

**AĞRI İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULACAK ALANLARIN
CBS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

Sema DEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Coğrafya Ana bilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN

2023

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

Sema DEMİR

AĞRI İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULACAK ALANLARIN
CBS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN

AĞRI – 2023

TEZ ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “Ağrı İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi İle Belirlenmesi” adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☒ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

...../...../2023

Sema DEMİR

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN danışmanlığında, Sema DEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma 22/03/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Coğrafya Ana bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Osman ÇEPNİ

İmza:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN

İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Tolga KORKUSUZ

İmza:

Yukarıdaki imzalar, adı geçen öğretim üyelerine ait olup:

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../2023 tarih ve / No.lu kararı ile onaylanmıştır.

.... / /

Prof. Dr. İbrahim HAN

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
HARİTALAR DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı	4
1.2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi	5
1.3. Varsayımlar	6
1.4. Sınırlılıklar.....	7
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	8
2.1. Güneş Enerjisi Nedir?	8
2.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	10
2.3. Güneş Enerji Sistemleri.....	15
2.3.1. Sabit FV Panel Sistemleri	16
2.3.2. Panel Soğutma Sistemleri	17
2.3.3. Güneş Takip Sistemleri	18
2.3.4. Konsantre Güneş Enerji Sistemleri (CSP)	19
2.4. Dünya’da Güneş Enerjisinin Artan Önemi	26
2.4.1. Güneş Enerjisi Neden Bu Kadar Yaygınlaşmaya Başladı?.....	28
2.5. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Artan Önemi.....	33
2.6. Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi İle İlgili Yaklaşımlar.....	46
2.7. Faaliyetlerin Yatırım ve Üretim Maliyet Değerlendirilmesi	48
2.8. Faaliyetlerin verimliliği Açısından Yer Seçim Koşulları.....	50
2.8.1. Güneş Enerji Potansiyeli	50
2.8.2. Yerel İklim Koşulları	50

2.8.3.	Gölgeleme Yaratan Faktörler	51
2.8.4.	Arazinin Cephesi	51
2.8.5.	Kurulum Yapılacak Alanın Arazi Kullanımı	51
2.8.6.	Bölgenin Topoğrafik Yapısı.....	52
2.8.7.	Faaliyetlerin Enerji Tüketim Bölgelerine Olan Mesafesi	52
2.8.8.	Faaliyetin Yakın Çevresinde Yerleşim Alanı Bulunması	52
2.8.9.	Şebeke Bağlantısı	53
2.8.10.	Erişebilirlik	53
2.8.11.	Faaliyetin Aktif Fay Hatlarına Uzak Olması.....	53
2.8.12.	Su Kaynaklarına Yakınlık	53
2.8.13.	Mülkiyet Yapısı ve Arazi Fiyatları.....	54
2.9.	Çevresel Etkileri Açısından Yer Seçim Koşulları	54
2.9.1.	Su Kaynaklarına ve Toprağa Etkileri	55
2.9.2.	Ekosistem ve Biyolojik Çeşitliliğe Etkileri.....	56
2.9.3.	Hava Kirliliğine Etkisi	56
2.9.4.	Görsel Etkiler	57
2.9.5.	Gürültü Kirliliği	57
2.9.6.	Atık Yönetimi	58
2.9.7.	Güneş Enerji Santrallerinin Diğer Olumsuz Etkileri	58
2.10.	Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimini Etkileyen Mevzuatın İncelenmesi	58
2.10.1.	5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	60
2.10.2.	2872 Sayılı Çevre Kanunu	60
2.10.3.	4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu.....	60
2.10.4.	2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu	60
2.10.5.	6831 Sayılı Orman Kanunu	60

2.10.6.	4342 Sayılı Mera Kanunu.....	61
2.10.7.	5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu.....	61
2.10.8.	3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu.....	61
2.10.9.	4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu	61
2.10.10.	2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu.....	61
2.10.11.	2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu	61
2.10.12.	2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu	62
2.11.	Ağrı İli Güneş Enerji Potansiyeli	62
2.12.	Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Ölçütlü Karar Analizi.....	68
2.13.	Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).....	69
2.14.	Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA).....	71
2.15.	Konu İle İlgili Önceki Çalışmalar	73
3.	YÖNTEM	78
3.1.	Araştırma Modeli	78
3.2.	Veri Toplama.....	78
3.3.	Veriler Hazırlanması	79
3.4.	Veri Analizi	80
3.4.1.	Kriterler ve Sınıflandırma	80
3.4.2.	AHP Yöntemi ve Kriter Ağırlıkları.....	82
3.4.3.	CBS ile Ağırlıklandırılmış Bindirme Analizi	87
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	89
4.1.1.	Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri	89
4.1.2.	Araştırma Sahasının Genel Beşeri Özellikleri	96
4.2.	Ağrı merkez ilçenin Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerlerini belirleme ve sınıflandırma.....	102
4.3.	Ağrı merkez ilçenin Doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerlerini belirleme ve sınıflandırma	104
4.4.	Ağrı merkez ilçenin Eğitim derecelerini belirleme ve sınıflandırma	106

4.5.	Ağrı merkez ilçenin Bakı derecelerini belirleme ve sınıflandırma.	108
4.6.	Ağrı merkez ilçenin enerji nakil hatlarının dağılışını belirleme ve sınıflandırma	110
4.7.	Ağrı merkez ilçede trafo merkezlerinin dağılışını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.....	112
4.8.	Ağrı merkez ilçedeki akarsuların dağılışını belirleme ve sınıflandırma	114
4.9.	Ağrı merkez ilçedeki karayollarının dağılışını belirleme ve sınıflandırma	116
4.10.	Ağrı merkez ilçenin yerleşim alanlarını belirleme ve sınıflandırma.....	118
4.11.	Ağrı merkez ilçenin arazi niteliklerini belirleme ve sınıflandırma	120
4.12.	Ağrı merkez ilçede güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanları ÇÖKA yöntemiyle belirleme	121
4.13.	Ağrı merkez ilçede var olan güneş enerji santrallerinin ÇÖKA sonuçlarına göre uygunluğunu değerlendirme	125
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	130
5.1.	Sonuçlar:.....	130
5.2.	Öneriler:.....	138
KAYNAKÇA		140

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞRI İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULACAK ALANLARIN CBS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN

Türkiye'nin nüfusu her geçen gün artıyor, sanayisi büyüyor ve enerji tüketimi sürekli olarak yükseliyor. Bu durum, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için Türkiye'yi çeşitli enerji kaynaklarına yönlendirmeye zorlamıştır. Güneş enerjisi potansiyeli açısından stratejik bir konumda olan Türkiye, enerji üretiminde sınırsız bir kaynak olan güneşten yararlanmanın avantajlarını elde ediyor. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimini belirlemek, güneş enerjisinden sürdürülebilir ve karlı bir şekilde faydalanmanın en önemli koşullarından biridir. Bu süreçte, birçok parametrenin etkisi altında olan Coğrafi Bilgi Sistemleri, diğer geleneksel yöntemlere göre önemli bir avantaj sunar. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde, güneş enerjisi potansiyeli, yükseklik, yön, eğim, yağış, nem, bulutluluk ve arazi kullanımı gibi fiziksel faktörlerin yanı sıra, ulaşım, enerji iletim hatları ve güvenlik gibi diğer faktörler de etkilidir. Bu çalışmanın hedefi, yeni gelişen güneş enerjisi teknolojilerinin hızla yayılmasını sağlamak, coğrafyacılara en uygun yerleri belirlemek, güneş enerjisi santrallerinin doğru yerlere kurulmasını sağlamak ve yüksek verim için en uygun alanları belirlemektir. Ülkemizde hızla yayılan güneş enerjisi teknolojileri için, Ağrı il merkezinde bir güneş enerjisi santrali kurulacak alanların yer seçimi için toplanan veriler, CBS ortamında çok kriterli karar analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu çalışma, örnek bir yer seçimi çalışması olarak hizmet vermektedir. Güneş enerjisi yönetmeliğinin ilgili maddeleri, daha önce konuyla ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler ve çalışma alanının mevcut durumu dikkate alınarak analizler yönlendirilmiştir. CBS ortamında AHP metodu kullanılarak hazırlanan 9 veri katmanı (Güneş enerjisi potansiyeli, eğim, yön, arazi kullanımı, akarsu, yerleşim alanları, Karayolları ağı, enerji iletim hatları, trafo merkezleri) analiz edilmiştir. Analizlerin sonuçlarına dayanarak, güneş enerjisi santrali kurulacak alanların yer seçimi yapılmıştır.

2023, 184 sayfa.

Anahtar Kelimeler: Ağrı, Güneş Enerji Santralleri(GES), Çok Ölçütlü Karar Analizi(ÇÖKA), Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)



ABSTRACT

MASTER’S THESIS

DETERMINE THE AREAS TO ESTABLISH A SOLAR ENERGY IN AĞRI PROVINCE USING GIS METHOD

Advisor: Dr. Lecturer Yılmaz KESKİN

The population of Turkey is continually increasing, its industry is expanding, and energy consumption is steadily rising. These conditions have compelled Turkey to turn towards various energy sources to meet its energy needs. Strategically positioned in terms of solar energy potential, Turkey has the advantage of utilizing the sun, an unlimited resource, for energy production. The appropriate site selection for solar energy power plants is one of the most critical conditions for sustainable and profitable utilization of solar energy. In this process, Geographic Information Systems, which are influenced by numerous parameters, offer a significant advantage over other traditional methods. In the site selection for solar energy power plants, not only physical factors like solar energy potential, elevation, direction, slope, precipitation, humidity, cloud cover, and land use are effective, but other factors such as transportation, energy transmission lines, and security also play a role. The aim of this study is to facilitate the rapid diffusion of emerging solar energy technologies, identify the most suitable locations as geographers, ensure the proper installation of solar power plants, and determine the most appropriate areas for high efficiency. For the rapidly spreading solar energy technologies in our country, the data collected for the site selection of areas where a solar energy power plant will be established in the city center of Ağrı have been evaluated in a GIS environment using a multi-criteria decision analysis method. This study serves as a model site selection study. Analyses have been guided by taking into consideration the relevant articles of the solar energy regulation, criteria used in previous studies related to the subject, and the current situation of the study area. Nine data layers (solar energy potential, slope, direction, land use, rivers, settlement areas, highways network, energy transmission lines, transformer centers) prepared using the AHP method in the GIS environment have been analyzed. Based on the results of the analyses, site selection for areas where a solar energy power plant will be established has been carried out.

2023, 184 page.

Key Words: Agri, Solar Energy Plants (SEP), Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), Analytic Hierarchy Process (AHP).



ÖNSÖZ

Ağrı'da güneş enerjisi kullanarak elektrik üreten santrallerin kurulması sürecinde, yatırımcıların en uygun alanları belirlemelerine yardımcı olmak için bu çalışmayı gerçekleştiriyoruz. Güneş enerjisi, tükenmeyen bir kaynak olarak çevreye duyarlı ve zararlı atıkların azalmasına katkıda bulunurken, Türkiye'nin temiz enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik önemli bir adımı temsil etmektedir.

