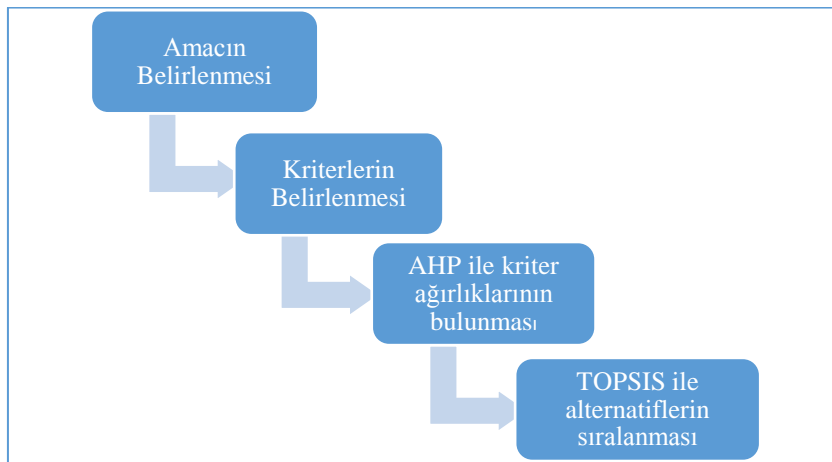
$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad i=1, \dots, n \quad (5.12)$$

8. *Adım*:  $C_i^*$  değerlerine göre alternatifler arasında en iyisi başta olmak üzere bir sıralama yapılır.

#### 5.4. Çalışma Metodolojisi

Bu çalışmada Şekil 5.3'de gösterilen AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birleşmesinden oluşan bir yaklaşımdan faydalanılmıştır. AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, TOPSIS yöntemi ile en uygun il başta olmak üzere değerlendirmeye alınan iller arasında uygunluk sıralaması yapılmıştır. AHP uygulaması Super Decision 2.6.0 programı kullanılarak, TOPSIS uygulaması Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır.

Yapılmış olan literatür çalışmasına bakıldığında son yıllarda birden fazla çok kriterli karar verme yöntemini kullanan hibrid çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu tez çalışmasında da AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılma sebebi kriter ağırlıklarını bulmak için uygun yöntemin AHP olduğu düşünülürken, alternatifler arasında bir seçim ve sıralama yapılması planlandığından buna en uygun yöntemlerden biri olan TOPSIS çalışmanın ikinci kısmı için uygun görülmüştür.



Şekil 5.3. Çalışma metodolojisi



## 6. YÖNTEMİN UYGULAMASI

### 6.1. Ana Kriterler, Alt Kriterler ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Amacı etkileyen ana kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesi için literatür araştırması ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nde görev yapan uzmanların görüşleri dikkate alınmıştır. Ayrıca YEGM' in belirlediği güneş enerjisi santrali için ideal bölge seçiminde dikkate alınması gereken kriterler de incelenmiştir. Amacı etkileyen 4 ana kriter ve bunların alt kriterleri belirlenmiştir.

#### 6.1.1. Ekonomik kriterler

Bir güneş santrali yatırımı için ekonomik kriterler hem ülke ekonomisi hem yatırımcı için oldukça önemlidir. Ekonomik açıdan uygun seçilmiş bir yerde kurulan güneş enerjisi santrali kar sağlayarak hem yeni yatırımcıları bu alanda yatırım yapmaya teşvik ederek güneş enerjisi santrallerin yaygınlaşmasını sağlayacak hem de ülke içerisinde ekonomik olarak verimli yatırımların yapılmış olmasını sağlayacaktır. Ekonomik kriterler olarak 3 tane alt kriter belirlenmiştir:

##### Trafo tarife bölgeleri

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde, üretimden tüketime kadar trafo merkezi ile bağlantı sağlanır. Bu nedenle trafo merkezleri güneş santralleri için önemli bir elemandır. Türkiye 14 trafo tarife bölgesine bölünmüştür. Trafo kullanım bedelleri bu bölgelere göre farklılık göstermektedir. Trafo kullanım bedelinin düşük olması güneş enerji santrali yer seçimi için avantajlı bir durumdur.

##### Bölgesel teşvik uygulamaları

Devlet bölgeler arasında gelişmişlik düzeyi dengesini sağlamak için bölgelere göre yatırımcılara teşvik sağlar. Türkiye bölgesel teşvik uygulamaları açısından 6 bölgeye bölünmüştür [54]. Güneş santrali yatırımlarında iller buldukları bölgeye göre teşvik alabilirler.

### Arazi maliyetler

Güneş enerjisi santralleri kurulduğu arazinin tarım yapılabilirliğini olumsuz etkiler. Bu nedenle sulak ve tarım arazisi olmayan kıraç arazilere kurulmalıdır [58]. Her ilde kıraç arazilerin metrekare fiyatları farklılık gösterir. Yani güneş santrallerinin tarımsal arazilere kurulmaması gerekir bu nedenle arazi fiyatları olarak kıraç arazi fiyatları baz alınmıştır. Arazi maliyetleri güneş santrali yatırımını ekonomik anlamda etkileyen önemli bir kriterdir.

### **6.1.2. Teknik kriterler**

Güneş enerjisi santrali için kurulacak bölgenin güneşlenme süresi, güneş radyasyonu ve üretilebilecek enerji potansiyeli verimliliği etkileyen önemli kriterlerdir.

#### Güneşlenme süresi

Türkiye genel olarak güneşlenme süresi bakımından şanslı bir ülke olmakla birlikte yine de iller arasında daha avantajlı olanlar vardır. Bu nedenle güneşlenme süresi teknik kriterle alt kriter olarak belirlenmiştir. İllerin güneşlenme süreleri için GEPA'dan faydalanılmıştır.

#### Güneş radyasyonu

Güneş radyasyonun yüksek olması güneş santralinden verim almayı olumlu yönde etkilemektedir. Güneşlenme süresi gibi güneş radyasyonu da illere göre farklılık göstermektedir. Güneş santrali kurmak için güneş radyasyonun yüksek olduğu illeri seçmek avantajlıdır.

#### Üretilebilecek enerji miktarı

Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritasında (GEPA) illere göre üretilebilecek PV tipi miktarı verilmiştir. Bu potansiyelin yüksek olduğu illeri güneş santrali için seçilmesi avantaj sağlayacak bir husustur.

### 6.1.3. Coğrafi kriterler

Türkiye coğrafi açıdan zengin, farklı özellikleri barındıran bir ülkedir. Coğrafi özellikler bölgelere hatta illere göre farklılık göstermektedir. Güneş santralleri kurulumu içinde coğrafi özellikler kaynaklı deprem, erozyon gibi riskleri dikkate almak gerekmektedir. Santralin kurulu olduğu alanda deprem, erozyon olması santrale büyük zarar verebilir hatta kullanılamaz duruma getirebilir bu nedenle bu gibi risklerin daha az olduğu yerlerin seçimi faydalı olacaktır. Yine iklim farklılıkları da Türkiye'nin önemli özellikleri arasında yer almaktadır. Yağış miktarı, karlı gün sayısı illere göre farklılık gösteren ve güneş santrallerini etkileyebilecek durumlardır. Bu nedenle deprem riski, erozyon riski, yağış miktarı ve karlı gün sayısı coğrafi kriterlere alt kriterler olarak belirlenmiştir.

#### Ortalama yağış miktarı

Güneş enerjisi santralının kurulduğu bölgede yıllık yağış miktarının düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle yağış miktarı düşük illere öncelik verilmelidir.

#### Karlı gün sayısı

Yıllık karla örtülü gün sayısının fazla olması da yine güneş santralini olumsuz etkileyen bir faktör olmaktadır.

#### Deprem riski

Türkiye yüz ölçümünün % 42'si gibi büyük bir bölümü birinci derece deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye için deprem dikkate alınması gereken bir durum olmaktadır. Türkiye 5 deprem bölgesine ayrılmıştır. İllere göre deprem riski farklılık gösterir. Kurulan güneş santralinin riskin daha az olduğu illerde kurulması hasar görme ve kullanılamaz duruma gelme riskini azaltacaktır [55].

#### Erozyon riski

Türkiye'de erozyon önemli bir sorundur. Topraklarımızın büyük bir bölümünde erozyon görülmektedir. Erozyon en büyük sebeplerinden biriside insan etkisidir. İnsanların bitki örtüsünü tahrip etmesi erozyona yol açmaktadır. Güneş santralleri de toprağa zarar



verebilecek bir tesistir. Bu nedenle erozyon riskinin daha düşük olduğu illerde kurulması coğrafik açıdan ülkeye verilecek zararı engelleyebilir.

#### 6.1.4. Sosyal kriterler

İşsizlik ve iş gücü bir ülke için önemli sosyal konulardır. Ülkeye kurulan tesisler insanlara iş alanı sağlayacaktır. Güneş enerji santralleri de kuruldukları illerde insanlara istihdam yaratacaktır. Çizelge 6.1’de 2015 ve 2016 verilerine göre dünya üzerinde direk veya dolaylı olarak güneş enerjisi elektrik üretimi işinde çalışan insanların tahmini sayısı verilmiştir [36].

Çizelge 6.1. Güneş enerjisi tesislerinde çalışan sayıları [36]

	Dünya	Çin	Brezilya	Amerika	Hindistan	Japonya	Bangladeş	Avrupa Birliği		
								Almanya	Fransa	Geri Kalan Avrupa
(Bin)										
Güneş Panelleri	3095	1962	4	241,9	121	302	140	31.6	16	67
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi	23	11	-	-	5.2	-	-	0.7	-	33
Güneş Isıtma ve Soğutma Sistemleri	828	690	43.4	13	13.8	0.7	-	9.9	5.5	20

#### İşsizlik

Türkiye’de işsizlik illere göre farklılık göstermektedir. İşsizliğin yüksek olduğu illerde kurulan güneş santralleri istihdam yaratarak ülkeye sosyal fayda sağlayacaktır.

#### İşgücü

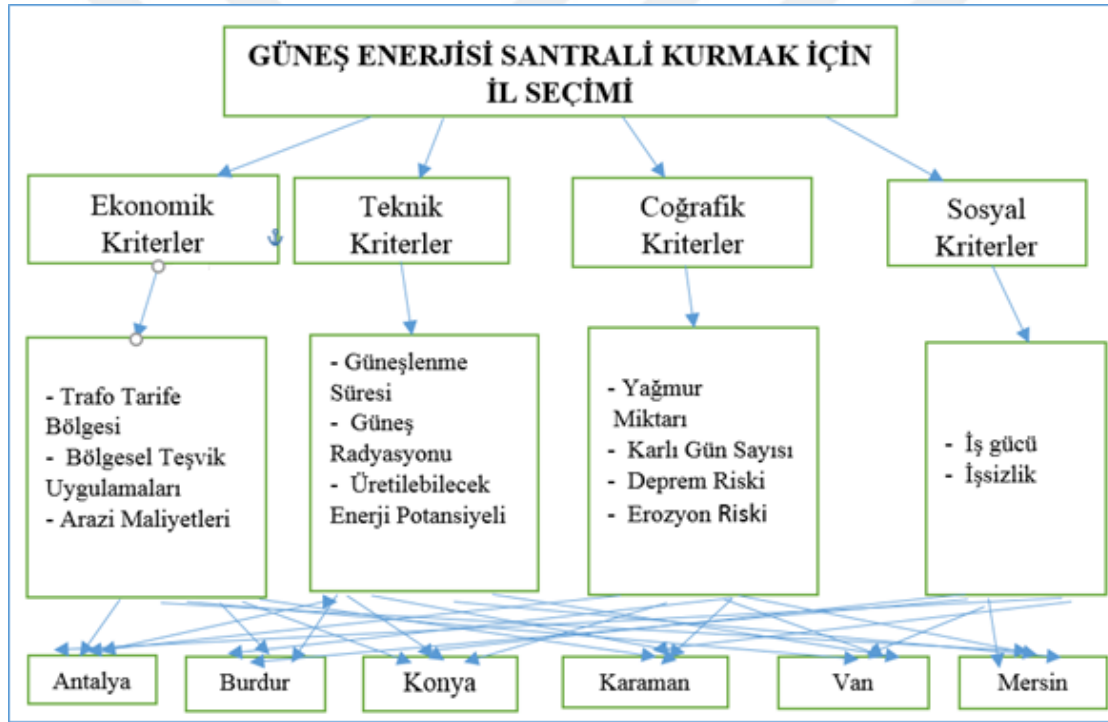
Kurulan tesislerde çalışacak personelin bulunmaması ya da kısıtlı sayıda olması olumsuz bir etki kabul edilir. Bu nedenle işgücü potansiyelinin yüksek olduğu illerde bu yatırımı yapmak daha mantıklıdır.

## 6.2. Alternatiflerin Belirlenmesi

Güneş santrali kurmak için alternatifler belirlenirken Türkiye Güneş Enerjisi Haritası (GEPA) kaynak alınmış ve güneşlenme süresi ile güneş radyasyonu diğer illere göre daha yüksek olan 6 il Antalya, Burdur, Konya, Karaman, Mersin ve Van seçilmiştir.

## 6.3. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Şekil 6.1. de gösterildiği gibi amaç, kriterler alternatifleri kapsayan hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur.



Şekil 6.1. Problemin AHP modeli

## 6.4. AHP Uygulaması ile Kriter Ağırlıklarının Bulunması

Ahp uygulaması için şu adımlar izlenmiştir

1. *Adım:* Ana kriterlerin birbirleriyle ana kriterler için alt kriterlerinin birbirleriyle karşılaştırıldığı karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Karşılaştırma matrisleri anket haline getirilerek Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünde çalışan 10 uzmana verilmiş ve doldurması istenmiştir. Uzmanlardan doldurulması istenen anket EK-3 de verilmiştir.

Her bir uzmana uygulanan anket sonucunda elde edilen karşılaştırma verileri EK-4 de çizelge halinde verilmiştir. 10 uzmanın yaptığı karşılaştırmaların geometrik ortalaması alınarak Çizelge 6.2, Çizelge 6.3, Çizelge 6.4, Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6 ‘daki ortalama karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.2. Ana kriterler karşılaştırma matrisi

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	1,550	3,551	5,842
EKONOMİK KRİTERLER	0,645	1	2,664	4,974
COĞRAFİK KRİTERLER	0,282	0,422	1	2,337
SOSYAL KRİTERLER	0,171	0,201	0,423	1

Çizelge 6.3. Ekonomik kriterler karşılaştırma matrisi

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFÖ TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ
TRAFÖ TARİFE BÖLGESİ	1	0,432	0,230
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	2,314	1	0,512
ARAZİ MALİYETLERİ	4,342	1,951	1

Çizelge 6.4. Teknik kriterler karşılaştırma matrisi

TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1,297	2,141
GÜNEŞLENME SÜRESİ	0,771	1	1,866
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	0,467	0,536	1

Çizelge 6.5. Sosyal kriterler karşılaştırma matrisi

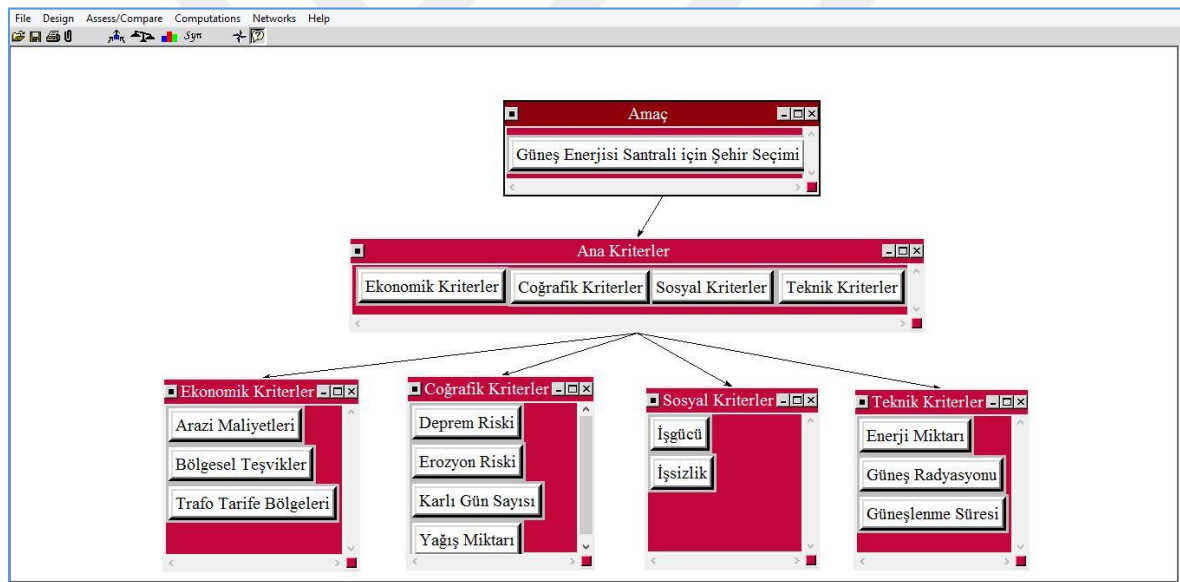
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI	İŞGÜCÜ
İŞSİZLİK ORANI	1	2,238
İŞGÜCÜ	0,447	1

Çizelge 6.6. Coğrafik kriterler karşılaştırma matrisi

COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	0,728	0,269	0,411
EROZYON RİSKİ	1,374	1	0,358	0,578
YAĞMUR MİKTARI	3,722	2,796	1	2,024
KARLI GÜN SAYISI	2,430	1,730	0,494	1

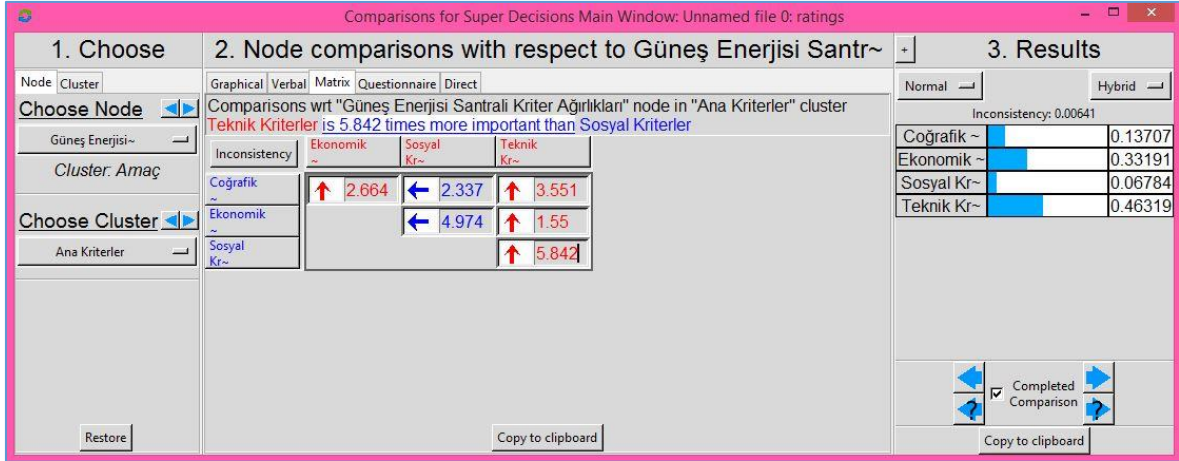
2. Adım : Super Decision Programı ile AHP uygulaması yapılmıştır.