Tez çalışmam sürecinde tüm bilgi ve deneyimini benimle paylaşan ve yol gösteren, değerli zamanlarını benim için feda eden, bu süreçte her türlü sorunumla yakından ilgilenen ve çözümleyen, danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz KESKİN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın yapılması sürecinde katkılarını esirgemeyen bölümümüz Arş. Gör. Emre SAKAOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım. Mesleki ve sosyal yaşamım boyunca bana her türlü sevgi ve özveri ile hem maddi hem manevi olarak destek sağlayan anneme, babama ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Sema DEMİR

Temmuz 2023

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2-1. Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü Listesi	30
Tablo 2-2. Ülkelere Göre Kişi Başına Düşen Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü ..	31
Tablo 2-3. Kasım ayı sonu itibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Temmuz Kurulu Güç Gelişimi.	34
Tablo 2-4. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.	38
Tablo 2-5. Türkiye Yıllık Güneşlenme Miktarı.	39
Tablo 2-6. Güneş enerjisinin 2022 yılı kasım ayı sonun itibariyle üretilen toplam elektrik enerjisi içindeki payı	39
Tablo 2-7. 2020 ve 2022 yıllarında Ülkemizde Üretilen Güneş Enerjisi ve Toplam Üretim İçindeki Payları	41
Tablo 2-8. Ağrı İlindeki Lisanslı Güneş Enerji Santralleri.	67
Tablo 9. Uzman 1 in ikili karşılaştırma matrisi.	82
Tablo 10. Uzman 2'nin ikili karşılaştırma matrisi.	83
Tablo 11. Uzman 3'ün ikili karşılaştırma matrisi.....	84
Tablo 12. Araştırmacının ikili karşılaştırma matrisi.	84
Tablo 13. 3 uzman ve araştırmacının ağırlıklandırılmış geometrik ortalama ile oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi.....	85
Tablo 14. 3 uzman ve araştırmacının görüşlerinin ağırlıklandırılmış geometrik ortalaması alınarak birleştirilmiş ve her bir kriterin belirlenen ağırlığı.	86
Tablo 4-1. Ağrı il merkezinin Fotovoltaik enerji potansiyelini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	102
Tablo 4-2. Ağrı il merkezinin Doğrudan normal ışınım güneş radyasyonu değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	104
Tablo 4-3. Ağrı il merkezinin eğim değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	106
Tablo 4-4. Ağrı il merkezinin Bakı değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	108
Tablo 4-5. Ağrı il merkezinin enerji nakil hatlarının dağılımını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	110

Tablo 4-6. Ağrı il merkezinin trafo merkezlerinin dağılışını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	112
Tablo 4-7. Ağrı il merkezinin akarsuların dağılışını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	114
Tablo 4-8. Ağrı il merkezinin karayollarının dağılışını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	116
Tablo 4-9. Ağrı il merkezinin yerleşim alanlarını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	118
Tablo 4-10. Ağrı il merkezinin arazi niteliklerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	120
Tablo 4-11. Ağrı il merkezinin Fotovoltaik GES kurulumu için uygun alanların belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	123
Tablo 4-12. Ağrı il merkezinin CSP GES kurulumu için uygun alanları belirlemek için kullanılan değer aralıkları.	125

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1-1. Arşimet'in düşman gemilerini yakma sahnesi..	3
Şekil 1-2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	3
Şekil 2-1. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) İnternet Sitesinden alınmış Güneşimize ait bir fotoğraf.	8
Şekil 2-2. Güneş enerjisi sistemleri için değerlendirilebilecek çatı alanları(URL-10).	14
Şekil 2-3. Güneş enerjisinden elektrik üretim şekilleri(Güçlüer 2010).	16
Şekil 2-4. Sabit FV panel uygulaması.	17
Şekil 2-5. Güneş takip sistemi uygulaması.	19
Şekil 2-6. CPV teknolojisi.	20
Şekil 2-7. Parabolik oluk sistemi uygulaması.	21
Şekil 2-8. Kule sistemi uygulaması.	21
Şekil 2-9. Stirling motorlu parabolik çanak sistemi uygulaması.	22
Şekil 3-1. Uluslar arası Enerji Ajansı 2022 raporuna göre 2015-2030 yılları arası temiz enerji yatırım senaryosu.	29
Şekil 3-2. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m ² -gün) Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat).	38
Şekil 3-3. Ülkemizin Birincil Kaynaklara göre Elektrik Enerjisi Kurulu Güç Grafikleri - Kasım 2022	40
Şekil 5-1. Ağrı ili Güneşlenme süreleri ve global radyasyon değerleri.	64
Şekil 5-2. Ağrı İli ilçeler bazında Global Radyasyon Değerlerine göre güneşlenme Süreleri (kWh/m ² gün).	65
Şekil 5-3. Patnos İlçesi güneş enerji potansiyeli ile Merkez ilçenin enerji potansiyeli grafikleri.	66
Şekil 6-1. ÇÖKA Çözüm Diyagramı.	72

HARİTALAR DİZİNİ

Harita 2-1. Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Güç Dağılışı Haritası.	31
Harita 2-2. Türkiye Doğrudan Normal Işınım Haritası	36
Harita 2-3. Türkiye Fotovoltaik Güç Potansiyeli (PVOUT) Haritası	36
Harita 2-4. Ağrı İli Güneş enerji Potansiyeli Haritası.	63
Harita 4-1. Ağrı İli Lokasyon Haritası.	89
Harita 4-2. Ağrı Merkez İlçe Fotovoltaik Enerji potansiyeli (PV) Haritası.	103
Harita 4-3. Ağrı Merkez İlçe Doğrudan Normal Işınım (DNI) Haritası.	105
Harita 4-4. Ağrı Merkez İlçe Eğim Haritası.	107
Harita 4-5. Ağrı ili Merkez İlçe Bakı Haritası.	109
Harita 4-6. Ağrı ili Merkez İlçe Enerji Nakil Hatları Haritası.	111
Harita 4-7. Ağrı ili Merkez İlçe Trafo Merkezleri Haritası.	113
Harita 4-8. Ağrı ili Merkez İlçe Akarsu Haritası.	115
Harita 4-9. Ağrı ili Merkez İlçe Ulaşım Haritası.	117
Harita 4-10. Ağrı ili Merkez İlçe Yerleşme Haritası.	119
Harita 4-11. Ağrı ili Merkez İlçe Yerleşme Haritası.	121
Harita 4-12. Ağrı ili Merkez İlçe Fotovoltaik GES Uygunluk Haritası.	122
Harita 4-13. Ağrı ili Merkez İlçe CSP GES Kurulum Haritası.	124
Harita 4-14. Ağrı Merkez İlçede yer alan Çukurçayır GES ve Suçatağı GES'lerinin Uydu Görüntüleri.	126
Harita 4-15. Ağrı İl Merkezinde kurulan GES'lerin Fotovoltaik GES için uygunluk Haritası.	127
Harita 4-16. Ağrı İl Merkezinde kurulan GES'lerin CSP GES için uygunluk Haritası.	128

KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat derece
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CSP	: Concentrating Solar Power (Konsantre Güneş Enerji Sistemleri)
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
EİEB	: Enerji İhtisas Endüstri Bölgelerine
ETKB	: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EPIA	: European Photovoltaic Industry Association (Fotovoltaik Endüstri Birliği)
FV	: Fotovoltaik
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GÜNDER	: Uluslararası Güneş Enerji Topluluğu Türkiye Bölümü
GWh	: Gigawatt saat
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
kWh	: Kilowatt saat
MW	: Megawatt
MTA	: Maden Tetkik Arama Enstitüsü
NREL	: Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu

REN21 : Renewables Global Status Report(Yenilenebilir Küresel Durum Raporu)

SERKA : Serhat Kalkınma Ajansı

TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

YEKDEM : Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destek Merkezi

% : Yüzde oranı



1. GİRİŞ

Günümüzde, uygarlığın hızlı gelişimi enerjinin önemini giderek daha fazla artırmaktadır. Bu bağlamda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, enerji kaynaklarının artan talebini karşılamak, enerji açığını kapatmak ve enerji bağımlılığını azaltmak amacıyla sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetlerini sürdürmekte ve enerji sorunlarına çözüm bulmaya çalışmaktadırlar (Özbek 2022).

Yenilenemeyen enerji kaynaklarına örnek olarak petrol, doğalgaz, kömür ve benzeri yakıtlar gösterilebilir. Bu tür kaynakların rezervleri gün geçtikçe azalmakta olup, bu durum enerji üretiminde sürdürülebilirlik sorunlarına yol açmaktadır. 1970'lerde meydana gelen ve birçok ülkeyi etkileyen petrol krizinin ardından, enerji alanında dışa bağımlı olan ülkeler, özellikle Avrupa ülkeleri, enerjiye daha güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde ulaşmak için çözümler aramaya yönelmişlerdir (Yılmaz ve Kalkan 2017). Bu nedenle, güvenli ve doğrudan erişim sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep artmış ve bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır.

Yenilenebilir enerjiler, fosil kaynaklı enerjilere kıyasla daha çevre dostu olsalar da, bu alandaki gelişmelerin arkasındaki temel neden, ülkelerin enerji konusundaki dış bağımlılıklarını azaltmak ve ulusal güvenliklerini riske atmamaktır. Bu gerçek göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi sürekli olarak artacak ve enerji konusunda daha sürdürülebilir ve güvenli bir gelecek sağlamak için kullanılacaktır. Bu sayede, enerji sorunlarına daha etkili ve çevre dostu çözümler sunularak ülkelerin kalkınmasına ve enerji bağımlılıklarının azalmasına katkı sağlanacaktır (Akusta ve Cergibozan 2020).

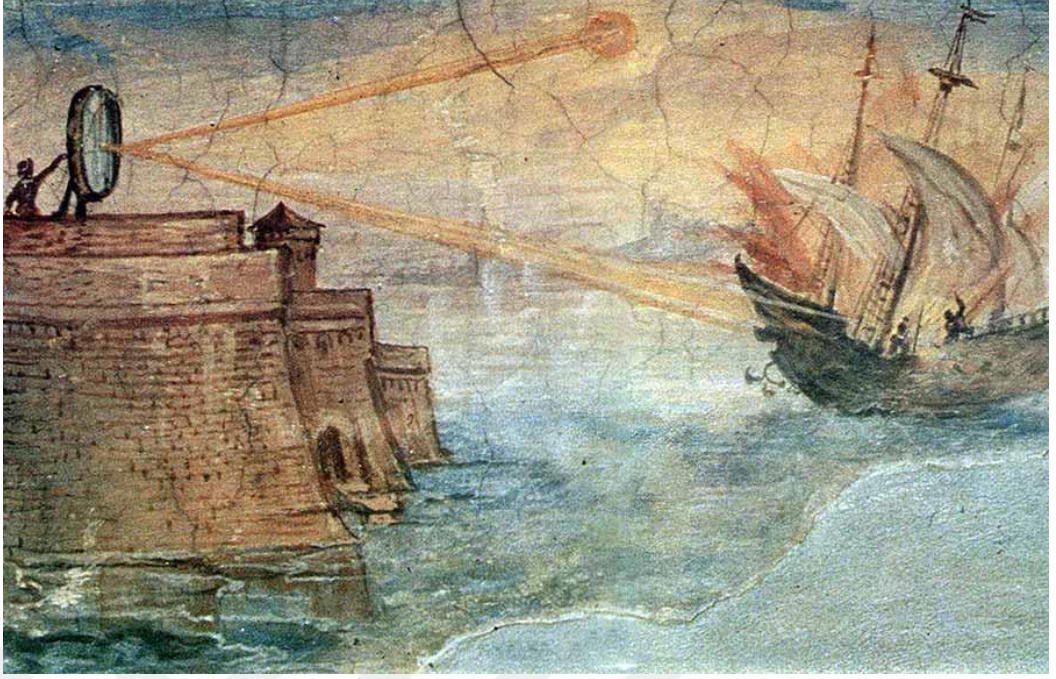
"Sürdürülebilir" terimi, ilk olarak 1980'lerde Brutland Raporu'nda ortaya çıkmıştır ve var olan kaynakları gelecek nesillerin de faydalanabileceği şekilde kullanma ve üretme yeteneğini benimsemeyi hedeflemektedir. Bu nedenle, enerji kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde kullanmak adına yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşmaya başlanmıştır. (Koyuncu ve Karabulut 2021)

Yenilenebilir enerji, doğada sürekli olarak bulunan ve serbest halde mevcut olan kaynaklardan enerji üretmeye dayalıdır. Özellikle günümüzde fosil kaynaklara bağlı olarak artan küresel çevre sorunları göz önüne alındığında, yenilenebilir enerjinin bu etkileri azaltmada önemli bir rol oynadığı görülmektedir (Şenpınar ve Gençoğlu 2006).