- Programında veriler girilerek hiyerarşik model oluşturulmuştur ve Resim 6.1' de gösterilen çıktı elde edilmiştir.



Resim 6.1. Super Decision AHP model çıktısı

- 10 uzmanın değerlendirdiği karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınarak elde edilen karşılaştırma matrislerindeki değerler girilerek Resim 6.2 ve Çizelge 6.7' de gösterilen ana kriterlerin birbirlerine göre ağırlıkları bulunmuştur. Tutarlılık oranları kontrol edilerek tutarlılık oranı 0,1 ve küçük olan sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır. Bütün karşılaştırmalarda tutarlılık oranı 0,1 den küçük olduğu için sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır.

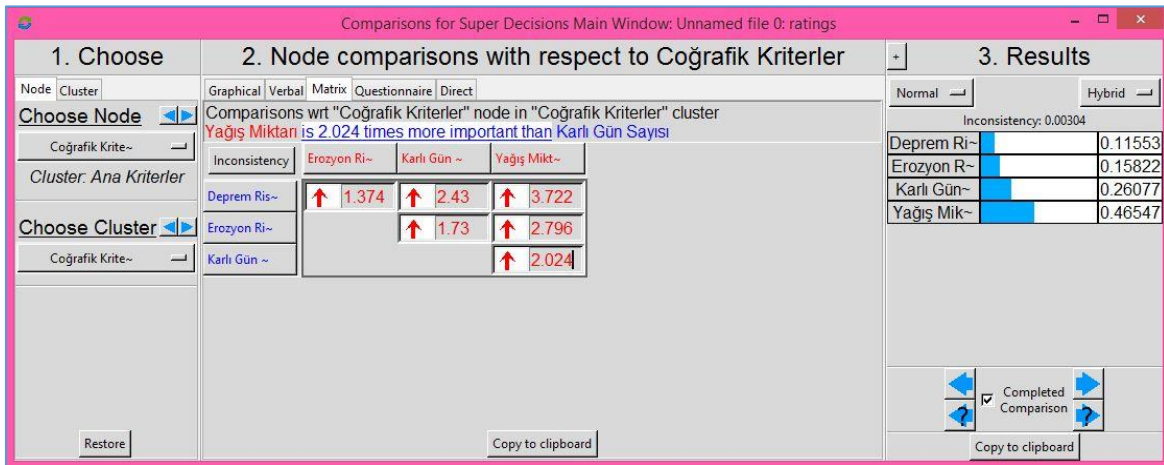


Resim 6.2. Super Decision ana kriterler karşılaştırma çıktısı

Çizelge 6.7. Ana kriterler ağırlık tablosu

ANA KRİTERLER				
INCONSISTENCY: 0,00641				
	Coğrafiik Kriterler	Ekonomik Kriterler	Sosyal Kriterler	Teknik Kriterler
Coğrafiik Kriterler	1,0	0,375	2,337	0,282
Ekonomik Kriterler	2,664	1,0	4,974	0,645
Sosyal Kriterler	0,428	0,201	1,0	0,171
Teknik Kriterler	3,551	1,55	5,842	1,0

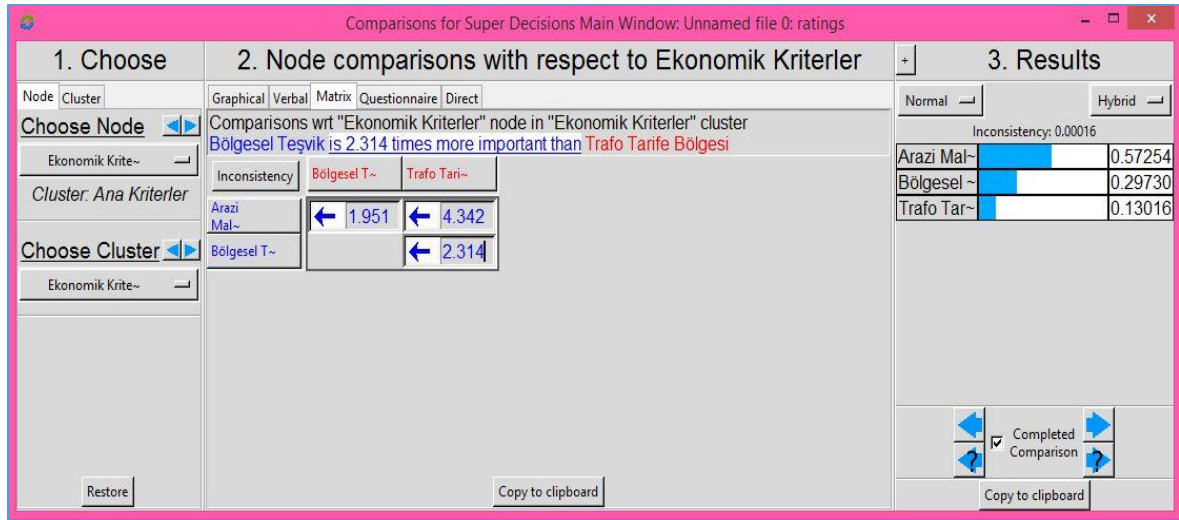
- Resim 6.3, Resim 6.4, Resim 6.5 ve Resim 6.6 ile Çizelge 6.8, Çizelge 6.9, Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11 'de gösterildiği gibi her bir ana kriter bazında alt kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur.



Resim 6.3. Super Decision coğrafiik kriterler karşılaştırma çıktısı

Çizelge 6.8. Coğrafik kriterler ağırlık tablosu

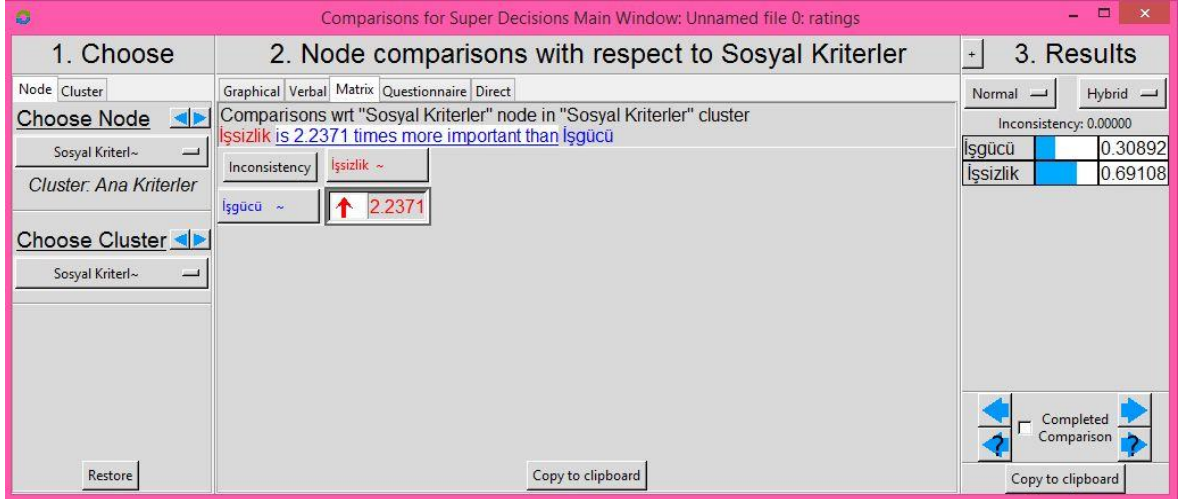
COĞRAFİK KRİTERLER				
INCONSISTENCY: 0,00304				
	Deprem Riski	Erozyon Riski	Karlı Gün Sayısı	Yağış Miktarı
Deprem Riski	1,0	0,728	0,412	0,269
Erozyon Riski	1,374	1,0	0,578	0,358
Karlı Gün Sayısı	2,430	17,300	1,0	0,494
Yağış Miktarı	3,722	27,960	20,240	1,0



Resim 6.4. Super Decision ekonomik kriterler karşılaştırma çıktısı

Çizelge 6.9. Ekonomik kriterler ağırlık tablosu

EKONOMİK KRİTERLER			
INCONSISTENCY: 0,00016			
	Arazi Maliyetleri	Bölgesel Teşvik	Trafo Tarife Bölgesi
Arazi Maliyetleri	1,0	1,951	4,342
Bölgesel Teşvik	0,513	1,0	2,314
Trafo Tarife Bölgesi	0,230	0,432	1,0



Resim 6.5. Super Decision sosyal kriterlerler karşılaştırma çıktısı

Çizelge 6.10. Sosyal kriterler ağırlık tablosu

SOSYAL KRİTERLER		
INCONSISTENCY: 0,000		
	İşgücü	İşsizlik
İşgücü	1,0	0,447
İşsizlik	2,237	1,0



Resim 6.6. Super Decision teknik kriterler karşılaştırma çıktısı

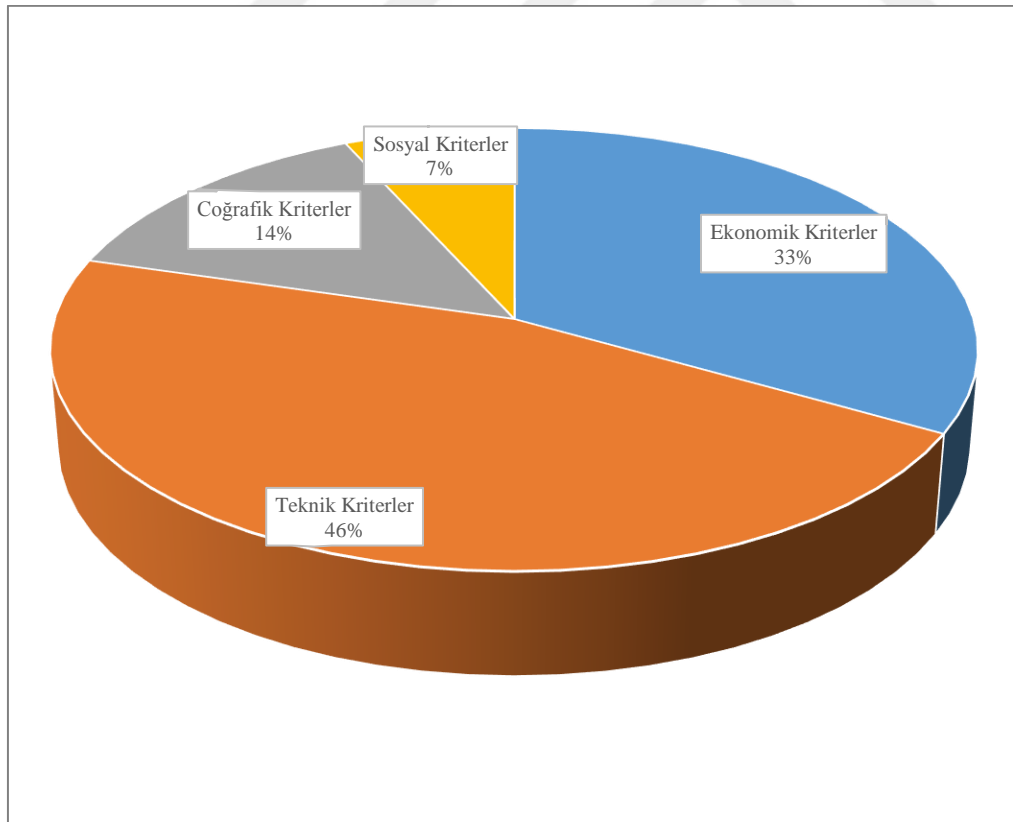
Çizelge 6.11. Teknik kriterler ağırlık tablosu

TEKNİK KRİTERLER			
INCONSISTENCY: 0,00161			
	Güneş Radyasyonu	Güneşlenme Süresi	Üretilebilecek Enerji
Güneş Radyasyonu	1,0	1,297	2,141
Güneşlenme Süresi	0,771	1,0	1,866
Üretilebilecek Enerji	0,467	0,535	1,0

- Resim 6.7’de ve Resim 6.8 ile Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterilen ana kriterlerin ve alt kriterlerin birleşik olarak ağırlıkları bulunmuştur.

Ratings for Super Decisions Main Window: Unnamed file 0: ratings					
Super Decisions Ratings					
Priorities	Totals	Ekonomik Kriterler	Teknik Kriterler	Coğrafik Kriterler	Sosyal Kriterler
		0.331905	0.463187	0.137072	0.067836

Resim 6.7. Super Decision ana kriter ağırlıkları

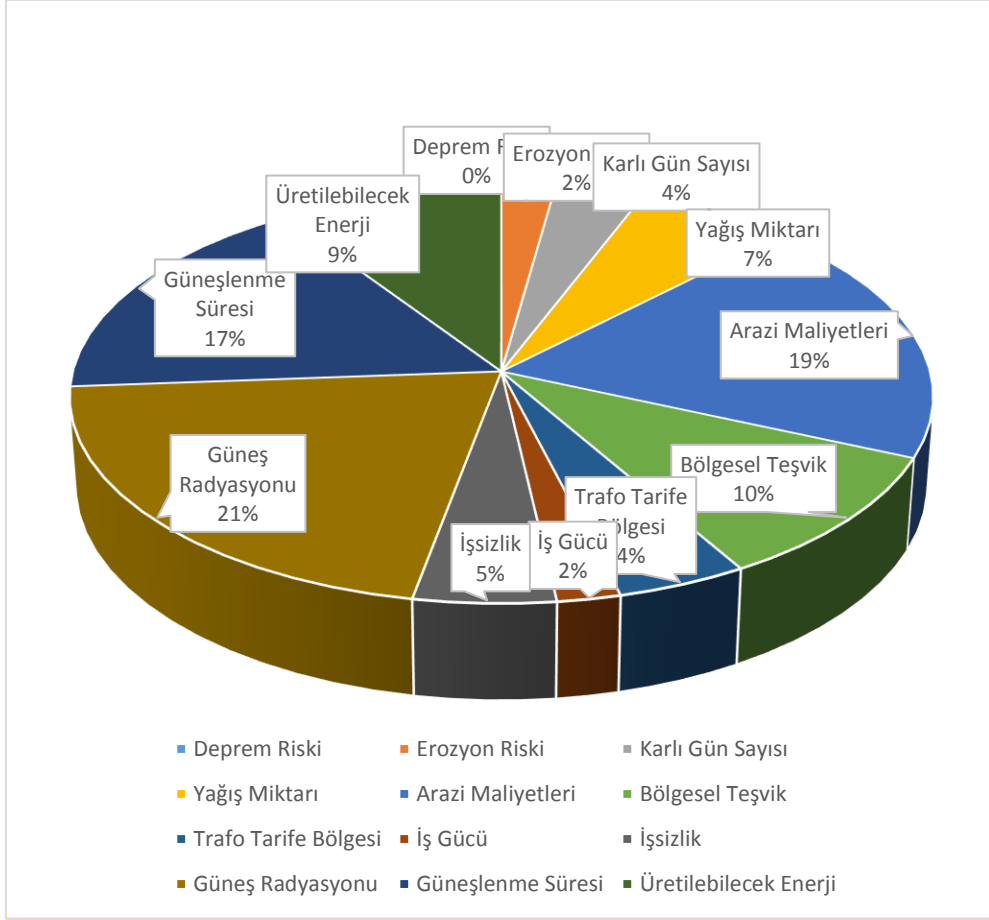


Şekil 6.1. Ana kriter ağırlıkları grafiği



Ratings for Super Decisions Main Window: Unnamed file 0: ratings													
Super Decisions Ratings													
Priority:	Totals:	Deprem Riski	Erozyon Riski	Karlı Gün Sayısı	Yağış Miktarı	Arazi Maliyetleri	Bölgesel Teşvik	Trafo Tarife Bölgesi	İşgücü	İşsizlik	Güneş Radyasyonu	Güneşlenme Süresi	Üretililecek Enerji
		0.015836	0.021888	0.035744	0.063802	0.130030	0.088878	0.043200	0.020956	0.048880	0.205720	0.185228	0.052240

Resim 6.8. Super Decision alt kriter ağırlıkları



Şekil 6.2. Kriter ağırlıkları grafiği

### 6.5. TOPSIS Uygulaması ile En İyi Alternatifin Belirlenmesi

- AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS ile alternatiflerin sıralanmasında kullanılmıştır. Bir karar matrisindeki kriterler niteliksel veya niceliksel olarak ifade edilebilir. Bu nedenle, kriterler arasında bir birim farkı vardır. Karar matrisindeki değerleri ortak bir ifadeye dönüştürmek için, Çizelge 6.12'deki niteliksel değerlerin nicelikleme ölçeği kullanılmıştır [43].