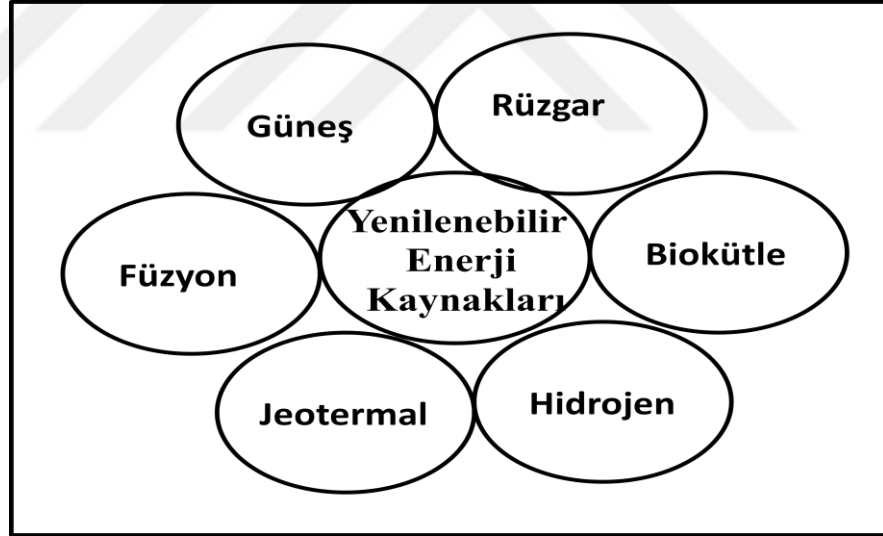
Yenilenebilir enerji kaynakları, tarihten beri farklı alanlarda kullanılmıştır. Örneğin, yiyeceklerin öğütülmesi, gıdaların kurutulması, suyun ısıtılması veya suyun pompalanması gibi alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmıştır (Şeker 2016). İlginç bir efsaneye göre, yaklaşık 2000 yıl önce Arşimet, Roma filolarını işgal etmek için iç bükey parabolik aynalar kullanarak güneş ışığını uzaktaki gemilere yoğunlaştırarak gemileri yakmıştır. Bu örnek, Arşimet'in güneş enerjisini kullanarak günümüzdeki güneş enerjisi kullanma mantığına benzer bir yaklaşım sergilediğini göstermektedir (Emrahoğlu ve Yeğingil 2019).

1890 yılında ise Sırp asıllı bilim insanı Nikola Tesla, ABD ile Kanada sınırı arasında bulunan Niagara Şelalesi üzerinde kurduğu santraller ile su gücünden elektrik üretimi gerçekleştirmiştir (Maden vd 2021). Bu ve benzeri örnekler, insanlık tarihi boyunca birçok alanda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığını göstermektedir.

Sonuç olarak, sürdürülebilirlik ilkesinin benimsenmesi ve enerji kaynaklarını gelecek nesiller için koruma amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşılması, küresel çevre sorunlarının azaltılması ve enerji üretiminde daha sürdürülebilir ve doğaya dost bir yaklaşımın benimsenmesi açısından önem taşımaktadır (Güner ve Turan 2017).



Şekil 1.1. Arşimet'in düşman gemilerini yakma sahnesi. (URL-16).



Şekil 1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1.1. Araştırmanın Amacı

Güneş enerjisi sistemleri, dünya genelinde enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisinin sınırsız enerji kaynağına sahip olması, kolay erişilebilir ve yenilenebilir bir kaynak olması nedeniyle, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Dünya üzerinde pek çok ülke, enerji politikalarında güneş enerjisine önemli bir yer ayırmaktadır. Ülkemiz de bu bağlamda, uluslararası kuruluşlarla işbirliği içinde güneş enerjisinin temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesini ve politikalarında kullanılmasını desteklemektedir. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'de birçok kuruluş ve yatırımcı, güneş enerjisi alanında kaynak ayırmaya ve bu alanda çalışmalar yapmaya başlamıştır (Şenlik 2017; Kırbaş ve Çiftci 2019; Orhan ve Şahin 2022).

Güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ve kullanılması, enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, özellikle enerji politikalarında güneş enerjisinin önemine vurgu yapılan ülkelerde, güneş enerjisi santralleri kurulabilecek alanların tespiti ve bu alanlara yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Yolcan ve Köse, 2020).

Ağrı ilçe merkezinde gerçekleştirilen bir araştırma, güneş enerjisi potansiyelini belirlemeyi ve güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanları tespit etmeyi amaçlamıştır. Bu asıl hedef doğrultusunda aşağıdaki alt hedefler belirlenmiştir.

1. Ağrı ilçe merkezinin
 - a) Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerlerini belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak
 - b) Doğrudan normal ışıyım güneş radyasyonu değerlerini belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak
2. Ağrı ilçe merkezinin eğim derecelerini belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
3. Ağrı ilçe merkezinin bakı durumlarını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.

4. Ağrı ilçe merkezinde enerji nakil hatlarının dağılışıını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
5. Ağrı ilçe merkezinde trafo merkezlerinin dağılışıını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
6. Ağrı ilçe merkezindeki akarsuların dağılışıını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
7. Ağrı ilçe merkezindeki karayollarının dağılışıını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
8. Ağrı ilçe merkezindeki yerleşim alanlarını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
9. Ağrı ilçe merkezindeki arazi niteliklerini belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.
10. Ağrı ilçe merkezinde güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanları ÇÖKA yöntemiyle belirlemek.
11. Ağrı ilçe merkezinde var olan güneş enerji santrallerinin ÇÖKA sonuçlarına göre uygunluğunu değerlendirmek.

1.2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın 2022 yılı Kömür ve Enerji Raporu'na göre, dünyada en fazla tüketilen enerji kaynaklarından olan fosil kaynakların ömrü hızla azalmaktadır. Eğer bu hızla tüketilmeye devam edilirse, doğalgazın 60-70 yıl, petrolün 50-60 yıl, linyitin 220 yıl ve maden kömürünün 120 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir. Fosil enerji kaynaklarının önümüzdeki birkaç on yıl içinde tükenerek olması, dünya ülkelerini alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir (Durukan ve Yılmaz 2021).

Dünyada artan enerji ihtiyacıyla paralel olarak, güneş enerjisi ve güneş enerji teknolojilerine özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından hızla büyüyen bir talep oluşmaktadır (Bozkurt ve Yanardağ, 2017). Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye de bu konuda ilerleme kaydetmektedir; ancak, güneş enerjisi alanında yapılan çalışmaların çoğunluğu mühendislik ve kamu alanlarında gerçekleşmekte olup, coğrafya alanında yapılan araştırmalar sınırlıdır. Ağrı ili için de bu eksiklik göz önünde bulundurulduğunda, çalışmanın önemi daha da artmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2022 Raporu'nda belirtildiği üzere, Rusya-Ukrayna savaşının ardından ülkeler enerjiye güvenli erişimin önemini bir kez daha anlamış ve bu doğrultuda yenilenebilir enerji alanında bekleyen projeleri devreye almak ya da kurulum aşamasında olan projeleri hızlandırmak gibi atılımlar gerçekleştirmiştir (URL-6). Türkiye'nin coğrafi konumu nedeniyle, güvenilir enerjiye erişim konusunda geri durmamalı ve güneşlenme potansiyeli yüksek olan Ağrı gibi illerde yenilenebilir enerji çalışmalarına öncelik vermelidir.

1.3. Varsayımlar

Aşağıda, çalışmadaki varsayımlar ele alınarak karşılaşılan maddeler sıralanmıştır:

Öncelikle haritalarda kullanılan veriler Meteoroloji genel müdürlüğünden Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi bünyesi altında istenilmiştir. Gelen verilere ulaşması sonucunda çalışma alanı için istasyon verisinin az olduğuna bu sayıda istasyon verisi ile yapılan haritalandırılmaların doğru bilgi için yeterli olmadığına karar verilmiştir. Bu sebeple haritalar için çalışmanın Bulgular bölümünde adresleri belirtilen açık erişimli kaynaklardan veri çekilmiş olup oluşturulan haritaların yüksek çözünürlüklü veri sağladığı varsayılmıştır. Bu veriler, bölgedeki güneş enerjisi potansiyelinin analiz edilmesi ve haritalandırılması için kullanılmıştır.

Oluşturulan haritaların yüksek çözünürlüklü veri sağladığını ve bölgedeki güneş enerjisi potansiyelini doğru bir şekilde yansıttığı varsayılmıştır. Bu varsayım, haritaların doğru ve güvenilir bilgi sağlaması için önemlidir.

Çalışmada kullanılan açık erişimli internet kaynaklarının doğru bilgi verdiği varsayılmıştır. Bu, bölgedeki güneş enerjisi potansiyelini ve ilgili faktörleri değerlendirebilmemiz için gerekliydi.

Faydalanılan çalışmaların doğru bilgi sağladığı varsayılmıştır. Bu, güneş enerjisi santrali kurulumu ve bölgedeki enerji üretiminin çeşitlendirilmesi konularında karar verme süreçlerinde kullanılacak verilerin doğruluğunu ve güvenilirliğini garanti etmek için önemlidir.

Sonuç olarak, bu varsayımlar ışığında, Ağrı ilçe merkezinde güneş enerjisi santrali kurulumu için potansiyel değerlendirmesi yapılmış ve bu potansiyelin uygun şekilde kullanılması için stratejik ve bilinçli kararlar alınması gerektiğini öne sürmüştür. Bu süreçte, kullanılan verilerin ve kaynakların doğruluğu ve güvenilirliği büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, çalışmanın güvenilirliğini sağlamak adına, sürekli olarak mevcut verilerin ve kaynakların güncelliğini ve doğruluğunu gözden geçirmek önemlidir.

1.4. Sınırlılıklar

Ağrı ili Doğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde; Doğusunda İran, kuzeyinde Kars ve Iğdır batısında Erzurum güneyinde Muş, Bitlis ve Van'ın yer aldığı bir alanda bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık $38^{\circ}59'-40^{\circ}02'$ kuzey paralelleri ile $42^{\circ}15'-44^{\circ}36'$ doğu meridyenleri arasında yer almaktadır.

Çalışma alanı Ağrı İlçe Merkezi ile sınırlı olmakla birlikte bölgenin güneş enerji potansiyelini tespit ettikten sonra Güneş Enerji Santralleri için uygun alanların tespiti ile sınırlıdır.

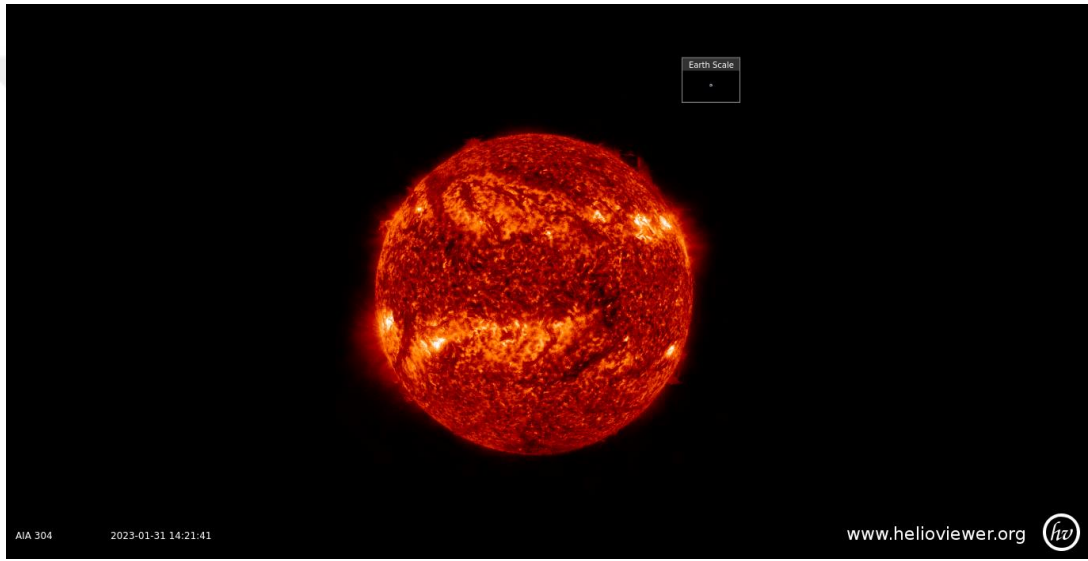
Çalışmanın kuramsal kısmı için kullanılan veriler, yenilenebilir enerji ve güneş enerjisi alanında yapılan yerli ve yabancı literatürü taramak ve kaynakçada belirtilen kaynakları kullanmak ile sınırlıdır. Çalışmada kullanılan veriler yine aynı şekilde kaynakçada belirtilen kurum ve sitelerden erişilmiş ve gerekli tablo, grafik ve haritalandırılmaların yapılması ile sınırlıdır.

Çalışmanın en önemli kısmını oluşturan Ağrı İlçe merkezinde Güneş enerji santrali için uygun alanların haritası için baz alınan kriterleri değerlendirmek için görüşlerine başvurulmuş uzman sayısı; 3 uzman 1 araştırmacı olmak üzere 4 kişiden oluşmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Güneş Enerjisi Nedir?

Güneş, adını verdiği sistemin merkezinde yer alan dünyamıza 150 milyon kilometre uzaklıkta ve 4,5 milyar yaşında bir yıldızdır. Güneş tek başına sistemdeki kütleinin %99'na sahiptir. Geriye kalan kütle yi yıldızın çekim kuvveti ile dönen gezegenler, göktaşları, asteroitler, kuyruklu yıldızlar ve kozmik tozlar oluşturmaktadır. Güneş'ten gelen enerji sayesinde dünyada canlı yaşamı sürmektedir (URL-7).



Şekil 2.1.Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) İnternet Sitesinden alınmış Güneşimize ait bir fotoğraf(URL-7).

Günümüzde insanlığın ve bilgi toplumunun gelişmesiyle birlikte enerji ihtiyacı giderek artmakta ve mevcut enerji kaynakları yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple alternatif enerji kaynakları arayışı sürerken, fosil yakıtların doğaya verdiği zararlar da göz önünde bulundurulmaktadır (Yıldırım ve Nuri 2018). İklim değişikliği ve çevre sorunlarıyla mücadelede, doğa dostu ve güvenilir enerji sistemleri önem kazanmıştır. Bu çerçevede, güneş enerjisi alanında yenilikçi adımlar atılmıştır (Akdoğan ve Kovancılar, 2022).

Güneş, içindeki hidrojenin helyuma dönüşümü ile devasa bir enerji reaktörü görevi görmekte ve bu enerji dünyamızda faydalanılmaktadır. Ancak, dünyamız gelen enerjinin tamamından faydalanamamakta; çeşitli süreçler sonucu enerji kaybı yaşanmaktadır. Yine de kalan enerji dünya üzerindeki yaşam ve insan faaliyetleri için yeterli seviyededir (Özmen vd. 2020).

Dünyamızdaki yaşam için gerekli olan enerji akışı, güneş enerjisi ile sağlanmaktadır. Aslında rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi, dalga enerjisi ve su döngüsünü etkileyerek akarsu gücünden gelen enerji gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağının temelinde Güneş bulunmaktadır. Ayrıca, fosil yakıtların içerdiği enerji de aslen Güneş enerjisi olarak kabul edilmektedir (Varınca ve Varank 2005).

İnsanoğlunun enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla fosil yakıtları kullanması, dünya üzerinde ciddi zararlara yol açmıştır. Bu durum göz önüne alındığında, güneş enerjisi daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, tüm dünyada özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep giderek artmaktadır. Güneş enerjisi, çevre dostu ve sürdürülebilir nitelikleriyle, bu talebi karşılamak için uzun süredir potansiyel bir çözüm sunmaktadır (Özen vd. 2015).

Son yıllarda, güneş enerjisine dayalı teknolojilerin geliştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi sayesinde, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşması hızlanmıştır. Fotovoltaik paneller ve güneş termal enerji santralleri gibi sistemler, enerji üretimi için güneş ışınlarını doğrudan kullanarak, daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş sürecine katkıda bulunmaktadırlar (Bilhan ve Emikönel 2021; Yılmaz ve Korkmaz 2021).

Ayrıca, güneş enerjisi teknolojilerinin gelişmesiyle, enerji depolama sistemleri ve akıllı şebekeler de önem kazanmıştır. Bu sayede, güneş enerjisinin arz ve talep dengesini sağlama ve enerji dağıtımını daha verimli hale getirme kapasitesi artmıştır (Bahçeci ve Daldaban 2017).

Güneş enerjisinin kullanımı, enerji güvenliği ve bağımsızlığı açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Ülkeler, güneş enerjisi sayesinde enerji ithalatına olan bağımlılıklarını azaltabilir ve enerji maliyetlerini düşürebilirler. Bu durum hem ekonomik kalkınma hem de uluslararası enerji politikaları açısından büyük öneme sahiptir (Mutlu 2012).

Sonuç olarak, güneş enerjisi dünyamızın enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynamakta ve fosil yakıtların çevreye verdiği zararlara karşı daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Bu sebeple, güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması hem küresel iklim değişikliği mücadelesi hem de enerji güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

2.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisi, dünyanın enerji ihtiyacını karşılamak için sürdürülebilir, temiz ve düşük maliyetli bir seçenek sunmaktadır (EPIA 2011). Son yıllarda, güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişmeler ve maliyetlerin düşmesi, bu enerji kaynağının kullanım alanlarının sürekli olarak genişlemesine yol açmıştır (Zhang *et al* 2016).

Güneş enerjisinin kullanım alanları, enerji üretimi, ısıtma ve soğutma, elektrikli ulaşım ve su temini gibi çok çeşitli alanları kapsar (Kalogirou 2009). Güneş enerjisi kullanımı, daha sürdürülebilir ve enerji verimli bir toplum yaratma potansiyeline sahiptir (Chow 2010).

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır (Goetzberger *et al* 2003). Fotovoltaik sistemlerin kullanımı, konutlarda, ticari binalarda ve endüstride elektrik üretimi için giderek yaygınlaşmaktadır (Razykov *et al* 2011). Bu sistemler, enerji bağımsızlığı sağlamanın yanı sıra, enerji maliyetlerini azaltma ve karbon emisyonlarını sınırlandırma potansiyeline sahiptir (Alsema vd 2006). Fotovoltaik sistemler, enerji ihtiyacının karşılanması için geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bunlardan bazılarını aşağıda yer verilmiştir (Parida *et al* 2011):

Konut ve ticari binalarda: PV sistemler, binaların çatılarına veya diğer uygun alanlara monte edilerek elektrik enerjisi sağlar. Bu enerji, bina içindeki aydınlatma, ısıtma, soğutma ve elektrikli cihazların çalıştırılması için kullanılabilir.

Endüstride: PV sistemler, enerji ihtiyacı olan endüstriyel tesislerde kullanılabilir. Bu sistemler, üretim süreçlerinde enerji sağlamak için kullanılabilmektedir.

Ulaşımda: PV sistemler, elektrikli araçların şarj istasyonlarında kullanılabilir. Ayrıca, deniz ve hava taşımacılığında da PV sistemler enerji sağlamak için kullanılmaktadır.

Telekomünikasyonda: PV sistemler, iletişim altyapısı için enerji sağlayabilir. Bu sistemler, özellikle enerji erişimi zor olan bölgelerde veya acil durumlar için kullanılabilir.

Kırsal bölgelerde: PV sistemler, elektrik şebekesine bağlı olmayan (off-grid) kırsal alanlarda enerji sağlayabilir. Bu sistemler, su pompaları, sulama, eğitim ve sağlık hizmetleri gibi temel ihtiyaçların karşılanması için kullanılabilir.

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisinin kullanım alanlarından sadece biridir ve enerji ihtiyacının karşılanması için önemli bir potansiyele sahiptir. Teknolojik gelişmeler ve politika destekleriyle, güneş enerjisi kullanımı dünya genelinde yaygınlaşarak, enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Güneş termal enerji, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürerek kullanır (Kalogirou 2004). Güneş termal sistemler, konutlarda ve ticari binalarda sıcak su temini ve mekan ısıtma için kullanılabilir (Hernández-Moro *et al* 2014). Ayrıca, güneş termal enerji, özellikle yoğunlaştırıcı güneş enerjisi santralleri (CSP) aracılığıyla büyük ölçekli enerji üretimi için de kullanılabilir (Pitz-Paal *et al* 2005).

Güneş termal enerji sistemleri, genellikle çeşitli tiplerde odaklanma aynaları veya yüzeyleri kullanır. Odaklanma yüzeyleri, güneş ışınlarını bir noktada toplayarak yüksek sıcaklıklar elde etmek için kullanılır. Bu yüksek sıcaklıklar, genellikle su veya diğer sıvılar gibi bir ortamda biriktirilir ve daha sonra elektrik veya ısı üretmek için kullanılabilir.

Güneş enerjisi, tarımsal uygulamalar için de büyük potansiyele sahiptir. Sulama sistemlerinde güneş enerjisi kullanımı, tarımsal alanlarda enerji bağımsızlığı sağlamakta ve su kaynaklarının daha etkin yönetilmesine yardımcı olmaktadır (Khan *et al* 2015). Ayrıca, güneş enerjisi, seraların ısıtılması, tarım ürünlerinin kurutulması ve güneş ocakları gibi enerji yoğun işlemler için de kullanılabilir (Kalogirou 2004).

Güneş enerjisi, elektrikli ulaşım araçlarını şarj etmek için kullanılabilir ve böylece fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltabilir (Pearce 2002). Ayrıca, güneş enerjisi, iletişim altyapısının çalıştırılması için de kullanılabilir; örneğin, güneş panelleri ile çalışan radyo vericileri ve telefon baz istasyonları gibi (Karampelas *et al* 2010).

Güneş enerjisi, deniz suyunun arıtılması ve tatlı su üretimi için kullanılabilir. Güneş enerjisi ile çalışan ters ozmoz ve distilasyon sistemleri, enerji maliyetlerini azaltabilir ve su kıtlığı yaşayan bölgelerde temiz su teminini artırabilir (Gude *et al* 2015).

Güneş enerjisinin kullanım alanları, enerji üretimi, ısıtma, soğutma, ulaşım, iletişim ve su temini gibi çok çeşitli alanları kapsamaktadır. Güneş enerjisi teknolojilerinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesi, bu enerji kaynağının kullanımının daha da yaygınlaşmasına ve sürdürülebilir enerji sistemlerine geçişin hızlanmasına katkıda bulunacaktır. Gelecekte, güneş enerjisinin kullanım alanlarının daha da genişlemesi ve enerji talebini karşılamada daha büyük bir rol oynaması beklenmektedir (Varlı vd. 2022).

Güneş enerjisi teknolojileri, maliyetlerin düşmesi ve verimliliğin artmasıyla giderek daha popüler hale gelmektedir. Gelecekte, bu eğilimin devam etmesi ve daha fazla uygulama alanının güneş enerjisi kullanımına geçmesi beklenmektedir (Yolcan ve Köse, 2020).

Güneş enerjisi teknolojilerinin daha fazla yaygınlaşması için verimliliklerinin artırılması ve maliyetlerinin azaltılması önemlidir. Bu nedenle, fotovoltaik hücreler, konsantre güneş enerjisi sistemleri ve güneş enerjisi ile çalışan cihazların geliştirilmesine odaklanan sürekli araştırma ve yeniliklerin teşvik edilmesi gerekmektedir (Goetzberger *et al* 2003; Zhang *et al* 2016).

Güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşması için, insanların bu enerji kaynağı ve onun avantajları hakkında bilinçlendirilmesi önemlidir. Eğitim programları ve kamuoyu bilgilendirme kampanyaları, güneş enerjisinin faydalarını ve potansiyel uygulama alanlarını tanıtmak için etkili araçlar olabilir (Kalogirou 2009).

Devletler ve yerel yönetimler, güneş enerjisi kullanımını teşvik etmek için politikalar ve düzenlemeler geliştirebilir. Bu politikalar, güneş enerjisi projelerine yönelik sübvansiyonlar ve vergi indirimleri, enerji altyapısının güneş enerjisi entegrasyonunu destekleyecek şekilde geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji hedeflerinin belirlenmesi gibi önlemleri içerebilir (Hernández-Moro ve Martínez-Duart 2014).

Güneş enerjisinin etkin kullanımı için, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegrasyonu önemlidir. Güneş enerjisi, rüzgar, hidroelektrik ve jeotermal enerji gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte kullanılarak daha istikrarlı ve güvenilir enerji sistemleri oluşturulabilir (EPIA 2011).

Sonuç olarak, güneş enerjisi, enerji üretimi, ısıtma, soğutma, ulaşım, iletişim ve su temini gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle, güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaşması, enerji ihtiyacını karşılama ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynayabilir.