Çizelge 6.12. Nitel ifadeleri sayısallaştırma örneği [43]

ÖLÇEK	DURUM
9	Çok Yüksek
7	Yüksek
5	Orta
3	Düşük
1	Çok Düşük

### 6.5.1. Ekonomik kriterler

Trafo Tarife Bölgesi: Türkiye kullanım bedelleri farklılık gösteren 14 trafo tarife bölgesine ayrılmıştır. Çizelge 7.13’de alternatiflerin buldukları trafo tarife bölgelerine göre sistem kullanım bedelleri verilmiştir [56].

Çizelge 6.13. Trafo tarife bölgesi kullanım bedelleri [56].

ALTERNATİF	KULLANIM BEDELİ (TL/Mw-Yıl)
Burdur	27.970,58
Antalya	29.392,94
Karaman Konya	32.561,70
Mersin	37.577,48
Van	46.167,30

### Bölgesel teşvik

Türkiye bölgesel teşvik uygulamaları açısından 6 bölgeye bölünmüştür. İllerin yer aldığı teşvik bölgeleri Çizelge 6.14’de, bölgelere göre teşviklerin farklılıkları Resim 6.9’da, sayısallaştırma ölçeğine göre karşılıkları Çizelge 6.15’de verilmiştir [54]. Bölgesel teşvik kriterinin değerlendirmesi nitel ifadeler içerdiği için tabloya göre sayısallaştırma işlemi yapılmıştır.

Çizelge 6.14. Bölgesel teşvik bölgeleri [54]

1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	6. Bölge
Ankara Antalya Bursa Eskişehir İstanbul İzmir Kocaeli Muğla	Adana Aydın Bolu Çanakkale Denizli Edirne Isparta Kayseri Kırklareli Konya Sakarya Tekirdağ Yalova	Balıkesir Bilecik Burdur Gaziantep Karabük Karaman Manisa Mersin Samsun Trabzon Uşak Zonguldak	Afyon Amasya Artvin Bartın Çorum Düzce Elazığ Erzincan Hatay Kastamonu Kırıkkale Kırşehir Kütahya Malatya Nevşehir Rize Sivas	Adıyaman Aksaray Bayburt Çankırı Erzurum Giresun Gümüşhane Kahramanmaraş Kilis Niğde Ordu Osmaniye Sinop Tokat Tunceli Yozgat	Ağrı Ardahan Batman Bingöl Bitlis Diyarbakır Hakkâri İğdir Kars Mardin Muş Siirt Şanlıurfa Şırnak Van

BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARINDA SAĞLANAN DESTEK UNSURLARI								
Destek Unsurları			BÖLGELER					
			I	II	III	IV	V	VI
KDV İstisnası			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gümrük Vergisi Muafiyeti			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı* (%)	OSB ve EB Dışı	15	20	25	30	40	50
		OSB ve EB İçi	20	25	30	40	50	55
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği		OSB ve EB Dışı	2 yıl	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	10 yıl
		OSB ve EB İçi	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	10 yıl	12 yıl
Yatırım Yeri Tahsisi			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Faiz Desteği	İç Kredi				3 Puan	4 Puan	5 Puan	7 Puan
	Döviz / Döviz Endeksli Kredi		-	-	1 Puan	1 Puan	2 Puan	2 Puan
Sigorta Primi İşçi Hissesi Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl

Resim 6.9. Bölgesel teşvikler [54]

Çizelge 6.15. Bölgesel teşvik puanları

ALTERNATİF	BÖLGESEL TEŞVİK DURUMU	PUAN
Burdur	Orta	5
Antalya	Çok Düşük	1
Karaman	Orta	5
Konya	Düşük	3
Mersin	Orta	5
Van	Çok Yüksek	9

### Arazi maliyetleri

Arazi maliyetleri olarak Gelir İdaresi Başkanlığı'nın arazi maliyeti hesaplama sisteminden alternatif illerin kiraç arazi maliyetleri belirlenmiş, Çizelge 6.16'da maliyetler verilmiştir [62].

Çizelge 6.16. Arazi maliyetleri ve puanları [62].

ALTERNATİF	ARAZİ MALİYETİ ( TL/m <sup>2</sup> )
Antalya	0.704
Burdur	0.366
Konya	0.243
Karaman	0.350
Van	0.408
Mersin	0.312

### **6.5.2. Teknik kriterler**

Güneş santrali kurulacak bölgenin sağlaması gereken bazı teknik şartlar vardır. Santralin kurulacağı alanın yıllık güneşlenme süresi en az 2000 saat olmalıdır. Yine ve metrekare başına düşen yıllık 1500 kW saatlik bir güneş enerjisi değeri ve 4 saatlik güneşlenme süresi olan gün sayısının da en az 150 olması gerekmektedir [59]. Alternatif olarak belirlenen bütün iller bu şartları sağlamaktadır.

### Güneşlenme süresi

Çizelge 6.17'de GEPA'dan alternatif iller için günlük ortalama güneşlenme süreleri hesaplanmıştır [60]. EK-1 de alternatif illerin güneşlenme sürelerini gösteren grafikler verilmiştir

Çizelge 6.17. Güneşlenme süreleri ve puanları [60]

ALTERNATİF	GÜNLÜK ORTALAMA GÜNEŞLENME SÜRESİ (m <sup>2</sup> /saat)
Antalya	8.247
Burdur	8.067
Konya	7.940
Karaman	8.240
Van	8.408
Mersin	8.257

### Güneş radyasyonu

GEPA'dan alternatif illerin on iki ay boyunca günlük sahip oldukları güneş radyasyonu miktarları alınmış ve bunların aritmetik ortalaması hesaplanarak her alternatif il için Çizelge 6.18'de gösterilen ortalama radyasyon miktarı bulunmuştur. [60]. EK-1 de alternatif illerin güneş radyasyonlarını gösteren grafikler verilmiştir

Çizelge 6.18. Güneş radyasyonları ve puanları [60]

ALTERNATİF	ORTALAMA GÜNEŞ RADYASYONU (kW saat/m <sup>2</sup> -gün)
Antalya	4.511
Burdur	4.471
Konya	4.408
Karaman	4.550
Van	4.481
Mersin	4.451

### Üretilebilecek enerji

Güneş enerji sisteminin en küçük birimi olan fotovoltaik hücreler farklı maddelerden yapılabilir. Bu Laboratuvarlarda elde edilen en yüksek hücre verimleri kristalsi güneş hücrede %24,5 olurken polikristalsi hücrede %19,8, amorfisi de %12,7, çok katlı güneş hücreleri için ise %40 dır [59]. GEPA 'da farklı maddelere göre üretilebilecek enerji miktarı verilmiş fakat bu çalışma da en yüksek verime sahip olan mono kristalsi güneş hücresi dikkate alınmıştır. Çizelge 6.19'da alternatif illerin enerji potansiyelleri verilmiştir. EK-1 de alternatif illerin üretilebilecek enerji potansiyellerini gösteren grafikler verilmiştir [60].

Çizelge 6.19. Üretilebilecek enerji potansiyelleri [60]

ALTERNATİF	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ (kW saat/yıl)
Antalya	27600
Burdur	27500
Konya	27000
Karaman	28000
Van	27900
Mersin	27000

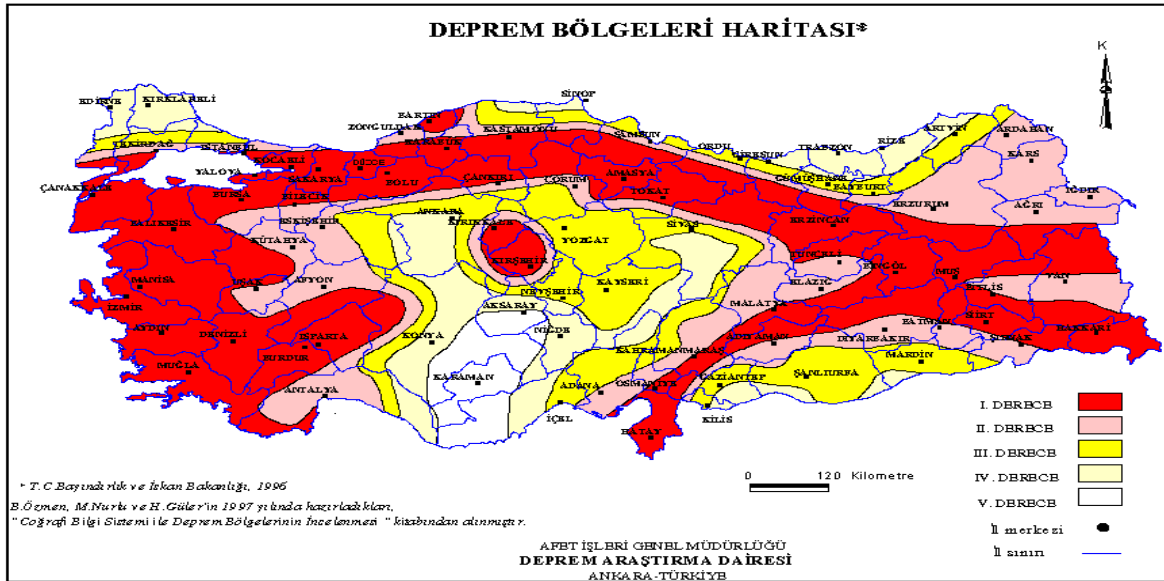


Çizelge 6.21. Yıllık minimum karlı gün sayısı [57]

ALTERNATİF	YILLIK MİNİMUM KARLI GÜN SAYISI (gün)
Antalya	4.04
Burdur	4.04
Konya	17.5
Karaman	17.5
Van	68.3
Mersin	4.04

### Deprem riski

Bu kriter için Harita 6.2'deki Türkiye deprem riskleri haritasına bakarak alternatif illerin hangi deprem bölgesinde olduğu belirlenmiş ve buldukları bölgelere göre nitel ifadelerle yapılan değerlendirme sayısallaştırılmıştır. Çizelge 6.22'de alternatiflerin deprem riskleri ve sayısal değerler, verilmiştir.



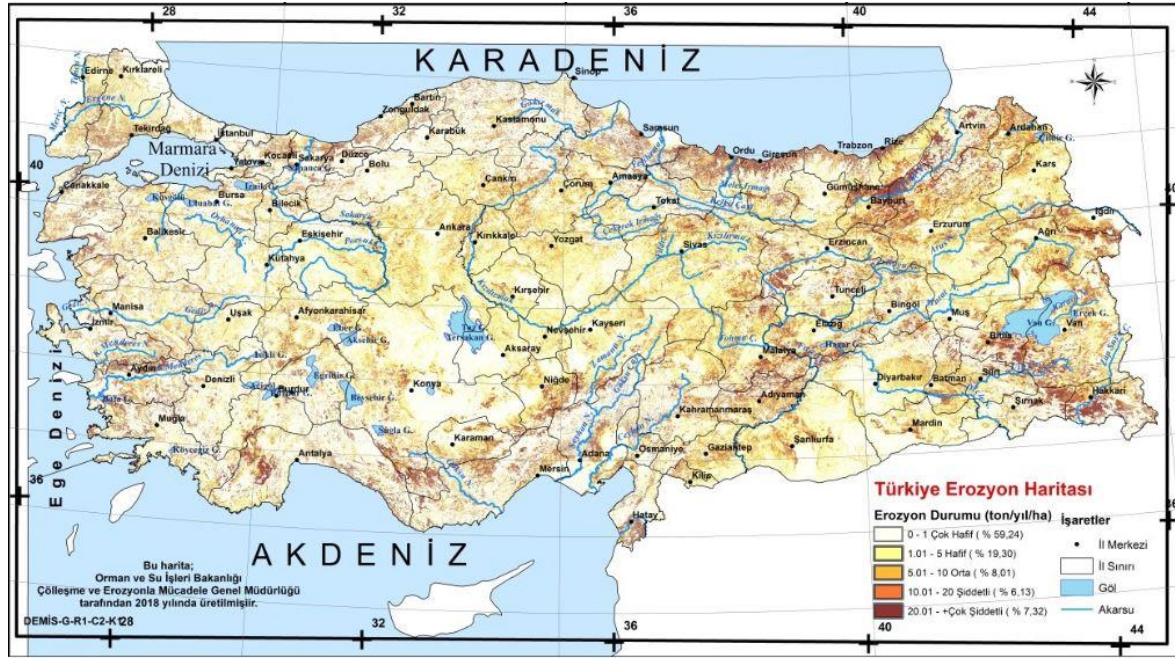
Harita 6.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası

Çizelge 6.22. Deprem bölgeleri ve puanlaması

ALTERNATİF	DEPREM BÖLGESİ	PUAN
Burdur	Çok Yüksek	9
Antalya	Yüksek	7
Karaman	Çok Düşük	1
Konya	Düşük	3
Mersin	Orta	5
Van	Yüksek	7

## Erozyon riski

Erozyon riski için Harita 6.3'deki Türkiye erozyon haritasından faydalanarak alternatif iller değerlendirilmiştir [61]. Çizelge 6.23'de alternatifler erozyon durumlarının sayısal karşılığı verilmiştir.



Harita 6.3. Türkiye erozyon haritası [61]

Çizelge 6.23. Erozyon durumu

ALTERNATİF	EROZYON DURUMU	PUAN
Burdur	Düşük	3
Antalya	Orta	5
Karaman	Yüksek	7
Konya	Yüksek	7
Mersin	Orta	5
Van	Yüksek	7

### 6.5.4. Sosyal kriterler

#### İş gücü

Türkiye iş gücü ve işsizlik durumlarına göre 26 bölgeye ayrılmıştır [63]. Bölgeler EK 2 de verilmiştir. Çizelge 6.24'de alternatiflerin iş gücü oranları verilmiştir.



Çizelge 6.24. İş gücü oranı [63]

ALTERNATİF	İŞ GÜCÜ ORANI (%)
Antalya	4.2
Burdur	4.2
Konya	2.8
Karaman	2.8
Van	1.9
Mersin	4.8

### İşsizlik

Alternatiflerin işsizlik oranları Çizelge 6.25’de verilmiştir. [63]

Çizelge 6.25. İşsizlik oranı [63]

ALTERNATİF	İŞSİZLİK ORANI
Antalya	%11.6
Burdur	%11.6
Konya	%6.1
Karaman	%6.1
Van	%9.2
Mersin	%10.4

- Gerekli adımlar izlenerek Excel ile TOPSIS uygulaması yapılmıştır. Çizelgelerde alt kriterlerin aşağıda verilen kısaltmaları kullanılmıştır.
  - GS= Güneşlenme Süresi
  - GR= Güneş Radyasyonu
  - ÜE= Üretilebilecek Enerji
  - ARM=Arazi Maliyetleri
  - BT=Bölgesel Teşvik
  - TTB=Trafo Tarife Bölgesi
  - DP=Deprem Riski
  - ERZ=Erozyon Riski
  - YM=Yağış Miktarı
  - KG=Karlı Gün Sayısı
  - İŞS=İşsizlik Oranı
  - İŞG=İşgücü Oranı

1. Çizelge 6.26'da bütün alt kriterlere göre alternatiflerin puanlarını içeren karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 6.26. TOPSIS karar matrisi

Karar Matrisinin Oluşturulması												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	8,067	4,471	27500	0,366	5	27,97	9	3	427,9	4,04	11,6	4,2
Antalya	8,247	4,511	27600	0,704	1	29,392	7	5	1066,9	4,04	11,6	4,2
Karaman	8,240	4,55	28000	0,35	5	32,561	1	7	330,8	17,5	6,1	2,8
Konya	7,940	4,408	27000	0,243	3	32,561	3	7	322,4	17,5	6,1	2,8
Mersin	8,257	4,451	27000	0,312	5	37,577	5	5	592,3	4,04	10,4	4,8
Van	8,408	4,481	27900	0,408	9	46,167	7	7	388,5	68,3	9,2	1,9
Ağırlıklar	0,165	0,206	0,092	0,19	0,099	0,043	0,016	0,022	0,064	0,036	0,047	0,021

2. Çizelge 6.27'de ve Çizelge 6.28'de gösterildiği gibi normalize matris elde edilmiştir.

Çizelge 6.27. TOPSIS normalizasyon matrisi

Normalizasyon İşlemi												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	65,1	20,0	756250000,0	0,1	25,0	782,3	81,0	9,0	183098,4	16,3	134,6	17,6
Antalya	68,0	20,3	761760000,0	0,5	1,0	863,9	49,0	25,0	1138275,6	16,3	134,6	17,6
Karaman	67,9	20,7	784000000,0	0,1	25,0	1060,2	1,0	49,0	109428,6	306,3	37,2	7,8
Konya	63,0	19,4	729000000,0	0,1	9,0	1060,2	9,0	49,0	103941,8	306,3	37,2	7,8
Mersin	68,2	19,8	729000000,0	0,1	25,0	1412,0	25,0	25,0	350819,3	16,3	108,2	23,0
Van	70,7	20,1	778410000,0	0,2	81,0	2131,4	49,0	49,0	150932,3	4664,9	84,6	3,6
Toplam	402,9	120,4	4538420000,0	1,1	166,0	7310,1	214,0	206,0	2036496,0	5326,4	536,3	77,6
Karekök	20,1	11,0	67367,8	1,0	12,9	85,5	14,6	14,4	1427,1	73,0	23,2	8,8

Çizelge 6.28. TOPSIS normalize edilmiş matris

Normalize Edilmiş Matris												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	0,402	0,408	0,408	0,353	0,388	0,327	0,615	0,209	0,300	0,055	0,501	0,477
Antalya	0,411	0,411	0,410	0,679	0,078	0,344	0,479	0,348	0,748	0,055	0,501	0,477
Karaman	0,411	0,415	0,416	0,338	0,388	0,381	0,068	0,488	0,232	0,240	0,263	0,318
Konya	0,396	0,402	0,401	0,234	0,233	0,381	0,205	0,488	0,226	0,240	0,263	0,318
Mersin	0,411	0,406	0,401	0,301	0,388	0,440	0,342	0,348	0,415	0,055	0,449	0,545
Van	0,419	0,408	0,414	0,394	0,699	0,540	0,479	0,488	0,272	0,936	0,397	0,216

3. Çizelge 6.29'da ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiştir.

Çizelge 6.29. Ağırlıklandırılmış normalize matris

Ağırlıklandırılmış Normalize Matris												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	0,066	0,084	0,038	0,067	0,038	0,014	0,010	0,005	0,019	0,002	0,024	0,010
Antalya	0,068	0,085	0,038	0,129	0,008	0,015	0,008	0,008	0,048	0,002	0,024	0,010
Karaman	0,068	0,085	0,038	0,064	0,038	0,016	0,001	0,011	0,015	0,009	0,012	0,007
Konya	0,065	0,083	0,037	0,045	0,023	0,016	0,003	0,011	0,014	0,009	0,012	0,007
Mersin	0,068	0,084	0,037	0,057	0,038	0,019	0,005	0,008	0,027	0,002	0,021	0,011
Van	0,069	0,084	0,038	0,075	0,069	0,023	0,008	0,011	0,017	0,034	0,019	0,005

4. Çizelge 6.30'da ideal çözüm değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.30. İdeal çözüm değerleri

İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
İdeal Çözüm Değerleri	0,069	0,085	0,038	0,045	0,069	0,014	0,001	0,005	0,014	0,002	0,024	0,011

5. Çizelge 6.31'de negatif ideal çözüm değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.31. Negatif ideal çözüm değerleri

Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Negatif İdeal Çözüm Değerleri	0,065	0,083	0,037	0,129	0,008	0,023	0,010	0,011	0,048	0,034	0,012	0,005

6. Çizelge 6.32 ve Çizelge 6.33'de ideal uzaklıklar elde edilmiştir.

Çizelge 6.32. İdeal uzaklık değerleri

İdeal Uzaklık Değerleri												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	7,9E-06	2,2E-06	4,7E-07	5,1E-04	9,4E-04	0,0E+00	7,7E-05	0,0E+00	2,2E-05	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-06
Antalya	1,8E-06	5,4E-07	3,0E-07	7,1E-03	3,8E-03	5,1E-07	4,3E-05	9,4E-06	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-06
Karaman	1,9E-06	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-04	9,4E-04	5,3E-06	0,0E+00	3,8E-05	1,4E-07	4,4E-05	1,2E-04	2,3E-05
Konya	1,5E-05	7,1E-06	1,9E-06	0,0E+00	2,1E-03	5,3E-06	4,8E-06	3,8E-05	0,0E+00	4,4E-05	1,2E-04	2,3E-05
Mersin	1,5E-06	3,5E-06	1,9E-06	1,6E-04	9,4E-04	2,3E-05	1,9E-05	9,4E-06	1,5E-04	0,0E+00	5,9E-06	0,0E+00
Van	0,0E+00	1,7E-06	1,9E-08	9,1E-04	0,0E+00	8,4E-05	4,3E-05	3,8E-05	8,8E-06	1,0E-03	2,4E-05	4,8E-05

Çizelge 6.33. İdeal uzaklıklar

İdeal Uzaklıkların Hesaplanması														
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG	T O P L A M	S* <sub>i</sub>
Burdur	7,9E-06	2,2E-06	4,7E-07	5,1E-04	9,4E-04	0,0E+00	7,7E-05	0,0E+00	2,2E-05	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-06	0,00016	0,0396
Antalya	1,8E-06	5,4E-07	3,0E-07	7,1E-03	3,8E-03	5,1E-07	4,3E-05	9,4E-06	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-06	0,00121	0,1099
Karaman	1,9E-06	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-04	9,4E-04	5,3E-06	0,0E+00	3,8E-05	1,4E-07	4,4E-05	1,2E-04	2,3E-05	0,0016	0,0396
Konya	1,5E-05	7,1E-06	1,9E-06	0,0E+00	2,1E-03	5,3E-06	4,8E-06	3,8E-05	0,0E+00	4,4E-05	1,2E-04	2,3E-05	0,0024	0,0489
Mersin	1,5E-06	3,5E-06	1,9E-06	1,6E-04	9,4E-04	2,3E-05	1,9E-05	9,4E-06	1,5E-04	0,0E+00	5,9E-06	0,0E+00	0,0013	0,0363
Van	0,0E+00	1,7E-06	1,9E-08	9,1E-04	0,0E+00	8,4E-05	4,3E-05	3,8E-05	8,8E-06	1,0E-03	2,4E-05	4,8E-05	0,0022	0,0465

7. Çizelge 6.34 ve 6.35’de negatif uzaklıklar elde edilmiştir.

Çizelge 6.34. Negatif ideal uzaklık değerleri

Negatif İdeal Uzaklık Değerleri												
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG
Burdur	1,1E-06	1,4E-06	4,7E-07	3,8E-03	9,4E-04	8,4E-05	0,0E+00	3,8E-05	8,2E-04	1,0E-03	1,2E-04	3,0E-05
Antalya	6,4E-06	3,7E-06	6,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-05	4,8E-06	9,4E-06	0,0E+00	1,0E-03	1,2E-04	3,0E-05
Karaman	6,1E-06	7,1E-06	1,9E-06	4,2E-03	9,4E-04	4,7E-05	7,7E-05	0,0E+00	1,1E-03	6,3E-04	0,0E+00	4,6E-06
Konya	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-03	2,4E-04	4,7E-05	4,3E-05	0,0E+00	1,1E-03	6,3E-04	0,0E+00	4,6E-06
Mersin	6,8E-06	6,5E-07	0,0E+00	5,2E-03	9,4E-04	1,9E-05	1,9E-05	9,4E-06	4,5E-04	1,0E-03	7,6E-05	4,8E-05
Van	1,5E-05	1,9E-06	1,5E-06	2,9E-03	3,8E-03	0,0E+00	4,8E-06	0,0E+00	9,3E-04	0,0E+00	4,0E-05	0,0E+00

Çizelge 6.35. Negatif ideal uzaklıklar

Negatif İdeal Uzaklıkların Elde Edilmesi														
	GS	GR	ÜE	ARM	BT	TTB	DP	ERZ	YM	KG	İŞS	İŞG	T O P L A M	S <sub>i</sub>
Burdur	1,1E-06	1,4E-06	4,7E-07	3,8E-03	9,4E-04	8,4E-05	0,0E+00	3,8E-05	8,2E-04	1,0E-03	1,2E-04	3,0E-05	0,069	0,0830
Antalya	6,4E-06	3,7E-06	6,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-05	4,8E-06	9,4E-06	0,0E+00	1,0E-03	1,2E-04	3,0E-05	0,013	0,0354
Karaman	6,1E-06	7,1E-06	1,9E-06	4,2E-03	9,4E-04	4,7E-05	7,7E-05	0,0E+00	1,1E-03	6,3E-04	0,0E+00	4,6E-06	0,070	0,0837
Konya	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-03	2,4E-04	4,7E-05	4,3E-05	0,0E+00	1,1E-03	6,3E-04	0,0E+00	4,6E-06	0,092	0,0960
Mersin	6,8E-06	6,5E-07	0,0E+00	5,2E-03	9,4E-04	1,9E-05	1,9E-05	9,4E-06	4,5E-04	1,0E-03	7,6E-05	4,8E-05	0,077	0,0880
Van	1,5E-05	1,9E-06	1,5E-06	2,9E-03	3,8E-03	0,0E+00	4,8E-06	0,0E+00	9,3E-04	0,0E+00	4,0E-05	0,0E+00	0,077	0,0878

8. 6.36'da ideal çözüme yakınlık hesaplanmıştır.

Çizelge 6.36. Negatif ve ideal çözüm değerleri

	S <sub>i</sub> <sup>*</sup>	S <sub>i</sub>	C <sub>i</sub> <sup>*</sup>
Burdur	0,039551	0,082984	0,677227
Antalya	0,109947	0,035434	0,243729
Karaman	0,039567	0,083750	0,679143
Konya	0,048871	0,095972	0,662592
Mersin	0,036273	0,087987	0,708085
Van	0,046535	0,087803	0,653600

9. İdeal çözüme yakınlık değerlerine göre alternatifler sıralanır. Çizelge 6.37’de İdeal çözüme yakınlıklarına göre alternatifler sıralanmıştır.

Çizelge 6.37. Alternatif sıralaması

ALTERNATİFLER
1. Mersin
2. Karaman
3. Burdur
4. Konya
5. Van
6. Antalya

## 6.6. Senaryo Analizleri

### 6.6.1. Senaryo 1

Senaryo 1 de teknik ana kriterinin bütün alt kriterlerinin eşit olarak 0,20 ağırlık değerini aldığı toplamda teknik ana kriterinin 0,60 ağırlığa sahip olduğu, diğer ana kriterlerin ağırlıkları toplamının 0,40 olduğu ve her birine ait alt kriterlerin ağırlıklarının eşit olarak 0,044 olduğu varsayılmıştır. Bu senaryo ile teknik ana kriterinin ağırlığı diğer ana kriterlerin toplamına göre daha yüksek olursa nasıl bir sıralama elde edileceğinin görülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6. 38 ve Çizelge 6.39’da senaryo 1’ nin sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.38. Senaryo 1 negatif ve ideal çözüm değerleri

	$S_i^*$	$S_i$	$C_i^*$
Burdur	0,028779	0,052591	0,646319
Antalya	0,045093	0,043663	0,491942
Karaman	0,025315	0,050379	0,665560
Konya	0,030399	0,047846	0,611493
Mersin	0,022153	0,051647	0,699826
Van	0,048478	0,037990	0,439355

Çizelge 6.39. Senaryo 1 alternatifler sıralaması

ALTERNATİFLER
1. Mersin
2. Karaman
3. Burdur
4. Konya
5. Antalya
6. Van

Senaryo 1 de teknik ana kriterinin ağırlığının diğer ana kriterlere göre daha yüksek olduğu varsayıldığında en iyi alternatif yine Mersin olmuştur.

### 6.6.2. Senaryo 2

Senaryo 2 de ekonomik ana kriterinin bütün alt kriterlerinin eşit olarak 0,20 ağırlık değerini aldığı toplamda ekonomik ana kriterinin 0,60 ağırlığa sahip olduğu, diğer ana kriterlerin ağırlıkları toplamının 0,40 olduğu ve her birine ait alt kriterlerin ağırlıklarının eşit olarak 0,044 olduğu varsayılmıştır. Bu senaryo ile ekonomik ana kriterinin ağırlığı diğer ana kriterlerin toplamına göre daha yüksek olursa nasıl bir sıralama elde edileceğinin görülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6.40 ve Çizelge 6.41’de senaryo 2 ‘e göre elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Çizelge 6.40. Senaryo 2 negatif ve ideal çözüm değerleri

	$S_i^*$	$S_i$	$C_i^*$
Burdur	0,066948	0,090299	0,574251
Antalya	0,129286	0,057935	0,309446
Karaman	0,066459	0,084543	0,559882
Konya	0,096194	0,064579	0,401678
Mersin	0,068018	0,081917	0,546348
Van	0,063818	0,126844	0,665282

Çizelge 6.41. Senaryo 2 alternatifler sıralaması

ALTERNATİFLER
1. Van
2. Burdur
3. Karaman
4. Mersin
5. Konya
6. Antalya

Senaryo 2 de ekonomik ana kriterinin diğer kriterlere göre daha üstün olduğu varsayıldığında en iyi alternatif Van olurken Van'ı sırasıyla Burdur, Karaman, Mersin, Konya ve Antalya takip etmiştir.

### 6.6.3. Senaryo 3

Senaryo 3 de coğrafik ana kriterinin bütün alt kriterlerinin eşit olarak 0,15 ağırlık değerini aldığı toplamda coğrafik ana kriterinin 0,60 ağırlığa sahip olduğu, diğer ana kriterlerin ağırlıkları toplamının 0,40 olduğu ve her birine ait alt kriterlerin ağırlıklarının eşit olarak 0,05 olduğu varsayılmıştır. Bu senaryo ile coğrafik ana kriterinin ağırlığı diğer ana kriterlerin toplamına göre daha yüksek olursa nasıl bir sıralama elde edileceğinin görülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6.42 ve Çizelge 6.43'de senaryo 3'ün sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.41. Senaryo 3 negatif ve ideal çözüm değerleri

	$S_i^*$	$S_i$	$C_i^*$
Burdur	0,084503	0,156952	0,650027
Antalya	0,108704	0,136783	0,557191
Karaman	0,055304	0,155692	0,737892
Konya	0,061278	0,146473	0,705040
Mersin	0,056703	0,151765	0,728003
Van	0,153293	0,081974	0,348428



Çizelge 6.43 Senaryo 3 alternatifler sıralaması

ALTERNATİFLER
1. Karaman
2. Mersin
3. Konya
4. Burdur
5. Antalya
6. Van

Senaryo 3 de en önemli ana kriterin coğrafik kriter olduğu varsayıldığında yer seçimi sıralamasında birinci sırada Karaman yer alırken devamında Mersin, Konya, Burdur, Antalya, Van sıralaması elde edilmiştir.

#### 6.6.4. Senaryo 4

Senaryo 4 de sosyal ana kriterinin bütün alt kriterlerinin eşit olarak 0,30 ağırlık değerini aldığı toplamda sosyal ana kriterinin 0,60 ağırlığa sahip olduğu, diğer ana kriterlerin ağırlıkları toplamının 0,40 olduğu ve her birine ait alt kriterlerin ağırlıklarının eşit olarak 0,04 olduğu varsayılmıştır. Bu senaryo ile sosyal ana kriterinin ağırlığı diğer ana kriterlerin toplamına göre daha yüksek olursa nasıl bir sıralama elde edileceğinin görülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6. 44 ve Çizelge 6. 45’de senaryo 4’ün sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.42. Senaryo 4 negatif ve ideal çözüm değerleri

	$S_i^*$	$S_i$	$C_i^*$
Burdur	0,032895	0,115295	0,778021
Antalya	0,045684	0,112135	0,710530
Karaman	0,100346	0,054781	0,353136
Konya	0,101372	0,053052	0,343549
Mersin	0,025132	0,121749	0,828893
Van	0,111667	0,052465	0,319652

Çizelge 6.43. Senaryo 4 alternatifler sıralaması

ALTERNATİFLER
1. Mersin
2. Burdur
3. Antalya
4. Karaman
5. Konya
6. Van

Son olarak ağırlığı en yüksek ana kriter olarak sosyal kriter kabul edildiğinde en iyi alternatif Mersin olurken Mersin'i Burdur, Antalya, Karaman, Konya ve Van takip etmektedir. Çizelge 6.46'da bütün senaryoların alternatif sıralamalarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 6.44. Senaryo sonuçları karşılaştırması

SIRA	SENARYO 1	SENARYO 2	SENARYO 3	SENARYO 4
1	Mersin	Van	Karaman	Mersin
2	Karaman	Burdur	Mersin	Burdur
3	Burdur	Karaman	Konya	Antalya
4	Konya	Mersin	Burdur	Karaman
5	Antalya	Konya	Antalya	Konya
6	Van	Antalya	Van	Van

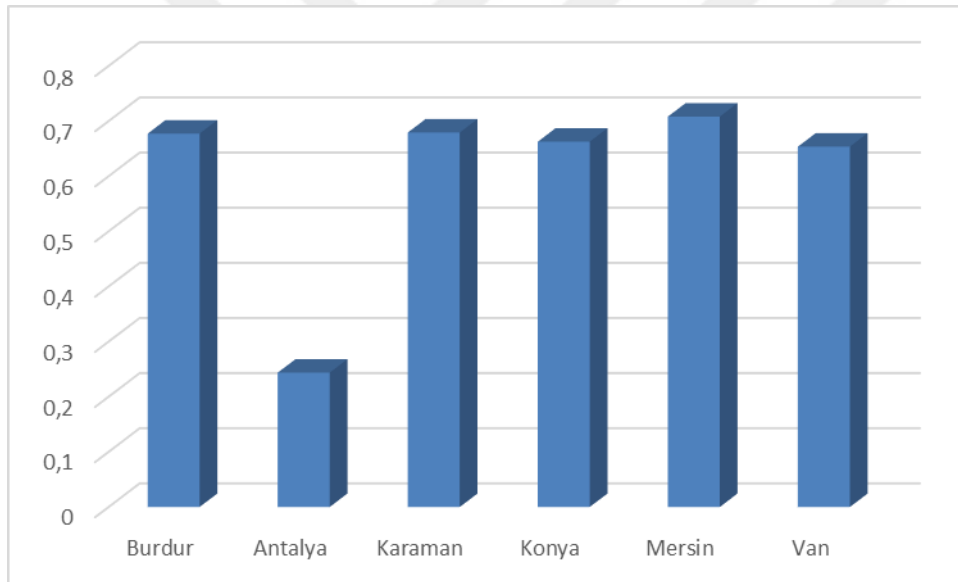


## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Güneş enerjisi elektrik üretimi için kullanılan en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Türkiye güneş enerji potansiyeli açısından şanslı bir ülkedir. Genel olarak Türkiye güneş enerjisi santrallerine uygun bir ülke olmasına rağmen bazı iller daha avantajlıdır. Bu tez çalışmasının amacı güneş santrali kurulumu için en uygun ili AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birleşiminden oluşan bir yaklaşımla karar vermektir. AHP ile kriter ağırlıkları bulunmuş, TOPSIS ile alternatif olarak belirlenen iller arasında en uygun olan bulunmuş ve en uygun başta olmak üzere bir sıralama yapılmıştır.