Gelecekte, güneş enerjisinin potansiyelini daha etkin ve verimli bir şekilde kullanmak için teknolojik yenilikler, eğitim ve farkındalık çalışmaları, politika ve düzenlemeler ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu gibi alanlarda önemli adımlar atılması beklenmektedir. Bu çabalar, hem enerji güvenliği ve bağımsızlığına katkı sağlayacak hem de enerji üretimi ve tüketimi ile ilgili çevresel etkileri azaltacaktır. Dolayısıyla, güneş enerjisi ve onun kullanım alanlarıyla ilgili daha fazla araştırma ve çalışma yapılması, dünyanın enerji ihtiyaçlarını sürdürülebilir ve çevre dostu bir şekilde karşılamaya yardımcı olacaktır. Bu amaçla, akademisyenler, politika yapıcılar, endüstri temsilcileri ve toplumun tüm kesimlerinin güneş enerjisinin yaygınlaşması ve kullanımının artırılması için işbirliği yapması önemlidir. Bu işbirliği, enerji sektöründeki dönüşümün hızlanmasını sağlayarak, dünyamızın enerji geleceğine daha yeşil ve sürdürülebilir bir perspektif kazandıracaktır.



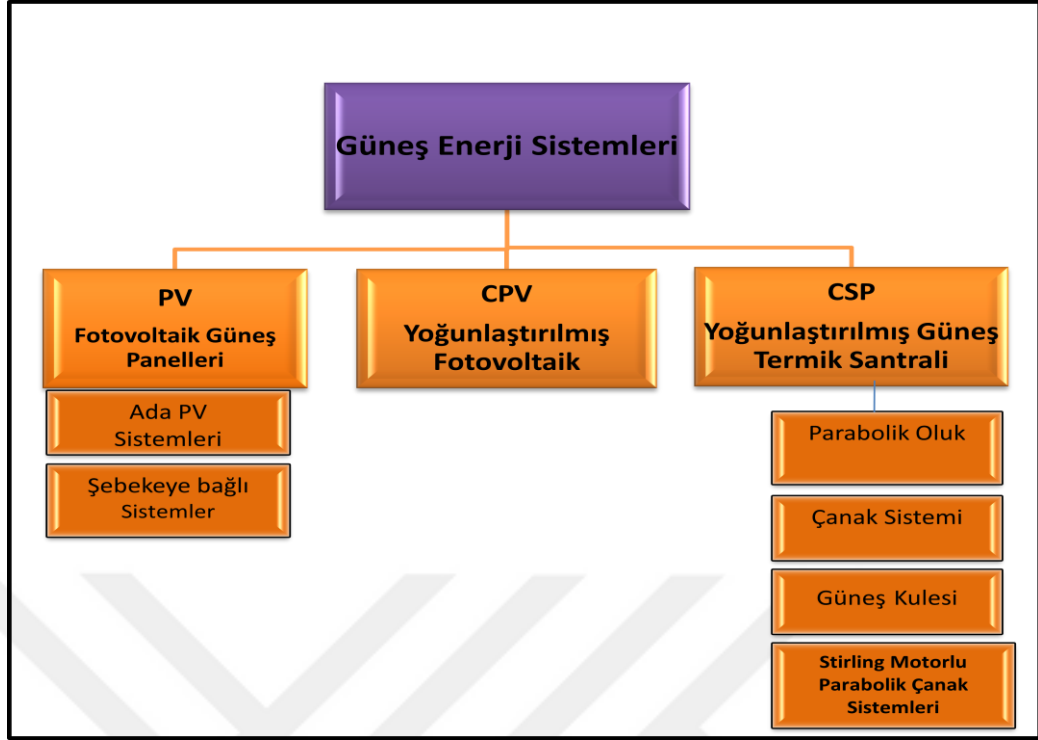
Şekil 2.2. Güneş enerjisi sistemleri için değerlendirilebilecek çatı alanları(URL-10).

2.3. Güneş Enerji Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanma yöntemleri olarak bahsedilen pasif ve aktif sistemler arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Pasif sistemler, güneş enerjisinin doğrudan kullanılması yoluyla sıcak su üretiminde kullanılan güneş kolektörleri gibi düşük teknoloji seviyelerinde uygulanan sistemlerdir. Bu sistemlerde, güneş ışınları toplanarak ısı enerjisine dönüştürülür ve sıcak su üretimi için kullanılır. Aktif sistemler ise, güneş enerjisiyle elektrik üretmek için fotovoltaik panellerin kullanıldığı yüksek teknoloji seviyelerinde uygulanan sistemlerdir. Bu sistemlerde, güneş pilleri kullanılarak güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülür. (Rüstemli vd 2013; Güneş vd 2019; Yağlı ve Koç 2020).

Güneş enerjisinden faydalanma yöntemlerinde kullanılan teknoloji seviyeleri, uygulama alanları ve çevresel etkileri farklılık göstermektedir. Pasif sistemlerin düşük teknoloji seviyeleri nedeniyle maliyetleri daha düşüktür ve evlerde sıcak su üretimi, ısıtma gibi basit uygulamalar için kullanılır. Aktif sistemler ise yüksek teknoloji seviyeleri ve yüksek maliyetleri nedeniyle genellikle elektrik üretimi gibi daha büyük ölçekli uygulamalarda kullanılır. (Dal 2021)

Güneş enerjisinden faydalanma yöntemleri, düşük karbonlu enerji kaynaklarına yönelik küresel çabaların bir parçası olarak giderek daha önemli hale gelmektedir. Hem pasif hem de aktif sistemler, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak çevresel etkileri azaltmaya yardımcı olabilir.



Şekil 2.3. Güneş enerjisinden elektrik üretim şekilleri(Güçlüer 2010).

2.3.1. Sabit FV Panel Sistemleri

Photovoltaic teknolojisi, güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi için kullanılan bir teknolojidir. Bu teknoloji, güneş enerjisiyle doğrudan elektrik üretimini sağlayan fotovoltaik hücrelerin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Fotovoltaik hücreler, güneş ışınlarını alarak ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler (Kayabaşı ve Kaya 2019; Karabaş ve Mengi 2019).

Photovoltaic kelimesi, İtalyan fizikçi Alessandro Volta'ya ithafen Yunanca "ışık" anlamına gelen "photos" ve "volt" kelimelerinin birleşimiyle oluşmuştur. Bu teknolojinin temeli, ilk defa 1839 yılında Alexandre Edmond Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Ancak fotovoltaik hücrelerin kullanımı, 1950'lerde Bell Labs'ta gerçekleştirilen araştırmalar sonucu yaygınlaşmıştır(Karadeniz 2019).

Bugün, fotovoltaik teknolojisi, elektrik üretimi için en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi, fosil yakıtların kullanımının azaltılmasına ve çevresel etkilerin azaltılmasına

yardımcı olabilir. Ayrıca, fotovoltaik teknolojisi, özellikle off-grid bölgelerde elektrik üretimi için ideal bir çözüm sunmaktadır(Mutlu 2012).



Şekil 2.4. Sabit FV panel uygulaması (URL 18).

2.3.2. Panel Soğutma Sistemleri

Fotovoltaik panellerin enerji üretiminde sıcaklık önemli bir faktördür ve bu durum, enerji verimini olumsuz yönde etkileyebilir. Panel sıcaklığının yükselmesi, elektrik üretiminin azalmasına yol açmaktadır, çünkü fotovoltaik panellerin sıcaklığı, çevrelerindeki ortam sıcaklığından daha yüksektir (Yalılı Kılıç ve Adalı 2021).

Fotovoltaik (PV) panellerin enerji verimliliğini etkileyen en önemli faktörler hava sıcaklığı ve ortam rüzgâr şiddeti olarak belirlenmiştir (Gençoğlu 2002). Araştırmalar, ortamın hava sıcaklığı ile panellerin verimlilikleri arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Genel kanının aksine, sıcaklık arttıkça üretilen enerji oranında artış beklenmemelidir. Bunun yerine, sıcaklık arttıkça gerilim düşer ve bu da verimin %10'a kadar düşebileceği anlamına gelir(Yeşilbudak vd. 2018).

Ortam rüzgâr hızının artması ise panellerin soğutulmasına yardımcı olabilir ve bu durum, panel gerilimini düşürerek panellerin daha fazla elektrik üretmesine katkı sağlar (Cengiz ve Mamiş 2016). Rüzgâr şiddetinin artışının, fotovoltaik panellerin sıcaklığını düşürerek enerji verimliliğini artırdığına dair yapılan çalışmalar, sıcaklık ve rüzgâr şiddetinin enerji üretimi üzerindeki etkilerinin önemini vurgulamaktadır(Altay Topcu 2022).

Bu nedenle, fotovoltaik panellerin enerji verimliliğini optimize etmek için sıcaklık yönetimi ve rüzgâr şiddeti gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. İlgili faktörlerin incelenmesi ve kontrolü, enerji üretiminin artırılması ve fotovoltaik panellerin daha etkin kullanılması için önemli bir adımdır. Bu çalışmalar, fotovoltaik teknolojilerin geliştirilmesi ve enerji sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması adına büyük önem taşımaktadır(Çağlayan 2019).

2.3.3. Güneş Takip Sistemleri

Fotovoltaik güneş panellerinin enerji verimliliğini optimize etmek için, panellerin güneşe karşı doğru konumlandırılması büyük önem taşımaktadır. Sabit fotovoltaik panellerde bu konumlandırma genellikle zor olabilirken, hareketli güneş takip sistemleri bu sorunu çözerek panellerin verimliliğini artırmaktadır (Duman vd 2014; Özdemir vd 2017).

Güneşe göre konumlandırılan fotovoltaik panellerin, gün boyunca güneşten maksimum düzeyde faydalanabilmesi sağlanır. Güneş takip sistemleri sayesinde panellerin enerji üretim verimliliği artırılabilir. Ancak, dünyanın yıl içindeki mevsimsel değişimler ve güneşe karşı farklı yörüngeler takip etmesi nedeniyle, gün içinde yapılan takip işlemleri her zaman aynı enerji kazancını sağlamayabilir (Cengiz ve Mamiş 2016).

ABD'deki National Renewable Energy Lab (NREL) tarafından yapılan ölçüm çalışmalarında, güneş takip sistemlerinin verimliliğinin sabit panellere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Sabit fotovoltaik panellerde yıllık 5.5 kW/m² elektrik üretimi,
 - Tek eksenli güneş takip sistemlerinde yıllık 7.2 kW/m² elektrik üretimi,
 - Çift eksenli güneş takip sistemlerinde yıllık 7.4 kW/m² enerji üretimi.
- (Kayri 2023)

Bu sonuçlar, panellerin güneşe olan açısal dikliklerinin arttıkça verimin arttığını göstermektedir.

Güneş takip sistemlerinin kullanımı, dar alanlarda uygulama avantajı sunmaktadır. Örneğin, alan kısıtlaması olan projelerde (gemi, karavan gibi araçlar) güneş takip sistemleri sayesinde daha az panel kullanılarak hedeflenen enerji üretimi gerçekleştirilebilir (Bilgin 2006). Bu nedenle, güneş takip sistemlerinin uygulanabilirliği ve enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalar, fotovoltaik teknolojilerin geliştirilmesi ve enerji sektöründeki sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Altınöz ve Mıhlayanlar 2019).



Şekil 2.5. Güneş takip sistemi uygulaması (URL 18).