Bu çalışma için kriterler belirlenirken literatür araştırması yapılmış ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünde çalışan uzmanlarla görüşülmüştür. Bunların sonucunda ekonomik, teknik, coğrafik ve sosyal olmak üzere dört ana kriter belirlenmiş, ekonomik kriterler için trafo tarife bölgeleri, bölgesel teşvik uygulamaları, arazi maliyetleri, teknik kriterler için güneşlenme süreleri, güneş radyasyonu, üretilebilecek enerji miktarı, coğrafik kriterler için yağış miktarı, karlı gün sayısı, deprem riski, erozyon riski, sosyal kriterler için işsizlik ve iş gücü oranı alt kriterler olarak ele alınmıştır. AHP yönteminin gereği olarak alternatiflere göre ana kriterler ve alt kriterlerin ağırlıklarını bulmaya yönelik karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve bu matrislerin Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünde çalışan 10 uzmanın doldurması sağlanmıştır. Karşılaştırma matrisleri ile ilgili gerekli açıklamalar uzmanlara yapılmış ve 10 uzmandan alınan sonuçların geometrik ortalaması olarak ortak karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Super Decision programı ile kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Ana kriterlerin ağırlıkları arasındaki sıralamada 0.463 ile teknik kriterler ilk sırada, 0.332 ile ekonomik kriterler ikinci sırada, 0.137 coğrafik kriterler üçüncü sırada, 0.068 ile de sosyal kriterler en son sırada yer almıştır. Teknik kriterlerin alt kriterleri arasında 0.444 ile güneş radyasyonu en yüksek ağırlığa sahipken, ondan sonra 0.357 ile güneşlenme süresi gelmekte, en sonda 0.199 ile de üretilebilecek enerji gelmektedir. Ekonomik kriterler altındaki alt kriterler arasında en yüksek kriter ağırlık oranı 0.573 ile arazi maliyetlerinde, daha sonra 0.297 ile bölgesel teşvik uygulaması alt kriterinde, daha sonra da 0.130 ile trafo tarife bölgesindedir. Coğrafik kriterler ana kriterinin alt kriterleri arasında 0.465 ile yağış miktarı birinci sırada, 0.261 ile karlı gün sayısı ikinci sırada, 0.158 ile erozyon riski üçüncü sırada, 0.116 ile deprem riski dördüncü sıradadır. Sosyal kriterler altındaki alt kriterler arasında ise 0.691 işsizlik birinci sırada, 0.309 ile iş gücü oranı ikinci sırada yer almıştır.

TOPSIS yönteminin excelde uygulanması ile de en uygun il olarak Mersin bulunmuştur. Mersin'i sırası ile Karaman, Burdur, Konya, Van, Antalya izlemiştir. Bu çalışmada teknik özellikler olarak nitelendirilen güneş potansiyeli durumunun en yüksek kritere sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Fakat sadece güneşlenme durumuna göre yapılan bir değerlendirme yanlış olacaktır. Eğer bir çalışma yapmadan yer seçimi yapılsaydı güneşlenme açısından en şanslı olarak bilinen şehirlerimizden Antalya en uygun il olarak görülebilirdi. Fakat bu çalışmada teknik kriterlerin yanı sıra ekonomik, sosyal ve coğrafik kriterler de değerlendirmeye alınmıştır. Şekil 7.1'de görüldüğü gibi diğer kriterlerde de en iyi değeri alan Mersin en uygun il seçilmiştir. Mersin'i sırasıyla, Karaman, Burdur, Konya, Van ve Antalya izlemiştir. Son yıllarda Mersin'e yapılan güneş enerjisi yatırımları da bu çalışmanın sonucunu destekler niteliktedir.



Şekil 7.1. TOPSIS sonuç grafiği

Uzmanların görüşlerine göre elde edilen kriter ağırlıkları dışında farklı kriter ağırlıkları ile sonuçların nasıl değiştiğini görebilmek için her bir ana kriterin etkisini görebilmek için belirlenen ana kriterin diğerlerine göre daha yüksek ağırlıkta varsayıldığı senaryo analizleri yapılmıştır. Bazı durumlarda sonuç değişmezken bazı ağırlık değişimlerinde farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma güneş santrali kurmak için fikir verme şeklinde kullanılabilir. Aynı zamanda çok kriterleri karar verme çalışmalarına kriter belirlemek açısından faydalanabilir. Yine bu iller

arasında belirlenen kriterler ile AHP ve TOPSIS dışındaki diğer yöntemler kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.





## KAYNAKLAR

1. İnternet: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Kişi Başına Düşen Net Elektrik Tüketiminin Yıllar İtibariyle Değişimi (1975 - 2014). URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.eigm.gov.tr%2Ftr-TR%2FSayfalar%2FElektrik-Istatistikleri&date=2018-03-14>, Son Erişim Tarihi: 14.03.2018.
2. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Elektrik. URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr%2Ftr-TR%2FSayfalar%2FElektrik&date=2018-03-15>, Son Erişim Tarihi: 15.03.2018.
3. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr%2Ftr-TR%2Fenerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunimleri&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018.
4. İnternet: TEİAŞ. Türkiye Kurulu Gücü URL: <http://www.webcitation.org/?url=https%3A%2F%2Fwww.teias.gov.tr%2Ftr%2Ffi-kurulu-gucu&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018.
5. İnternet: Karagöl, E. T., ve Kavaz, İ. Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı. URL: <http://www.webcitation.org/?url=https%3A%2F%2Fsetav.org%2Fassets%2Fuploads%2F2017%2F04%2FYenilenebilirEnerji.pdf&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018.
6. Selvi, Ç. (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynak ve Teknolojilerinin Unsurları: Küresel ve Avrupa Birliği Ölçeğinde Karşılaştırmalı Analiz ve Değerlendirme. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 176-206.
7. İnternet: T.C. Dışişleri Bakanlığı. İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Önemi. URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.mfa.gov.tr%2Fiklim-degisikligiyle-mucadelenin-onemi.tr.mfa&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018
8. Özdemir, B., Özcan B., ve Aladağ, Z. (2017). Güneş Enerjisi Kuruluş Santrali Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 33(2), 16-34.
9. Uyan, M. (2017). Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilecek Alanların AHP Yöntemi Kullanılarak CBS Destekli Haritalanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 343-351.
10. Sezal, S. (2017). Türkiye'de Güneş Enerjisi Yatırımlarının Davranışsal Finans Açısından Değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(51), 1117-1125.
11. Akkaş, O. P., Erten, M. Y., Çam, E., ve İnanç, N. (2017). Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in the Central Anatolian Region of Turkey. *International Journal of Photoenergy*, 2017(2), 1-13.



12. Özcan, E. C., Özcan, N. A., ve Eren, T. (2017). CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi. *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 18-44.
13. Sindhu, S., Nehra, V., and Luthra, S. Investigation of Feasibility Study of Solar Farms Deployment Using Hybrid AHP-TOPSIS Analysis: Case Study of India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 496-511.
14. Lozano, S. J. M., Cascales, G. M. S., and Lamata, M. T. (2016). Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI Methods for Optimal Sites for Photovoltaic Solar Farms: Case Study in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 127, 387-398.
15. Beltran, P. A., Gonzalez, F. C., Ferrando, J. P. P., and Rubia, A. P. (2014). An AHP/ANP Based Multicriteria Decision Approach for the Selection of Solar Thermal Power Plant Investment Projects. *Energy*, 66, 222-238.
16. Liu, J., Xu, F., and Lin, S. (2017). Site Selection of Photovoltaic Power Plants in a Value Chain Based on Grey Cumulative Prospect Theory for Sustainability: A case Study in Northwest China. *Journal of Cleaner Production*, 148, 386-397.
17. Lozano, J. M. S., Antunes, C. H., Cascales, M. S. G., and Dias, L. C. (2014). GIS Based Photovoltaic Solar Farms Site Selection Using ELECTRE-TRI Evaluating the Case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain. *Renewable Energy*, 66, 478-494.
18. Wu, Y., and Geng, S. (2014). Multicriteria Decision Making on Selection of Solar-Wind Hybrid Power Station Location: A Case of China. *Energy Conversion and Management*, 81, 527-533.
19. Asakereh, A., Soleymani, M., and Sheikhdavoodi, M. J. (2017). A GIS Based Fuzzy-AHP Method for the Evaluation of Solar Farms Locations: Case Study in Khuzestan Province, Iran. *Solar Energy*, 155, 342-353.
20. Padmanathan, K., Govindarajan, U., Ramachandramurthy, V. K., and Selvi, S. O. (2017). Multiple Criteria Decision Making Based Economic Analysis of Solar PV System with Respect to Performance Investigation for Indian Market. *Sustainability*, 9(5)1-19.
21. Garni, H. Z. A., ve Awasthi, A. (2017). Solar PV Power Plant Site Selection Using GIS-AHP Based Approach with Application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, 206, 1225-1240.
22. Yağmur, L. (2015). Multicriteria Evaluation and Priority Analysis for Localization Equipment in a Thermal Power Plant Using the AHP. *Energy*, 94, 476-482.
23. Laska, G. (2017). Wind Energy and Multicriteria Analysis in Making Decisions on the Location of Wind Farms. *Procedia Engineering*, 182, 418-424.
24. Lozano, J. M. S., Cascales, M. S. G., and Lamata, M. T. (2016). GIS Based Onshore Wind Farm Site Selection Using Fuzzy Multicriteria Decision Making Methods. Evaluating the case of Southwestern Spain. *Applied Energy*, 171, 86-102.

25. Vasileiou, M., Loukogeorgaki, E., and Vagino, D. G. (2017). GIS Based Multicriteria Decision Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 745-757.
26. Villacreses, G., Gaona, G., Gomez., J. M., and Jijon, D. J. (2017). Wind Farms Suitability Location Using GIS Based on Multicriteria Decision Methods: The Case of Continental Ecuador. *Renewable Energy*, 109, 275-286.
27. Silva, S., Almeida, L. A., and Dias L. C. (2014). Biogas Plants Site Selection Integrating Multicriteria Decision Aid Methods and GIS Techniques: A Case study in a Portuguese Region. *Biomass and Bioenergy*, 71, 58-68.
28. Galvez, D., Rakotondranaivo, A., Morel, L., Camargo, M., and Fick, M. (2015). Reverse Logistics Network Design for a Biogas Plant: An Approach Based on MILP Optimization and AHP. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 616-623.
29. Kabak, M., ve Dağdeviren. (2014). Prioritization of Renewable Energy Sources for Turkey by Using a Hybrid MCDM Methodology. *Energy Conversion and Management*, 79, 25-33.
30. Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., ve Eren, T. (2017). ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 204-219.
31. Çolak, M., ve Kaya, İ. (2017). Prioritization of Renewable Energy Alternatives by Using an Integrated Fuzzy MCDM Model: A Real Case Application for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 840-853.
32. Büyüközen, G., ve Gülerüz, S. (2016). An Integrated DEMATEL-ANP Approach for Renewable Energy Resources Selectiim in Turkey. *International Journal of Production Economics*, 182, 435-448.
33. Garni, H. A., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D., and Haddad, A., K. (2016). A Multicriteria Decision Making Approach for Evaluating Renewable Power Generation Sources in Saudi Arabia. *Sustainable Energy Technologies and Assesments*, 16, 137-150.
34. Haddad, B., Liazid, A., and Ferraira, P. (2017). A Multicriteria Approach to Rank Renewables fort he Algerian Electricity System. *Renewable Energy*, 107, 462-472.
35. Streimikiene, D., Sliogeriene, J., and Turskis, Z. (2016). Multicriteria Analysis of Electricity Generation Technologies in Lithuania. *Renewable Energy*, 85, 148-156.
36. Renewable Energy Policy Network for the 21. (2017). Renewables 2017 Global Status Report; REN 21 2017. *REN21 Secretariat*, Paris.
37. İnternet: Dünyada Güneş Enerjisi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.enerji.gen.tr%2Fdunyada-gunes-enerjisi.html&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018

38. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. Mavi Kitap (2016). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr%2Ftr-TR%2FMavi-Kitaplar&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018.
39. İnternet: T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı. Türkiye'nin Enerji Politikası. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ab.gov.tr%2F80.html&date=2018-03-16>, Son Erişim Tarihi: 16.03.2018.
40. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliği. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fiklim\\_deg%2Fi\\_deg\\_nedir.aspx&date=2018-03-18](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fiklim_deg%2Fi_deg_nedir.aspx&date=2018-03-18), Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
41. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Güneş Enerjisi Potansiyeli Çalışmaları. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fg\\_enj\\_calismalari.aspx&date=2018-03-18](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fg_enj_calismalari.aspx&date=2018-03-18), Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
42. İnternet: Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enerjiatlas.com%2Felektrik-uretimi%2Fgunes&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
43. Koçak, D., ve Çoğurcu, Y. E. (2005). Network Modeli İle Ağ Analizi İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Karşılaştırmalı Çözüm, *Gazi Journal of Economics and Business*, 1-42
44. İnternet: Türkiye Sanayi ve Sevk İdare Enstitüsü. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ftusside.tubitak.gov.tr%2Ftr%2Fyontemlerimiz%2FCok-Kriterli-Karar-Verme-Teknikleri&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
45. Vassilev, V., Genova, K., and Vassileva, M. (2005). A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods and Software Systems. *Bulgarian Academy Of Sciences Cybernetics and Information Technologies*, 5(1), 3-13.
46. Karabıçak, Ç., Boyacı, A. İ., Akay, M. K., ve Özcan, B. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Karayolu Şantiye Yeri Seçimine İlişkin Bir Uygulama. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (13), 106-121.
47. Kutlu, B. S., Abalı, Y., A., ve Eren, T. (2012). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Seçmeli Ders Seçimi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 5-25.
48. Saaty, R. W. The Analytic Hierarchy Process What It is and How It is Used. *Mathl Modelling*, 9(3-5), 161-176.
49. Saaty, T. L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
50. Supçiller, A. A., ve Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13, 1-22.