2.3.4. Konsantre Güneş Enerji Sistemleri (CSP)

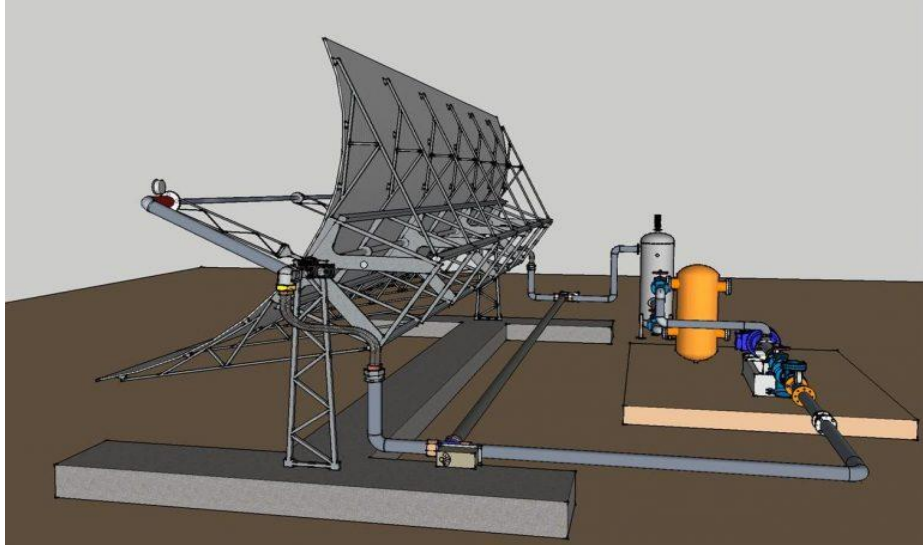
Konsantre Güneş Enerjisi (CSP) teknolojisinin kökenleri 1970'li yıllara dayanmaktadır. CSP sistemleri, büyük ölçekli enerji üretimi için kullanılabilen ve verimliliği daha yüksek olan güneş enerjisi teknolojileridir. Bu sistemlerde, yansıtıcı aynalar yardımıyla güneş enerjisi yüksek sıcaklıkta ısıya dönüştürülerek elektrik üretilir ve daha sonra bu ısı bir jeneratöre aktarılır (Güçlüer 2010). Konsantre Güneş Enerji Sistemleri modüler yapıları nedeniyle, şebekeye bağlı büyük ölçekli sistemlerden daha küçük ölçekli sistemlere kadar uygulanabilirler. Bu sistemler doğrudan güneş ışığına bağlıdır, ancak güneş ve rüzgâr sistemlerini birleştirerek hibrit sistemlerde kullanılabilirler ve bu şekilde gün boyu enerji üretimi sağlanarak işletme maliyetleri düşürülebilir (URL-1).



Şekil 2.6. CPV teknolojisi (URL 18).

Dünyada en çok tercih edilen konsantre güneş enerji sistemlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

a) Parabolik oluk sistemleri: Güneş enerjisi, parabolik oluk şeklindeki yansıtıcılarla alıcı boru üzerinde odaklanır. İçinde yağ akan boruyu gelen enerji ısıtır ve bu enerji ile buharlı jeneratörde elektrik üretimi gerçekleştirilir. Bu tasarımlar, gün ışığının olmadığı sürelerde termal depolama sayesinde birkaç saat daha enerji üretmeye devam ederler. Parabolik oluk santralleri genellikle hibrit santrallerdir ve güneş radyasyonun düşük olduğu durumlarda fosil yakıtları kullanarak üretimdeki açığı tamamlarlar. Santrallerde doğal gaz ateşlemeli ısı veya gaz buhar ısıtıcı kullanılır ve aynı zamanda mevcut kömür yakmalı santrallerle entegre olabilirler (Chafiou ve Üçgül 2022).



Şekil 2.7. Parabolik oluk sistemi uygulaması (URL 18).

b) Kule Sistemleri: Bu tip sistemlerde, genellikle bir adet güç kulesi bulunmaktadır. Gelen güneş ışınları, büyük ölçekli aynalar tarafından kulenin tepesindeki bir alıcıya yoğunlaştırılırlar. Kuledeki alıcı içindeki ısı transfer akışkanı ısıtılarak buhar üretmek üzere türbin-jeneratörde elektrik üretimi gerçekleştirir (Cengiz ve Mamiş 2016).



Şekil 2.8. Kule sistemi uygulaması(URL-18)

c) Stirling Motorlu Parabolik Çanak Sistemleri: Bu sistemlerde, çanak şeklindeki yansıtıcılar güneş ışınlarını alıcıya odaklar. Alıcı üstünde biriken ısı, alıcı üzerindeki Stirling motoru tarafından elektrik üretimine dönüştürülür. Bu sistemler, güneşi takip etme özelliğine sahiptir ve hem küçük ölçekli hem de büyük ölçekli projelerde kullanılabilir (Cengiz ve Mamiş 2016).

Konsantre Güneş Enerji Sistemleri (CSP) için güneş enerjisi tarlalarının kurulumu esnasında alan seçimi büyük önem taşımaktadır. Enerji üretimi, doğrudan güneş radyasyonu ile orantılıdır ve bu değer, kuzey-güney enlemlerine göre değişiklik gösterir. CSP sistemlerinde doğrudan güneş ışığına ihtiyaç duyulduğundan, bulutluluğun az olduğu çöl bölgeleri gibi alanlar tercih edilmektedir. (Ateş ve Topal 2021).



Şekil 2.9. Stirling motorlu parabolik çanak sistemi uygulaması (URL 18).

Konsantre Güneş Enerji Sistemleri (CSP) uygulamalarında, enerji üretiminin etkinliği ve sürdürülebilirliği için birden fazla faktör dikkate alınmalıdır. Bunlar arasında şunlar bulunmaktadır: (Duran ve Çelikkaya 2019)

Topografya: Güneş enerjisi tarlalarının kurulduğu alanın topografyası, enerji üretimi ve sistem verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düz ve güneş ışığına maksimum maruz kalan alanlar tercih edilmelidir. (Yolcan ve Köse, 2020)

İklim koşulları: CSP sistemlerinin enerji üretimi, iklim koşullarına bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, yüksek güneş radyasyonu ve düşük bulut örtüsüne sahip bölgeler, enerji üretimi için daha uygun kabul edilir. (Mutlu 2012)

Su kaynakları: CSP sistemleri, soğutma ve buhar üretimi için su kaynaklarına ihtiyaç duyar. Bu nedenle, su kaynaklarına yakın olan bölgelerde CSP sistemlerinin kurulması, enerji üretimi açısından daha verimli olabilir. (Dal 2021)

Ulaşım ve altyapı: Güneş enerjisi tarlalarının kurulacağı alanların ulaşım ve altyapı olanaklarına yakın olması, projenin maliyet ve zaman açısından verimliliğini artırabilir. (Başay vd. 2019)

Bakım ve işletme: Konsantre Güneş Enerji Sistemlerinin (CSP) düzenli bakım ve işletme süreçleri, enerji üretimi ve sistem verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, teknik uzmanlık ve ekipmanlara erişim kolaylığı, projenin başarısı için önemlidir. (Altınöz ve Mıhlıyanlar 2019)

Yatırım ve finansman: CSP projelerinin gerçekleştirilmesi için yeterli yatırım ve finansman imkanlarına sahip olmak gerekmektedir. Bu, projelerin maliyet-etkin ve sürdürülebilir olmasına katkı sağlar. Ayrıca, hükümet teşvikleri ve politikaları da bu alanda yatırımı destekleyici unsurlar olarak önem taşır. (Younas vd. 2019)

Teknolojik gelişmeler: CSP teknolojisinin sürekli gelişimi ve yenilikçi çözümler sunması, enerji üretimi ve verimlilik açısından önemlidir. Bu nedenle, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine yatırım yapmak, sektörün geleceği için kritik öneme sahiptir. (Mutlu 2012)

Çevresel etkiler: CSP sistemlerinin çevresel etkilerinin minimize edilmesi, sürdürülebilir enerji üretimi açısından önemlidir. Bu nedenle, projelerin çevresel etki değerlendirmeleri (ÇED) sürecinden geçirilerek, olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi sağlanmalıdır. (Kon ve Sandal 2022)

Enerji depolama ve entegrasyon: CSP sistemleri ile üretilen enerjinin depolanabilmesi ve şebekeye entegre edilebilmesi, enerji kullanımının sürekliliği ve güvenilirliği açısından önem taşır. Bu nedenle, enerji depolama teknolojilerine

yatırım yapmak ve şebeke entegrasyonu için uygun altyapıları sağlamak gerekmektedir (Aydın vd. 2020).

Hukuki ve düzenleyici çerçeve: CSP projelerinin gerçekleştirilmesi için uygun hukuki ve düzenleyici çerçevenin oluşturulması, enerji sektöründe güven ve istikrarın sağlanması açısından önemlidir. Bu bağlamda, hükümetlerin ve düzenleyici otoritelerin, sektörün gelişimi için uygun politika ve düzenlemeleri hayata geçirmesi gerekmektedir (Güven ve Mete 2021).

Eğitim ve farkındalık: Konsantre Güneş Enerji Sistemlerinin yaygınlaşması ve başarılı bir şekilde uygulanması için, sektörde çalışan profesyonellerin ve ilgili tüm paydaşların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, eğitim programları ve farkındalık çalışmalarına yatırım yapmak, CSP teknolojisinin daha geniş kitlelere ulaşmasına ve kabul görmesine yardımcı olacaktır (Güven ve Göçen Kabaran 2022).

İşbirliği ve ortaklıklar: CSP projelerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve geliştirilmesi için, sektördeki paydaşların işbirliği ve ortaklıklar kurması önemlidir. Bu sayede, bilgi ve deneyim paylaşımı sağlanarak, projelerin daha etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesi mümkün olacaktır (Er ve Komurlu 2017).

Pazarlama ve tanıtım: CSP teknolojisinin yaygınlaşması ve kabul görmesi için, pazarlama ve tanıtım faaliyetlerine önem vermek gerekmektedir. Bu sayede, teknolojinin avantajları ve uygulama alanları daha geniş kitlelere ulaşarak, sektördeki yatırımların ve talebin artması sağlanabilir (Güven ve Göçen Kabaran 2022).

Sürdürülebilirlik değerlendirmesi: CSP projelerinin gerçekleştirilmesi ve işletilmesi süreçlerinde, sürdürülebilirlik değerlendirmeleri yapılması önemlidir. Bu değerlendirmeler, projelerin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarına yönelik olumlu ve olumsuz etkilerini belirlemeye ve bu etkileri minimize etmeye yardımcı olacaktır (Cömertler ve Cömertler 2021).

Gelecek projeksiyonları ve hedefler: Konsantre Güneş Enerji Sistemleri alanındaki gelecek projeksiyonları ve hedeflerin belirlenmesi, sektörün gelişimi ve büyümesi için önemlidir. Bu sayede, hükümetler, düzenleyici otoriteler ve sektör paydaşları, ortak hedeflere yönelik çalışmalar yaparak, enerji sektöründe sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayabilirler (Çiğın 2020).

Sonuç olarak, Konsantre Güneş Enerji Sistemleri, enerji sektöründe sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik talebin arttığı günümüzde önemli bir rol oynamaktadır. CSP teknolojisinin başarılı bir şekilde uygulanması ve geliştirilmesi için, yukarıda belirtilen faktörlerin dikkate alınması ve bu doğrultuda stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. (Orhan ve Şahin 2022). Ayrıca, sektördeki inovasyon ve teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve entegre edilmesi, CSP sistemlerinin verimliliğini artırarak enerji üretimindeki maliyetleri düşürebilir ve enerji güvenliğini destekleyebilir. Bu bağlamda, sektör paydaşları, hükümetler, düzenleyici otoriteler ve akademik kuruluşlar arasındaki işbirliğini ve bilgi paylaşımını teşvik etmek, CSP teknolojisinin gelişimi ve yaygınlaşması açısından büyük önem taşımaktadır (Akdoğan ve Kovancılar 2022).

Son olarak, Konsantre Güneş Enerji Sistemleri, enerji üretiminin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik küresel çabaların bir parçası olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, CSP teknolojisinin sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında daha fazla dikkate alınması ve desteklenmesi gerekmektedir. Bu sayede, gelecek nesiller için temiz, güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji geleceği inşa etmek mümkün olacaktır.

2.4. Dünya’da Güneş Enerjisinin Artan Önemi

Güneş enerjisi teknolojilerindeki hızlı ilerleme ve büyüme, 1970’lerden bu yana sürekli artan bir ivme göstermektedir. Bu büyümeyi tetikleyen faktörler arasında teknolojik gelişmeler, maliyet azalışı ve çevresel duyarlılık yer almaktadır. Güneş enerjisi, sürdürülebilir ve temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edildiğinden, dünya genelindeki yatırımlar giderek artmaktadır. Bu durum, güneş enerjisi teknolojilerinin hem yenilenebilir enerji kaynaklarıyla hem de kömür, nükleer ve doğalgaz gibi konvansiyonel enerji üretim teknolojileriyle rekabet etmeye başlamasıyla sonuçlanmıştır (Özen vd. 2015).

Güneş enerjisi sektöründeki bu büyüme, enerji politikaları ve destek mekanizmalarıyla da desteklenmektedir. Hükümetler, güneş enerjisi yatırımlarını teşvik etmek için çeşitli sübvansiyonlar, vergi indirimleri ve enerji alım garantileri sunmaktadır. Bu teşvikler, güneş enerjisi projelerinin finansal açıdan daha cazip hale gelmesine ve dolayısıyla sektörün daha hızlı büyümesine katkıda bulunmaktadır (Koç 2021).

Ayrıca, güneş enerjisi teknolojilerindeki teknolojik gelişmeler ve inovasyonlar, enerji üretiminin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmaktadır. Bu, güneş enerjisinin konvansiyonel enerji kaynaklarıyla daha rekabetçi hale gelmesine ve sektördeki yatırımların artmasına yol açmaktadır (Erbaş 2022).

Eğitim ve araştırma kurumları da, güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişmeleri desteklemek için önemli bir rol oynamaktadır. Akademik ve endüstriyel araştırmacılar, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini, güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için sürekli olarak yeni malzemeler, teknikler ve teknolojiler geliştirmektedir. Bu çalışmalar, güneş enerjisi sektöründeki inovasyonun hızlanmasına ve yatırımların büyümesine katkıda bulunmaktadır (Sarı ve Özyiğit 2020).

Güneş enerjisi teknolojileri, enerji üretimi ve tüketimi açısından giderek daha önemli bir konuma gelmektedir. Bu nedenle, gelecek dönemde bu alandaki yatırımların ve inovasyonların artarak devam etmesi ve güneş enerjisinin küresel enerji üretiminde daha büyük bir paya sahip olması beklenmektedir. Güneş enerjisi

sektörünün büyümesi, hem enerji güvenliği hem de küresel iklim değişikliği mücadelesi açısından önemlidir (Mutlu 2012).

Bu bağlamda, önümüzdeki yıllarda güneş enerjisi teknolojilerine yapılan yatırımların artmaya devam etmesi ve daha fazla ülkenin bu enerji kaynağını benimsemesi öngörülmektedir. Ayrıca, enerji depolama sistemlerinin gelişimi ve maliyetlerinin düşmesi, güneş enerjisinin esnekliğini ve kullanılabilirliğini artırarak, enerji şebekelerinin güneş enerjisine daha fazla entegrasyonunu sağlayacaktır (Kaya ve Bayraktar 2021).

Yenilenebilir enerji teknolojileri ile birlikte geliştirilen akıllı şebeke sistemleri, güneş enerjisinin yönetimini ve dağıtımını optimize ederek enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Bu gelişmeler, güneş enerjisi üretiminin enerji piyasalarında daha geniş bir rol oynamasını sağlayarak, yenilenebilir enerjinin konvansiyonel enerji kaynaklarına karşı rekabet gücünü artıracaktır (Tür ve Yaprakdal 2020).

Öte yandan, güneş enerjisi teknolojilerinin sürdürülebilirliği, geri dönüşüm ve atık yönetimi gibi alanlarda da önemli gelişmelere ve yeniliklere ihtiyaç duymaktadır. Özellikle fotovoltaik panel atıklarının yönetimi, çevre ve insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Bu konuda, atık yönetimi ve geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi ve etkin uygulamaların yaygınlaştırılması, güneş enerjisinin gerçek anlamda sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesine katkıda bulunacaktır (Akban ve Yurtcan 2021).

Sonuç olarak, güneş enerjisi teknolojilerinin gelişimi ve yaygınlaşması, enerji sektöründe dönüşümün önemli bir parçasıdır. Bu teknolojilere yapılan yatırımların ve inovasyonların artması, güneş enerjisinin enerji üretiminde daha büyük bir paya sahip olmasına ve enerji sistemlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

2.4.1. Güneş Enerjisi Neden Bu Kadar Yaygınlaşmaya Başladı?

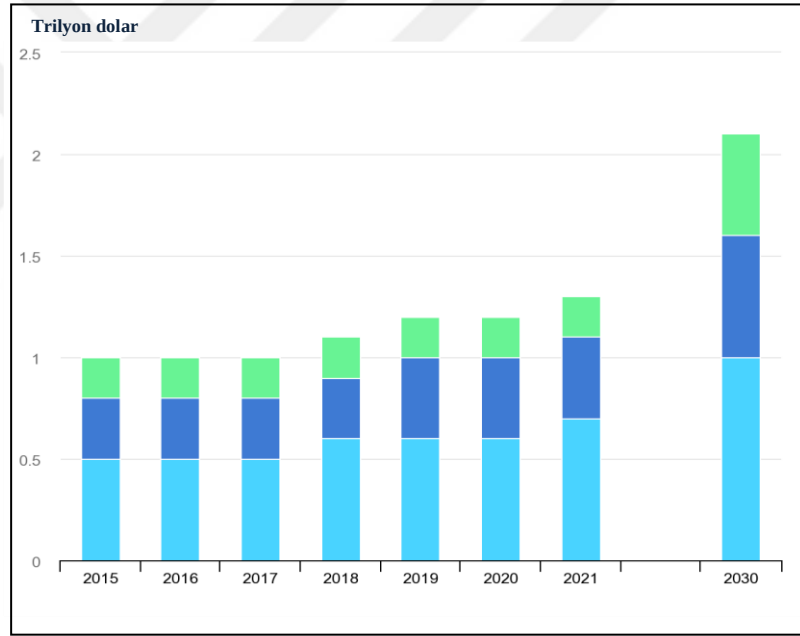
İnsanlık tarihinin son iki yüz yılında, enerji kullanımında geleneksel yakıtlardan kömüre, petrole ve doğalgaza geçiş yaşanmıştır (İnan vd 2018). Bu geçiş, artan karbon emisyonlarına yol açmakta ve atmosferdeki karbon emisyonlarının artması, çeşitli iklim modellerine göre dünya yüzey sıcaklığının yükseleceğine işaret etmektedir (Kanat ve Keskin 2018). Öngörülen sonuçlar arasında iklimsel değişimler, artan sıcaklıklar nedeniyle artan buharlaşma, deniz ve okyanus su seviyelerinde ve yoğunluklarında değişimler ve aşırı hava olayları bulunmaktadır. Fosil yakıtların kullanımıyla ilgili sonuçları kesin olarak tahmin etmek zor olsa da, meydana gelen iklimsel olaylar, tahminlerin doğruluğunu desteklemektedir (IPCC 2021). Bu bağlamda, güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerjilere yönelmenin önemi, dünya için zararlı etkileri azaltmak ve sürdürülebilir bir enerji sistemi ile potansiyel tehlikeleri önlemek amacıyla artmaktadır. Güneş enerji sistemlerinin yayılmasını teşvik eden faktörler arasında enerji erişiminin kolaylaşması bulunmaktadır. Eğer güneş enerjisi potansiyeli açısından uygun bir alanda bulunuyorsanız ve yeterli teknolojiye sahipseniz, enerjiye ulaşmanızı zorlaştıracak çok az engel bulunmaktadır (IRENA 2020). Bu nedenle, enerji kaynağına erişim güvencesi yüksektir.

Güneş enerjisi, enerji hizmetlerinde geniş bir yelpazeye sahip olması nedeniyle yayılmasında etkili olmaktadır. Hem büyük enerji tüketim bölgelerinin ihtiyaçlarını karşılamak için geniş alanlara kurulabilen hem de küçük tüketim bölgelerinin enerji taleplerine cevap verebilen sistemlerdir (Yalçın 2016). Aynı zamanda üretilen enerjinin doğrudan kullanılması veya özel pillerle depolanabilmesi ve atmosfere karbondioksit gazı salınımının olmaması, güneş enerjisi yayılımında avantaj sağlamaktadır (REN21 2021).

Rüzgar ve güneş enerjileri gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin mevcut elektrik sisteminde baskın konuma gelmesi için uygun zemin hazır olduğu düşünülmekte ve bu konunun nasıl yönetileceği üzerinde durulması gerekmektedir.

Yenilenebilir kaynaklar içerisinde Güneş enerjisi sağladığı avantaj sebebiyle dünyada kullanım oranının artmasını sağladı. Ülkeler ve yatırımcılar bu sistemi kullanabilmek için öncelikle verimli teknolojik sistemleri kurması gerekiyor. Bu sebeple çoğunlukla gelişmiş ve zengin ülkeler bu alanda yatırımlar yapıyor. Çünkü ilk etapta teknolojik alt yapısı maliyet isteyen bir yatırımdır. Ancak bu alanda yapılan araştırmalar yatırımın zamanla kendisini amorti ettiğini belirtmektedir.

Başta Avrupa birliği ülkeleri olmak üzere çok sayıda ülke bu alanda yatırımlar yapabilmek ve geliştirmek için ortak adımlar atıp ortak alanlarda kurulum projeleri yapmaya başladılar. Ayrıca yerel halkı bu alana çekmek için destek örgütleri kurulmaktadır.



Şekil 2.10. Uluslar arası Enerji Ajansı 2022 raporuna göre 2015-2030 yılları arası temiz enerji yatırım senaryosu(URL-6).

Yukarda Uluslararası Enerji Ajansı'na ait grafiğe göre 2030 yılına kadar temiz enerji yatırımları 2 trilyon dolar civarı olacağı öngörülmektedir.

Tablo 2-1. Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü Listesi(URL-2)

	ÜLKE	GÜNCELLEME	KURULU GÜÇ(MW)
1	Çin	Aralık 2020	254.355
2	ABD	Aralık 2020	75.572
3	Japonya	Aralık 2020	67.000
4	Almanya	Aralık 2020	53.783
5	Hindistan	Aralık 2020	39.211
6	İtalya	Aralık 2020	21.600
7	Avusturya	Aralık 2020	17.627
8	Vietnam	Aralık 2020	16.504
9	Güney Kore	Aralık 2020	14.575
10	İspanya	Aralık 2020	14.089
11	Birleşik Krallık	Aralık 2020	13.563
12	Fransa	Aralık 2020	11.733
13	Hollanda	Aralık 2020	10.213
14	Türkiye	Haziran 2022	8.275
15	Brezilya	Aralık 2020	7.881

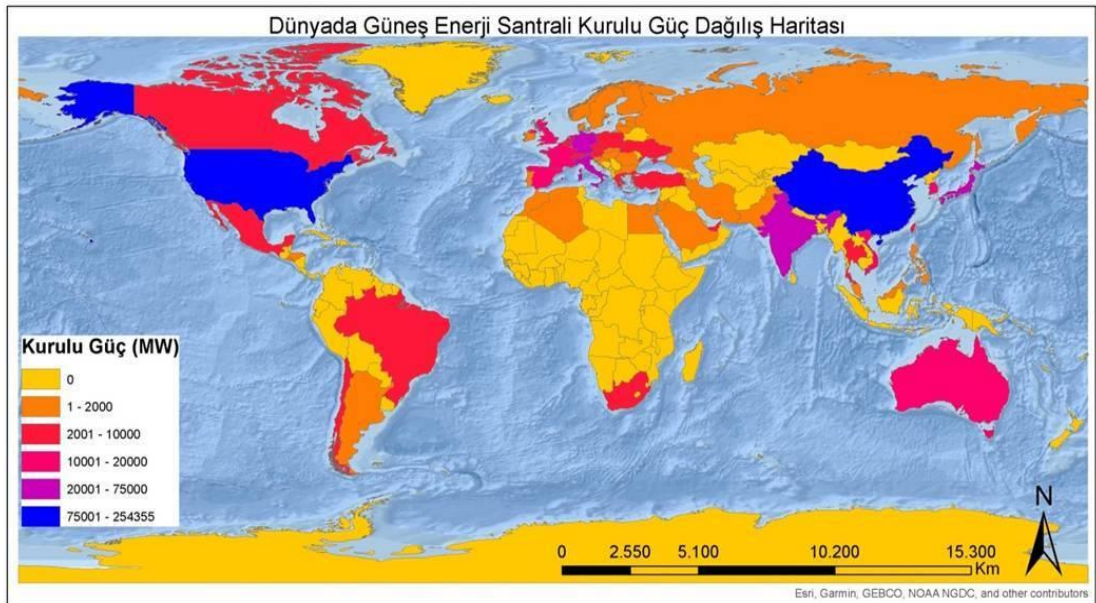
Dünya Enerji Konseyi Komitesine göre Çin, Brezilya, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan ve Avrupa Birliği üyeleri teknoloji üretimi, proje mühendisliği ve tesis kurulumları gibi kulvarlarda lider olan ülkelerdir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) belirttiği üzere Çin, yeni kapasitede dünyaya öncülük ediyor ve kendi güneş enerjisi altyapısı hedeflerinden ileride, Hindistan ise yeni kurulumları ile gücünü katlayacak. Çin için güneş enerjisi ve yenilenebilir enerji kaynakları, nüfus problemi ve karbondioksit emisyonu gibi sorunlarına karşı bir can yeleği rolü üstlenmektedir.