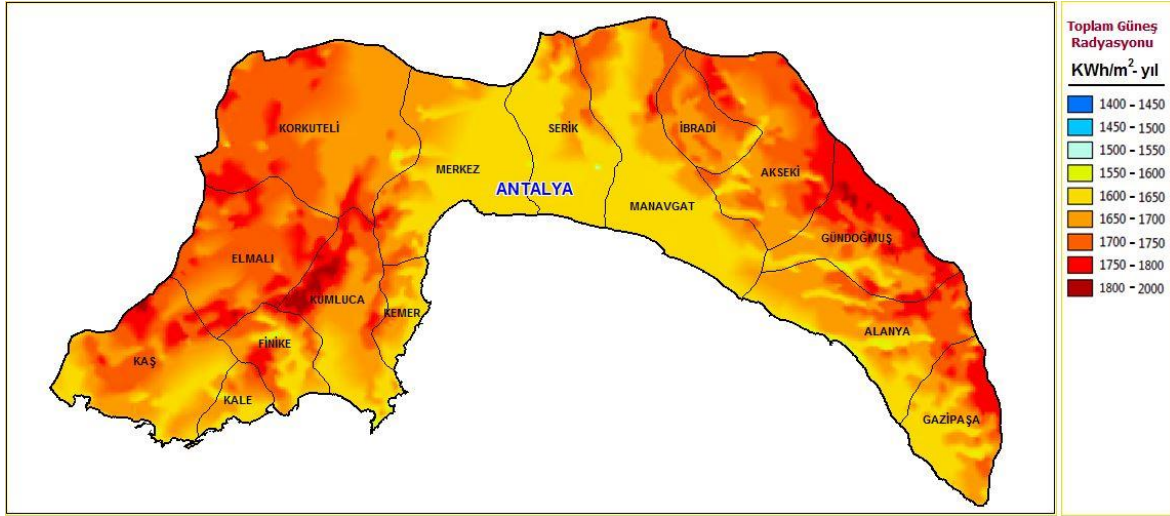
51. Wang, Y., and Elhag, T. M. S. (2006). Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets With an Application to Bridge Risk Assessment. *Expert Systems with Applications*, 31, 309-319.
52. Yurdakul, M., ve İç, Y. T. (2003). Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-18.
53. Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T. N., Sayadi, A. R., and Gholinejad, A. (2012). Application of TOPSIS Method for Selecting the Most Appropriate Blast Design. *Arab J Geosci*, 5, 95-101.
54. İnternet: T.C. Ekonomi Bakanlığı. Yatırım Teşvik Sistemi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ekonomi.gov.tr%2F&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
55. İnternet: Türkiye Deprem Riski Haritası. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.icisleriafad.gov.tr%2FIkemizin-deprem-riski-haritasi&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
56. İnternet: Elektrik Piyasası Kanunu. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.epdk.org.tr%2FTR%2FDokumanlar%2FElektrik%2FLisanssizUretim&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
57. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllerimize Ait Genel İstatistiki Veriler. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2F&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
58. Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik. (2013). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.epdk.org.tr%2FTR%2FDokumanlar%2FElektrik%2FLisanssizUretim&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
59. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fg\\_enj\\_tekno.aspx&date=2018-03-18](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fg_enj_tekno.aspx&date=2018-03-18), Son Erişim Tarihi: 18.03.2018
60. İnternet: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fgunes.aspx&date=2018-03-18>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
61. İnternet: Türkiye Erozyon Durumu. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cem.gov.tr%2Ferozyon%2FAnaSayfa%2Fulusal\\_izleme\\_sistemlerimiz.aspx%3Fsflang%3Dtr&date=2018-03-18](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cem.gov.tr%2Ferozyon%2FAnaSayfa%2Fulusal_izleme_sistemlerimiz.aspx%3Fsflang%3Dtr&date=2018-03-18), Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.
62. İnternet: Emlak-Arsa Fiyatları. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%28https%3A%2F%2Fintvd.gib.gov.tr%2F2014\\_Emlak\\_Arsa%2F%29&date=2018-06-05](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%28https%3A%2F%2Fintvd.gib.gov.tr%2F2014_Emlak_Arsa%2F%29&date=2018-06-05), Son Erişim Tarihi: 05.06.2018.
63. İnternet: İşgücü İstatistikleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreHaberBultenleri.do%3Fid%3D24635&date=2018-06-05>, Son Erişim Tarihi: 05.06.2018.



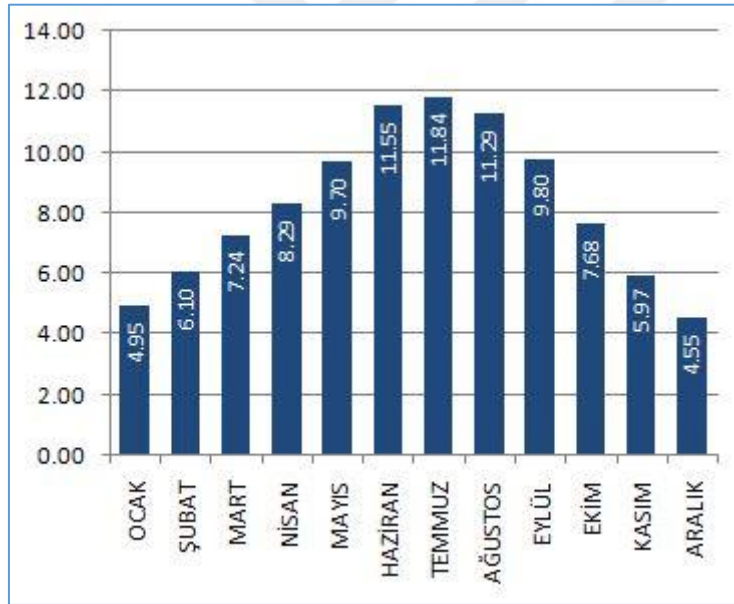


**EKLER**

## EK-1. İllere göre güneş enerjisi

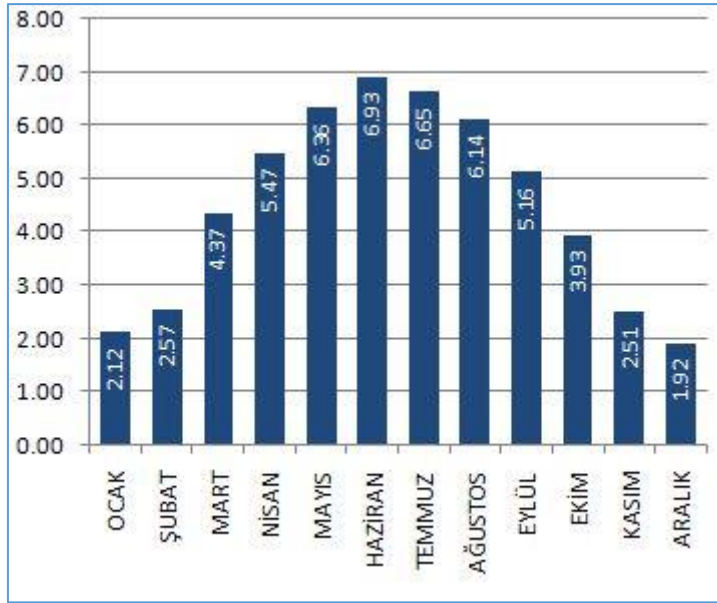


Harita 1.1. Antalya güneş enerji potansiyeli haritası

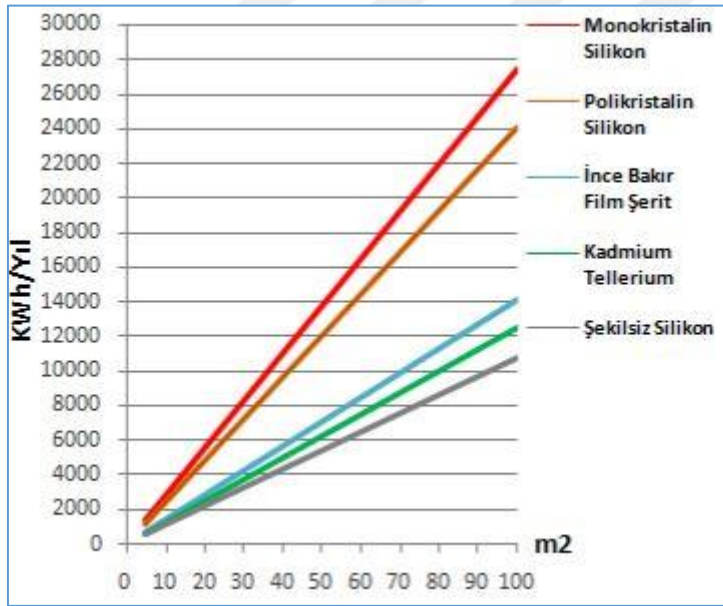


Şekil 1.1. Antalya güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi



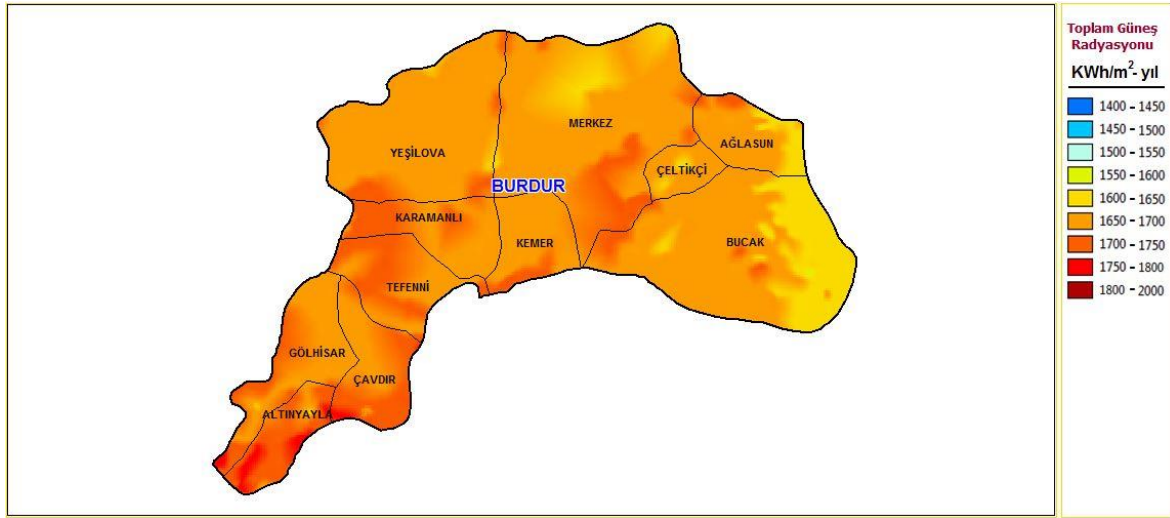
Şekil 1.2. Antalya global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün)



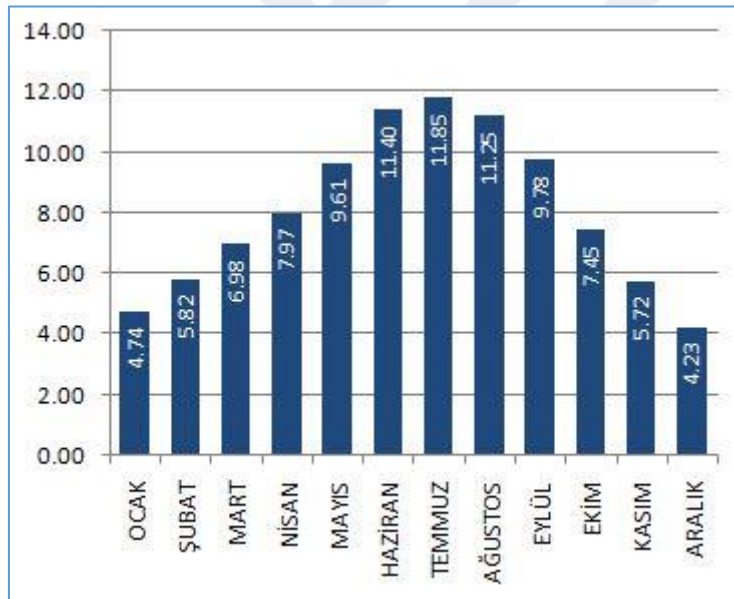
Şekil 1.3. Antalya PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)



## EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

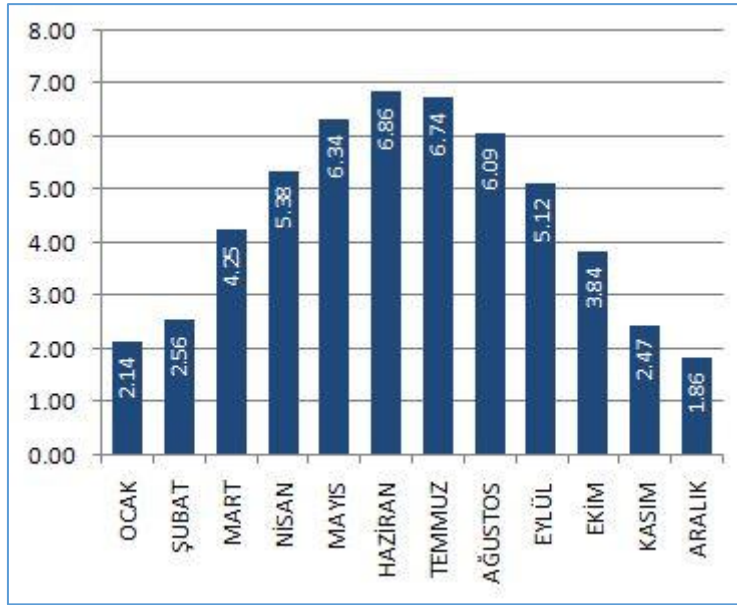


Harita 1.2. Burdur güneş enerji potansiyeli haritası

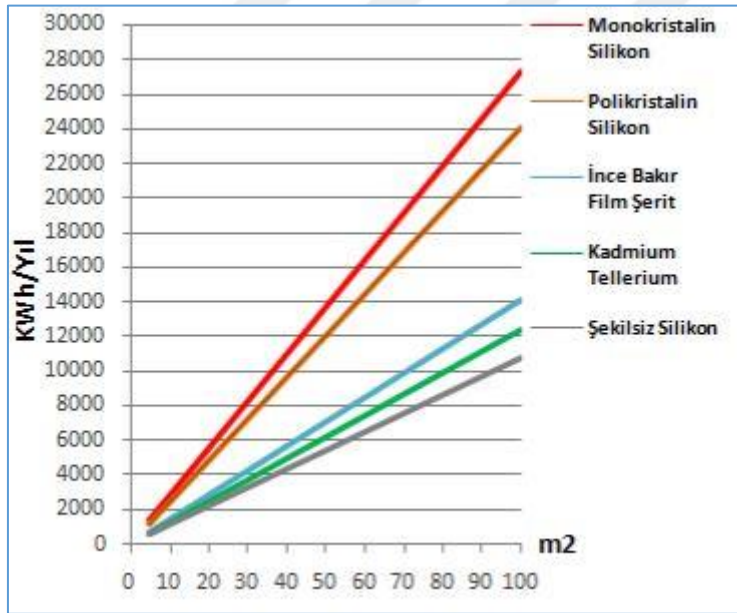


Şekil 1.4. Burdur güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

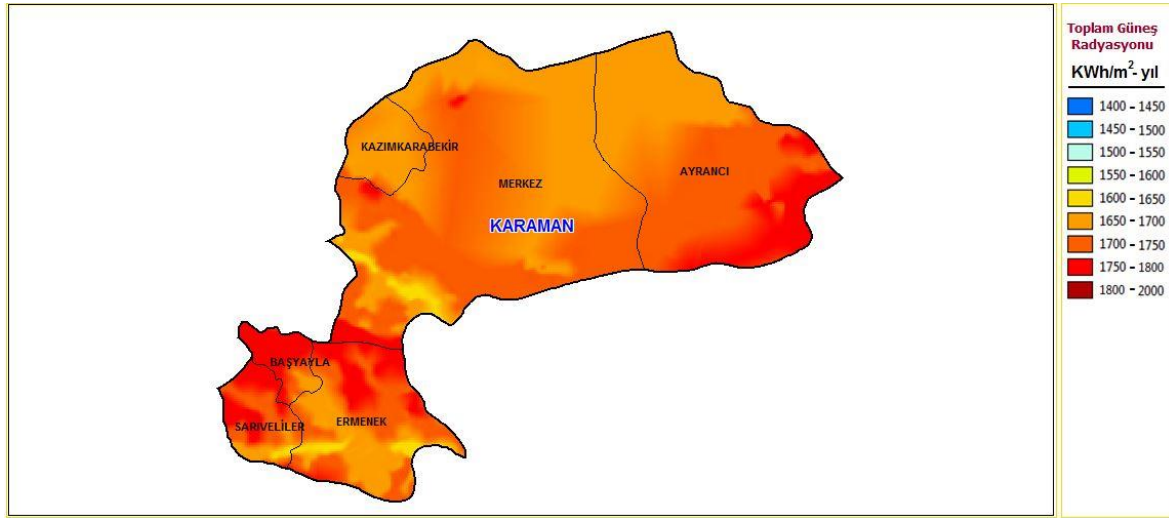


Şekil 1.5. Burdur global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)

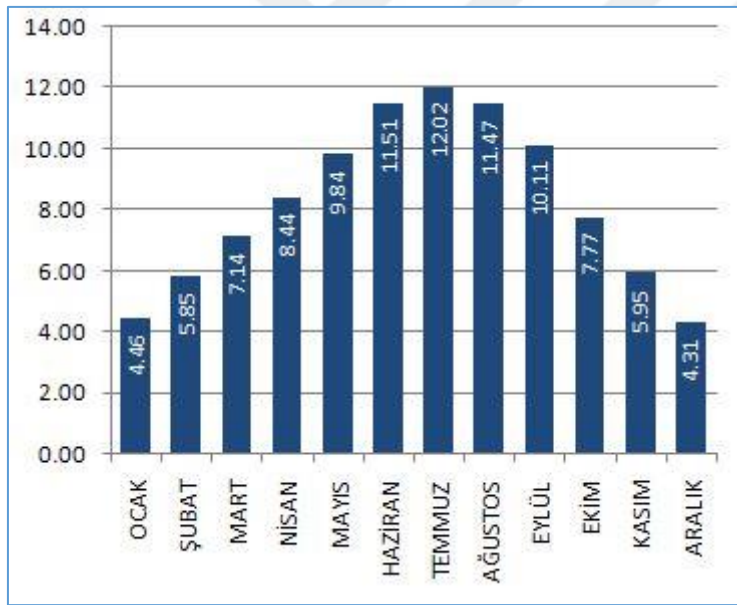


Şekil 1.6. Burdur PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)

## EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

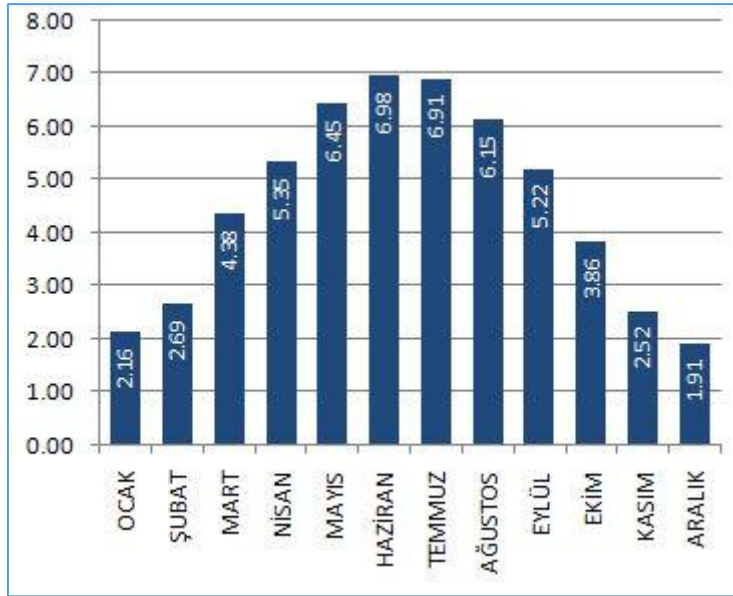


Harita 1.3. Karaman güneş enerji potansiyeli haritası

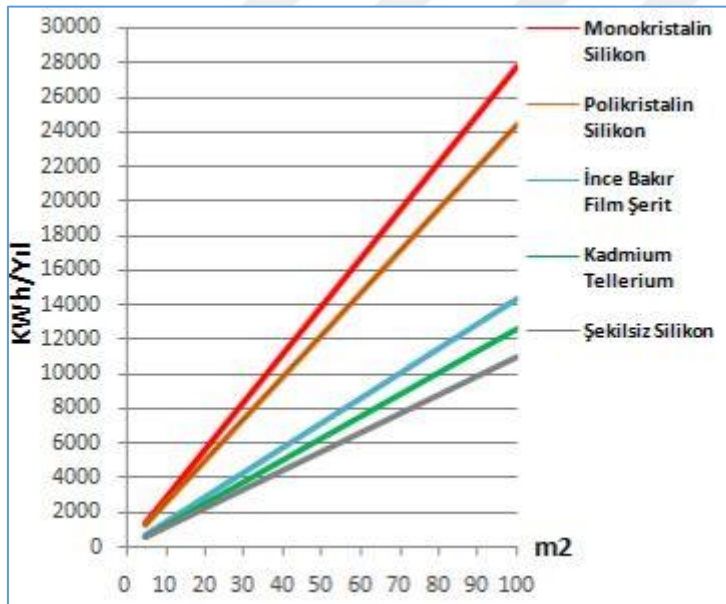


Şekil 1.7. Karaman güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi



Şekil 1.8. Karaman global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)

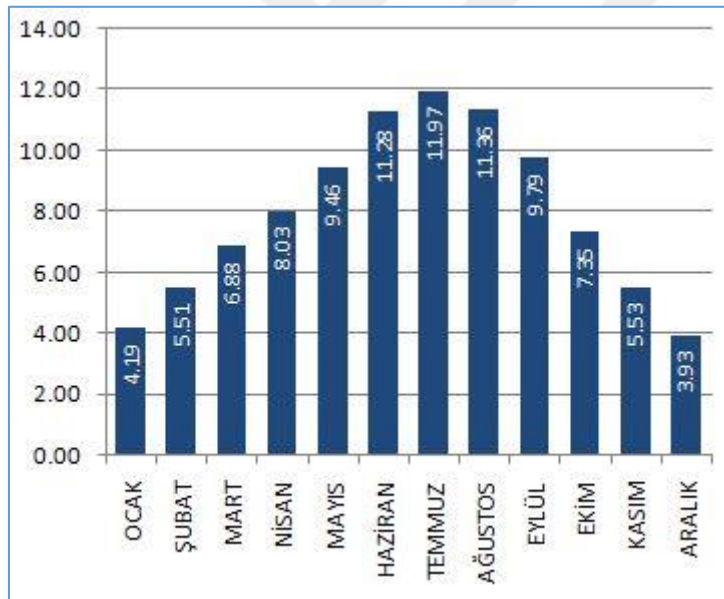


Şekil 1.9. Karaman PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)

## EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

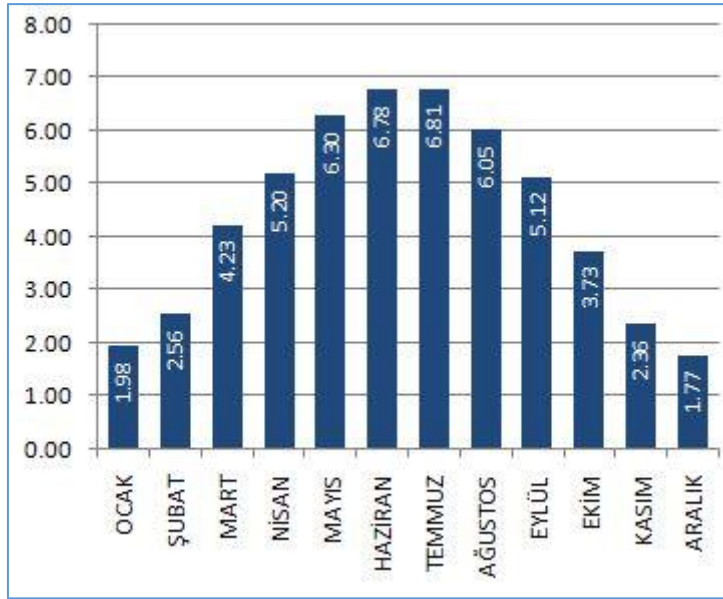


Harita 1.4. Konya güneş enerji potansiyeli haritası

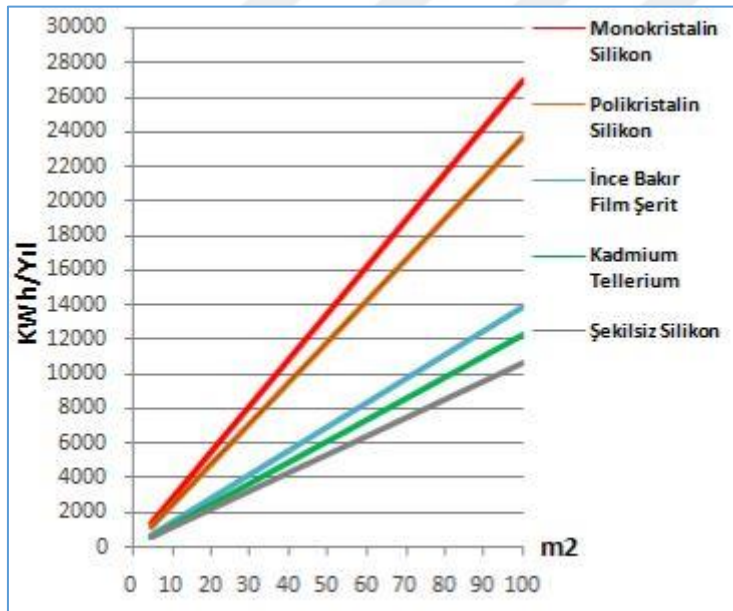


Şekil 1.10. Konya güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

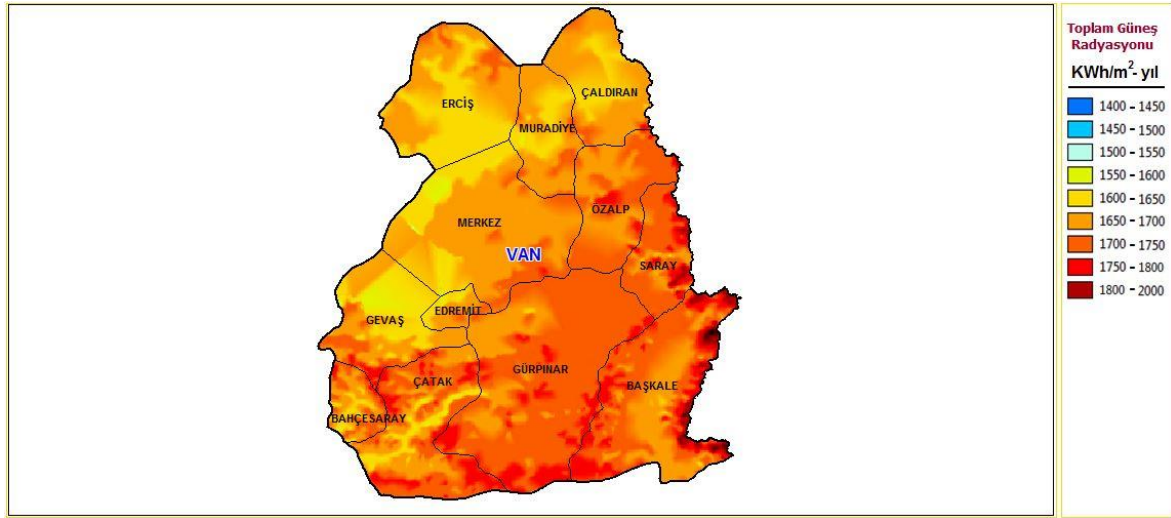


Şekil 1.11. Konya global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)

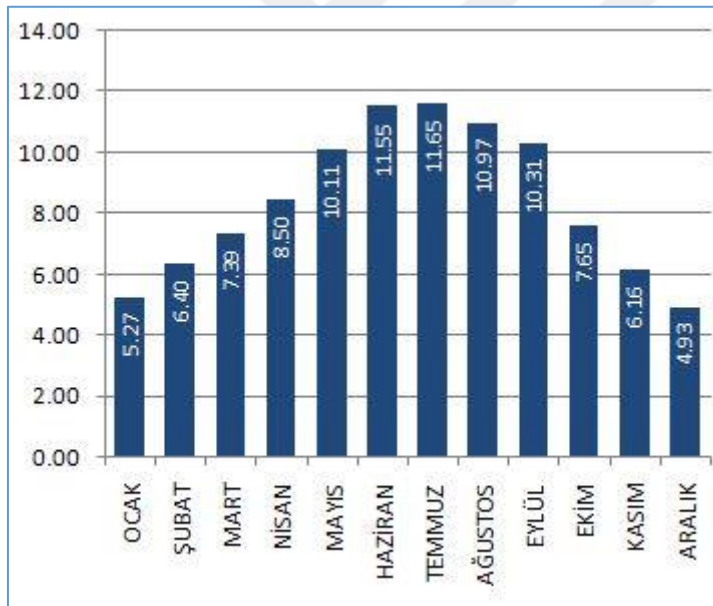


Şekil 1.12. Konya PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)

## EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

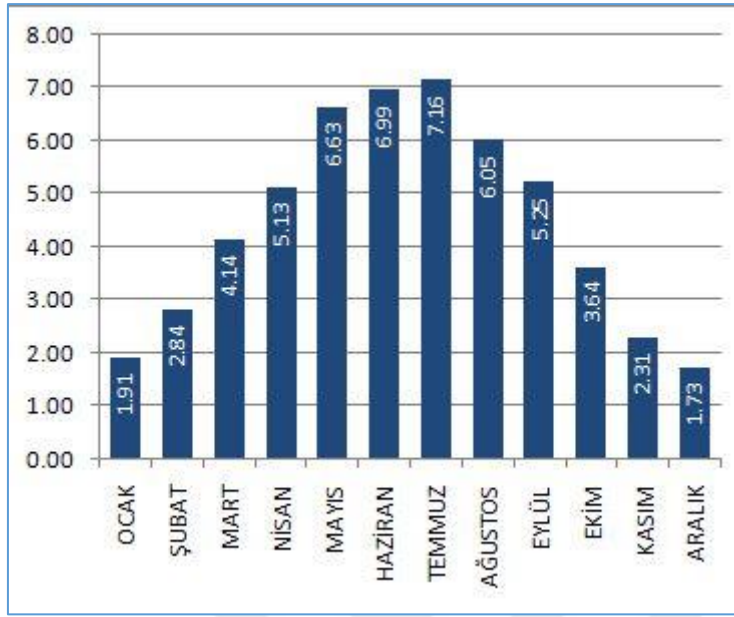


Harita 1.5. Van güneş enerji potansiyeli haritası

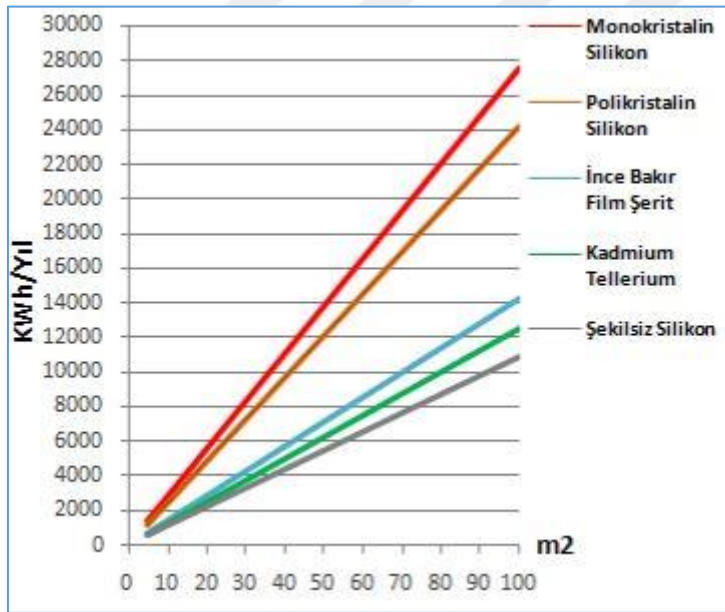


Şekil 1.13. Van güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi



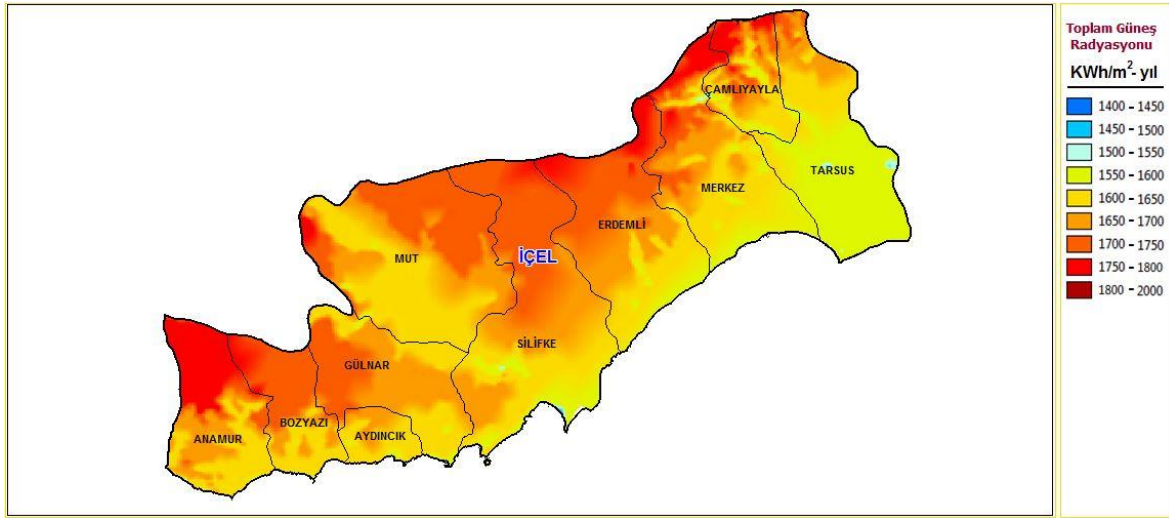
Şekil 1.14. Van global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün)



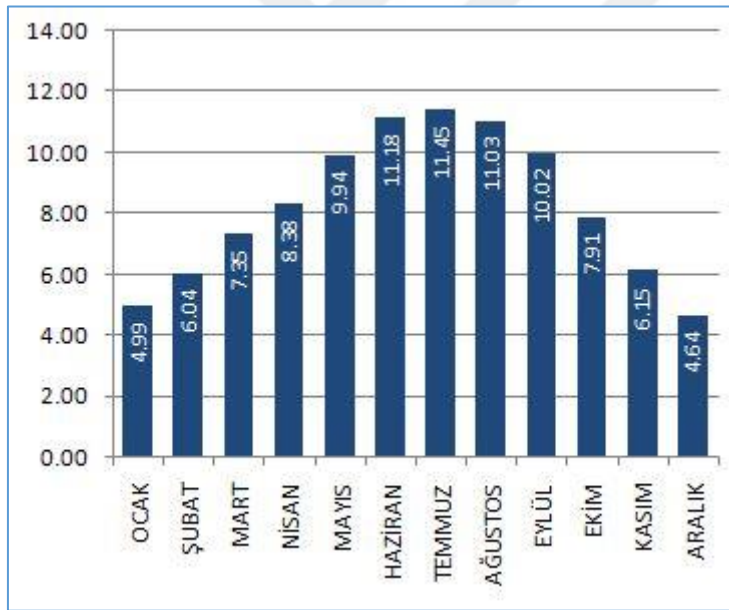
Şekil 1.15. Van PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)



## EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi

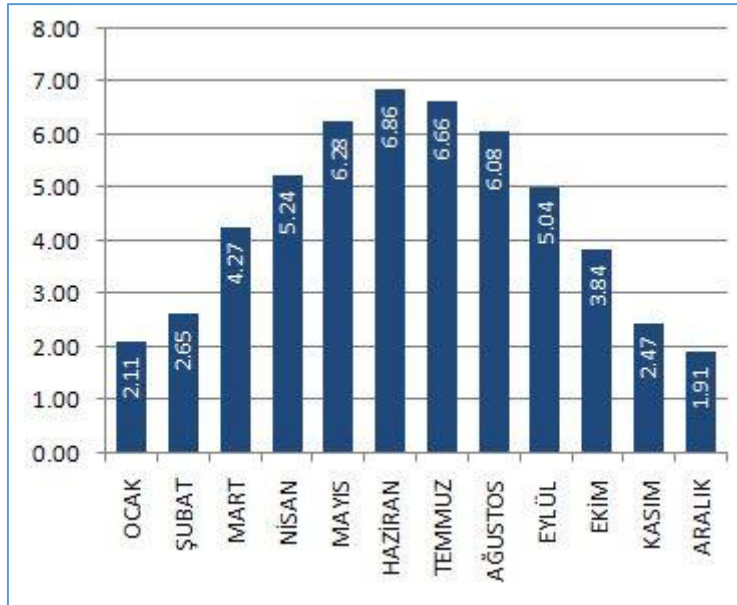


Harita 1.6. Mersin güneş enerji potansiyeli haritası

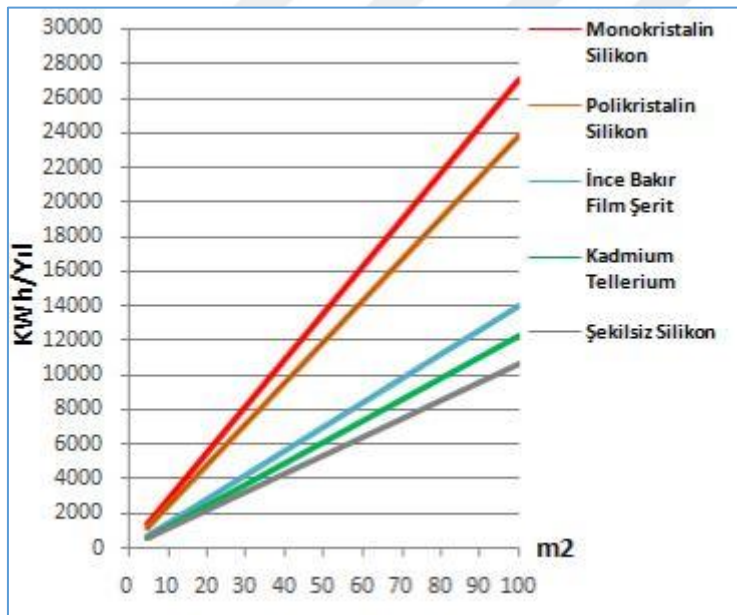


Şekil 1.16. Mersin güneşlenme süreleri (saat)

EK-1. (devam) İllere göre güneş enerjisi



Şekil 1.17. Mersin global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)



Şekil 1.18. Mersin PV tipi – üretilebilecek enerji (KWh –Yıl)

## EK-2. İşsizlik ve iş gücü durumu

Çizelge 2.1. İşsizlik ve iş gücü durumu (2016)

(Bin Kişi)	15 Yaş ve Üstü Nüfus	İşgücü	İşsiz	İşsizlik Oranı
2.Düzye SR, Level II	2016	2016	2016	2016
Türkiye – Turkey	58 720	30 535	3 330	10,9
TR10 (İstanbul)	11 416	6 427	869	13,5
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	1 320	764	58	7,5
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	1 340	651	44	6,7
TR31 (İzmir)	3 288	1 821	254	14,0
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	2 266	1 221	82	6,7
TR33 (Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak)	2 352	1 231	60	4,8
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	3 033	1 520	139	9,2
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	2 722	1 459	156	10,7
TR51 (Ankara)	4 045	2 153	244	11,4
TR52 (Konya, Karaman)	1 691	845	52	6,1
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	2 254	1 277	146	11,5
TR62 (Adana, Mersin)	2 917	1 459	151	10,4
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	2 193	1 009	146	14,4
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	1 110	584	78	13,4
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	1 753	869	73	8,4
TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	780	401	35	8,6
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	590	338	20	5,8
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	2 044	1 067	84	7,9
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	2 001	1 089	49	4,5
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	759	376	19	5,0
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	775	397	19	4,9
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	1 265	621	55	8,9
TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	1 358	576	53	9,2
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	1 831	828	118	14,3
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	2 260	1 021	175	17,2
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	1 359	532	151	28,3

## EK-3. Anket

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURMAK İÇİN EN UYGUN İL SEÇİMİ**

Lütfen aşağıda verilen saaty ölçeğine göre ikili karşılaştırma matrislerini doldurun. ( Örnek: teknik kriterlerin ekonomik kriterlere üstünlüğünün önem derecesini saaty ölçeğine göre pozitif yönde 3 olduğunu düşünürseniz ilgili kutucuğa 3 yazın eğer negatif yönde 3 olduğunu düşünürseniz 1/3 yazın)

ÖNEM DEREJESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	En Önemli	Amaç için iki faaliyet (seçenek) de eşit öneme sahiptir.
3	Orta Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran biraz daha önemlidir.
5	Yüksek Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran oldukça önemlidir.
7	Çok Yüksek Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran çok yüksek biçimde önemlidir.
9	Son Derece Önemli	Bir seçeneğin diğerine nazaran oldukça yüksek biçimde önemi vardır.
2,4,6,8	Ara Değerler	İki seçenek arasında orta bir değer vermek gerektiğinde kullanılır.

TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
Güneş Radyasyon Miktarı Güneşlenme Süresi Üretililecek Enerji	Devlet Teşvikleri Arazi Maliyetleri Trafo Tarife Bölgeleri (Trafo kullanım ücretlendirmeleri tarife bölgelerine göre belirlenir.)	Depremlilik Erozyon Riski Ortalama Yağış Miktarı Karlı Önemli Gün Sayısı	İş Oranı İşsizlik Oranı (Bölgede istihdam yarınmasını önemi açısından)

Lütfen güneş enerjisi santrali kurmak için belirlenen ana kriterleri değerlendirin.

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER				
EKONOMİK KRİTERLER				
COĞRAFİK KRİTERLER				
SOSYAL KRİTERLER				

Lütfen ekonomik kriterin alt kriterlerini değerlendirin.

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFİK TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ
TRAFİK TARİFE BÖLGESİ			
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI			
ARAZİ MALİYETLERİ			

Lütfen teknik kriterin alt kriterlerini değerlendirin.

TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ
GÜNEŞ RADYASYONU			
GÜNEŞLENME SÜRESİ			
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ			

Lütfen sosyal kriterin alt kriterlerini değerlendirin.

SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI	İŞGÜCÜ
İŞSİZLİK ORANI		
İŞGÜCÜ		

Lütfen coğrafik kriterin alt kriterlerini değerlendirin.

COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ				
EROZYON RİSKİ				
YAĞMUR MİKTARI				
KARLI GÜN SAYISI				

## EK-4. Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.1. 1. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	2	5	7
EKONOMİK KRİTERLER	½	1	3	6
COĞRAFİK KRİTERLER	1/5	1/3	1	3
SOSYAL KRİTERLER	1/7	1/6	1/3	1

Çizelge 4.2. 1. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/2	1/4	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	2	1	1/2	
ARAZİ MALİYETLERİ	4	2	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	2	3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	½	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/3	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	2	1/3	1/2
EROZYON RİSKİ	½	1	1/3	1/2
YAĞMUR MİKTARI	3	3	1	2
KARLI GÜN SAYISI	2	2	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI	İŞGÜCÜ		
İŞSİZLİK ORANI	1	5		
İŞGÜCÜ	1/5	1		

## EK-4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.3. 2. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	1	3	5
EKONOMİK KRİTERLER	1	1	2	5
COĞRAFİK KRİTERLER	1/3	1/2	1	3
SOSYAL KRİTERLER	1/5	1/5	1/3	1

Çizelge 4.4. 2. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFİKO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFİKO TARİFE BÖLGESİ	1	1/3	1/5	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	3	1	1/2	
ARAZİ MALİYETLERİ	5	2	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1	1	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1	1	1	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1	1	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1	1/3	1/2
EROZYON RİSKİ	1	1	1/3	1/2
YAĞMUR MİKTARI	3	3	1	2
KARLI GÜN SAYISI	2	2	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		2	
İŞGÜCÜ	1/2		1	

## EK-4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.5. 3. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	2	9	9
EKONOMİK KRİTERLER	1/2	1	7	5
COĞRAFİK KRİTERLER	1/9	1/7	1	1
SOSYAL KRİTERLER	1/9	1/5	1	1

Çizelge 4.6. 3. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1	1/3	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	1	1	1/3	
ARAZİ MALİYETLERİ	3	3	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1/2	3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	2	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/3	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/3	1/7	1/5
EROZYON RİSKİ	3	1	1/3	1/2
YAĞMUR MİKTARI	7	3	1	3
KARLI GÜN SAYISI	5	2	1/3	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		3	
İŞGÜCÜ	1/3		1	

## EK-4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.7. 4. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	4	7	8
EKONOMİK KRİTERLER	1/4	1	5	7
COĞRAFİK KRİTERLER	1/7	1/5	1	2
SOSYAL KRİTERLER	1/8	1/7	1/2	1

Çizelge 4.8. 4. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/3	1/7	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	3	1	1/4	
ARAZİ MALİYETLERİ	7	4	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	3	5	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1/3	1	6	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/5	1/6	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/2	1/5	1/5
EROZYON RİSKİ	2	1	1/3	1/3
YAĞMUR MİKTARI	5	3	1	1
KARLI GÜN SAYISI	5	3	1	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		1/2	
İŞGÜCÜ	2		1	



## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.9. 5. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	3	5	7
EKONOMİK KRİTERLER	1/3	1	2	3
COĞRAFİK KRİTERLER	1/5	1/2	1	2
SOSYAL KRİTERLER	1/7	1/3	1/2	1

Çizelge 4.10. 5. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	3	1/3	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	1/3	1	1/5	
ARAZİ MALİYETLERİ	3	5	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	2	3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1/2	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/3	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	3	1/3	1/2
EROZYON RİSKİ	1/3	1	1/5	1/5
YAĞMUR MİKTARI	3	5	1	2
KARLI GÜN SAYISI	2	5	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		1/2	
İŞGÜCÜ	2		1	

## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.10. 6. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	1	5	3
EKONOMİK KRİTERLER	1	1	4	3
COĞRAFİK KRİTERLER	1/5	1/4	1	1/3
SOSYAL KRİTERLER	1/3	1/3	3	1

Çizelge 4.11. 6. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/5	1/7	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	5	1	1/2	
ARAZİ MALİYETLERİ	7	2	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1	1/3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1	1	1/3	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	3	3	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/2	1/5	1/3
EROZYON RİSKİ	2	1	1/3	1/2
YAĞMUR MİKTARI	5	3	1	2
KARLI GÜN SAYISI	3	2	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		5	
İŞGÜCÜ	1/5		1	

## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.12. 7. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	1/3	3	5
EKONOMİK KRİTERLER	3	1	5	7
COĞRAFİK KRİTERLER	1/3	1/5	1	3
SOSYAL KRİTERLER	1/5	1/7	1/3	1

Çizelge 4.13. 7. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/7	1/3	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	7	1	3	
ARAZİ MALİYETLERİ	3	1/3	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1/2	3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	2	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/3	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1	1/3	1/2
EROZYON RİSKİ	1	1	1/3	1/2
YAĞMUR MİKTARI	3	3	1	2
KARLI GÜN SAYISI	2	2	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		7	
İŞGÜCÜ	1/7		1	

## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.14. 8. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	1/3	1/2	5
EKONOMİK KRİTERLER	3	1	1/3	7
COĞRAFİK KRİTERLER	2	3	1	9
SOSYAL KRİTERLER	1/5	1/7	1/9	1

Çizelge 4.15. 8. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1	1/2	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	1	1	1/2	
ARAZİ MALİYETLERİ	2	2	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	3	3	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1/3	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/3	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/3	1/4	1/3
EROZYON RİSKİ	3	1	1/2	1
YAĞMUR MİKTARI	4	2	1	2
KARLI GÜN SAYISI	3	1	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		3	
İŞGÜCÜ	1/3		1	

## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.16. 9. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	3	3	5
EKONOMİK KRİTERLER	1/3	1	1	4
COĞRAFİK KRİTERLER	1/3	1	1	3
SOSYAL KRİTERLER	1/5	1/4	1/3	1

Çizelge 4.17. 9. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/7	1/5	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	7	1	2	
ARAZİ MALİYETLERİ	5	1/2	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	1/2	1	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	2	1	2	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1	1/2	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/2	1/3	1/2
EROZYON RİSKİ	2	1	1/2	1
YAĞMUR MİKTARI	3	2	1	2
KARLI GÜN SAYISI	2	1	1/2	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		2	
İŞGÜCÜ	1/2		1	

## EK- 4. (devam) Karşılaştırma matrisleri

Çizelge 4.18. 10. Uzman ana kriterler karşılaştırma

ANA KRİTERLER	TEKNİK KRİTERLER	EKONOMİK KRİTERLER	COĞRAFİK KRİTERLER	SOSYAL KRİTERLER
TEKNİK KRİTERLER	1	5	3	7
EKONOMİK KRİTERLER	1/5	1	2	5
COĞRAFİK KRİTERLER	1/3	1/2	1	5
SOSYAL KRİTERLER	1/7	1/5	1/5	1

Çizelge 4.19. 10. Uzman alt kriterler karşılaştırma

EKONOMİK KRİTERLER	TRAFO TARİFE BÖLGESİ	BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	ARAZİ MALİYETLERİ	
TRAFO TARİFE BÖLGESİ	1	1/3	1/9	
BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI	3	1	1/5	
ARAZİ MALİYETLERİ	9	5	1	
TEKNİK KRİTERLER	GÜNEŞ RADYASYONU	GÜNEŞLENME SÜRESİ	ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	
GÜNEŞ RADYASYONU	1	3	5	
GÜNEŞLENME SÜRESİ	1/3	1	4	
ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ	1/5	1/4	1	
COĞRAFİK KRİTERLER	DEPREM RİSKİ	EROZYON RİSKİ	YAĞMUR MİKTARI	KARLI GÜN SAYISI
DEPREM RİSKİ	1	1/2	1/3	1
EROZYON RİSKİ	2	1	1/2	2
YAĞMUR MİKTARI	3	2	1	3
KARLI GÜN SAYISI	1	1/2	1/3	1
SOSYAL KRİTERLER	İŞSİZLİK ORANI		İŞGÜCÜ	
İŞSİZLİK ORANI	1		2	
İŞGÜCÜ	1/2		1	

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKÇAY, Merve  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 03.06.1989, Ankara  
 Medeni hali : Evli  
 e-mail : merve.0306@hotmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Atılım Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2012
Lise	Nevzat Ayaz Anadolu Öğretmen Lisesi	2007

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Havelsan	Mühendis
2017-2018	Tekfen Mühendislik	Mühendis
2014-2017	Parsons Corporation	Mühendis
2013-2014	Yüksel Proje	İSG Uzmanı

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Akçay, M. (2018). Optimal site election for a solar power plant in Turkey using a hybrid AHP-TOPSIS method. *Celal Bayar University Journal of Science*, 14(4) 413-420.

### Hobiler

Kitap okumak, film izlemek

## DİZİN

### A

AHP · 2, 3, xv, xvi, xvii, 6, 7, 12, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 45, 46, 50, 56, 58, 59, 64, 83, 84, 85, 86, 87, 89  
 ARAZİ MALİYETLERİ · 57, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 120

### B

birincil enerji kaynağı · 15  
 BÖLGESEL TEŞVİK UYGULAMALARI · 57, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 120

### C

*Coğrafik Kriterler* · 54, 60, 68

### Ç

Çok kriterli karar verme yöntemleri · xv, 44

### D

DEPREM RİSKİ · 58, 105, 107, 109, 110, 112, 114, 115, 117, 119, 120

### E

*Ekonomik Kriterler* · 52, 60  
 elektrik · xv, 8, 11, 15, 16, 17, 19, 21, 25, 30, 33, 36, 37, 40, 43, 52, 55, 83  
 Enerji · xv, 15, 21, 27, 28, 29, 30, 36, 42, 52, 54, 56, 63, 68, 72, 83, 85, 87, 88, 89, 94

### F

fosil · xv, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 36, 37, 42

### G

Güneş enerjisi · xv, 8, 16, 19, 32, 33, 52, 53, 54, 55, 83

Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası · 37  
 GÜNEŞ RADYASYONU · 57, 68, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 120  
 GÜNEŞLENME SÜRESİ · 57, 67, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 120

### İ

İŞGÜCÜ · 58, 106, 107, 109, 111, 112, 114, 116, 117, 119, 120, 121  
 İŞSİZLİK ORANI · 58, 72, 106, 107, 109, 111, 112, 114, 116, 117, 119, 120, 121

### K

karar matrisi · 8, 9, 48, 49, 72, 73  
 KARLI GÜN SAYISI · 58, 69, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 119, 120

### S

*Saat* · 8, 45, 46, 47, 88  
*Sosyal Kriterler* · 55, 60, 71

### T

*Teknik Kriterler* · 53, 60, 67  
 TOPSIS · xv, xvi, xvii, 8, 9, 12, 15, 23, 49, 73, 74, 84, 89  
 TRAFO TARİFE BÖLGESİ · 57, 105, 106, 108, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 120  
 tutarlılık oranı · 47, 48, 59

### Ü

ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ · 57, 68, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 120

### Y

YAĞMUR MİKTARI · 111  
 yer seçimi · xv, 20, 21, 22, 23, 24, 53, 78, 81





*GAZİ GELECEKTİR..*