Ülkemiz dünyada güneş enerji santrali kurulu güç bakımından 2021 yılına göre bir basamak ilerleyerek kendisine 14. sırada yer bulmuştur. Ancak güneşlenme potansiyeli ile sıralaması kıyaslandığında bu sıra yeterli olmayıp daha üst sıralarda kendisine yer bulmalıdır.

Tablo 2-2. Ülkelere Göre Kişi Başına Düşen Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü(URL-2)

	ÜLKE	KURULU GÜÇ(MW)	KİŞİBAŞINA KURULU GÜÇ (watt)
1	Avustralya	17.627	716
2	Almanya	53.783	650
3	Hollanda	10.213	596
4	Japonya	67.000	529
5	Belçika	5.646	497
6	İsviçre	3.118	370
7	İtalya	21.600	357
8	İspanya	14.089	303
9	Yunanistan	3.247	301
10	Güney Kore	14.575	283
11	Birleşik Arap	2.539	257
12	Avusturya	2.220	252
13	Tayvan	5.817	247
...	...	...	...
35	Türkiye	8.275	98

Ülkemiz kişi başına düşen kurulu güç oranı bakımında dünya da 35.sırada yer almaktadır. Güneş enerjisi hedeflerini gerçekleştirmesi halinde tablo pozitif yönde değişecektir.



Harita 2-1. Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Güç Dağılışı Haritası.

Bp Energy Outlook istatistiklerine göre bu tablodaki kurulu kapasiteye her yıl 100GW'ın üzerinde yeni kapasite eklenmekte olup; 2023 yılının sonunda ilk 10 ülkenin aşağıda belirtilen şekilde sıralanacağı beklenilmektedir:

1 Çin	=448GW
2 USA	=132GW
3 Hindistan	= 116GW
4 Japonya	=82GW
5 Almanya	=72GW
6 Avustralya	=45GW
7 İtalya	=29GW
8 İspanya	=25GW
9 Güney Kore	=24GW
10 Fransa	=22GW

Genişleyen iç pazarıyla Asya-Pasifik ülkeleri güneş enerjisi yatırımları açısından da bölgesel yoğunlaşmanın odağı durumundadır. Bölge dünya ticaretinde her alanda olduğu gibi bu alanda da payını yıllar içinde arttırıp zamanla bölge içerisindeki tedarik zincirinde değişiklik gerçekleştirmiştir. Asya-Pasifik bölgesindeki bu hızlı gelişme ve yatırımlar, güneş enerjisi teknolojisinin düşük maliyetlerle yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır (Zhang and Wu 2019). Özellikle Çin ve Hindistan, güneş enerjisi teknolojilerinin maliyetlerini düşürmekte ve üretim kapasitelerini arttırmaktadır. Bu durum, gelişmekte olan ülkeler için de güneş enerjisi teknolojilerine erişimin kolaylaşmasına ve yaygınlaşmasına olanak tanımaktadır (Wang *et al* 2020).

Sonuç olarak, güneş enerjisinin dünya genelinde kullanımının artması, hem enerji güvenliği hem de iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adımdır. Dünya çapında hükümetlerin ve özel sektörün bu alana yönelik yatırımları, gelecekte enerji üretiminin sürdürülebilir ve çevre dostu bir hale gelmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, ülkelerin güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmeleri ve enerji politikalarını bu yönde geliştirmeleri önem arz etmektedir (Schleicher-Tappeser *et al* 2019).

2.5. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Artan Önemi

Ülkemizde güneş enerjisinin alternatif bir kaynak olarak kabul görmesi 1960 yıllarına dayanmaktadır (Yılmaz 2009). Ancak bu alana dair ilk somut adım 1972’te İzmir’de düzenlenen ulusal kongrenin toplanmasıyla atılmıştır (Aydın 2011). 1975 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından ilk pasif güneş enerjisi uygulaması gerçekleştirilmiş (Öztürk 2017). 1978 yılında ise Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur (Uçar 2018).

Günümüzde güneş enerjisinin depolanması hala bir sorun iken, 1985 yılında TUBİTAK çatısı altındaki Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, güneş enerji ekipmanlarından olan pillerin üretilmesi ve geliştirmesi gibi çalışmalara destek sağlamıştır (TUBİTAK 1986). Türkiye’nin Güneş enerjisine yönelik çalışmalarına 1970 yıllarından sonra hız vermesi, tüm dünyayı etkileyen enerji krizinin ülkemizde de hissedildiği ve buna karşı önlemlerin alınmaya çalışıldığını göstermektedir (Erdoğan 2017).

O zamandan günümüze güneş enerjisi alanındaki bilgi birikimi ve çalışmalar artmış bulunmaktadır (Aydın vd 2020). Örneğin, Türkiye’de güneş enerjisi kapasitesi son on yılda önemli ölçüde artmıştır ve güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi giderek yaygınlaşmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2021). Ayrıca, güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği ve maliyet etkinliği sürekli iyileşmektedir (Yıldız vd. 2019). Bu durum, güneş enerjisinin Türkiye’deki enerji sektöründe daha büyük bir paya sahip olmasına olanak tanımaktadır. Türkiye de fosil kaynakların hala enerji tüketiminde büyük bir çoğunluğu oluşturmaktadır.

2022 Yılı Kasım sonu itibariyle Türkiye de Birincil Kaynaklara göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kurulu Gücü verileri şu şekilde listelendi:

Tablo 2-3. Kasım ayı sonu itibariyle Türkiye de Birincil Kaynaklara göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Temmuz Kurulu Güç Gelişimi(URL-3).

KAYNAKLAR	2021 YILI KASIM AYI SONU KURULU GÜÇ(MW)	2022 YILI KASIM AYI SONU KURULU GÜÇ (MW)	ARTIŞ(%)	2022 YILI KASIM AYI SONU ÜRETİMLER GÜÇ (MWh)	ARTIŞ (%)
Akarsu	8,202.9	8.288.2	1.03	719,577.9	2.9%
Asfaltit kömür	405.0	405.0	0	131,251.9	0.5%
Atık ısı	389.9	387.5	-0.61	64,904.1	0.3%
Barajlı	23,279.9	23,275.2	0.02	2,421,825.4	9.9%
Biyokütle	1,539.2	1,838.4	19.43	656,433.9	2.7%
Doğalgaz	25,547.7	25,310.1	-0.93	4,636,186.5	19.0%
Fuel Oil	251.9	251.9	0	49,417.2	0.2%
Güneş	7,745.6	9,319.0	20.31	1,077,740.1	4.4%
İthal kömür	8,993.8	10,373.8	15.34	6,849,706.2	28.1%
Jeotermal	1,651.2	1,686.3	2.12	876,039.8	3.6%
Linyit	10,119.9	10,191.5	0.70	3,629,108.3	14.9%
Rüzgâr	10,428.7	11,365.6	8.98	2,947,435.8	12.1%
Taşkömürü	810.8	840.8	3.70	351,389.3	1.4%
TOPLAM	99,374.2	103,541.0	4.19	24,411,042.9	100.0%

Veriler incelendiğinde Türkiye de birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi üretiminde kurulu güçte ilk üç sırada hidrolik, doğal gaz ve yenilenebilir enerji yer almaktadır.

2022 yılı kasım ayı sonu toplam elektrik enerjisi üretimi: 24,411,042.9 MWh

2022 yılı kasım ayı sonu toplam elektrik enerjisi kurulu güç:103,541.0 MW

Güneş enerjisinin potansiyel olarak yüksek olması, kullanımın kolaylığı, bakım maliyetinin az olması gibi etkenlerden ötürü diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha fazla yaygınlaşacağı öngörülmekte (IEA, 2020). Güneş enerjisinin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel kurulum maliyetinin yüksek olmasıdır (Lazard, 2020). Kurulum maliyetinin düşürülmesi güneş enerjisini dünya enerji platformunda daha rağbet görür hale getirecektir (REN21 2021). Türkiye,

güneş enerji potansiyeli açısından çok avantajlı olmasına rağmen yeterince faydalanamamaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2021).

Türkiye, konumunun elverişli olmasından ötürü güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre çok şanslıdır (Kaldellis *et al* 2018). Türkiye de, güneşlenme süreleri yıl içerisinde değişiklik göstermektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİE)'nin internet sitesinde yer alan güneşlenme süresi ve ışıyım şiddeti verilerine göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2741 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıyım şiddeti değerinin de 1.527,46 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu görülmektedir (Güçlüer 2010).

Türkiye, kendisine en yakın olan İspanya ve Fransa'dan %30 civarı daha fazla güneşlenme potansiyeline sahiptir (Özdemir vd. 2017). Türkiye'nin matematiksel konumundan dolayı yıl boyu güneşli gün sayısının fazla olması, yüksek bir potansiyele sahip olmasında en büyük etkidir (Taktak ve İl 2019). Bu potansiyel, enerji üretimi açısından Türkiye için önemli bir fırsat sunmaktadır (Bilgen 2012). Dolayısıyla, güneş enerjisi teknolojilerinin yaygınlaşması ve geliştirilmesi için devlet destekli politikaların ve özel sektör yatırımlarının artırılması gerekmektedir (Eren vd 2020).

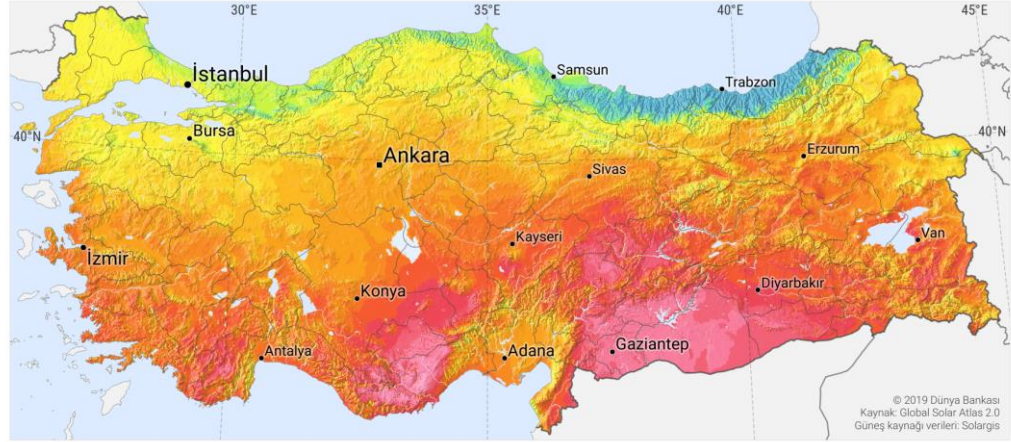
GÜNEŞ KAYNAĞI HARİTASI

DOĞRUDAN NORMAL İŞINIM TÜRKİYE



ESMAP

SOLARGIS



1994 (doğuda 1999) ile 2018 yılları arasındaki dönemde, uzun vadeli ortalama doğrudan normal ışınlım

Günlük toplamalar: 2.8 3.2 3.6 4.0 4.4 4.8 5.2 5.6 6.0 6.4 kWh/m²

Yıllık toplamalar: 1022 1168 1314 1461 1607 1753 1899 2045 2191 2337

Bu harita, ESMAP tarafından finanse edilmiş, Solargis tarafından hazırlanmış ve Dünya Bankası Grubu tarafından yayınlanmıştır.
Daha fazla bilgi ve kullanım koşulları için lütfen <http://globalsolaratlas.info> adresini ziyaret edin.

Harita 2-2.Türkiye Doğrudan Normal Işınım Haritası (URL-4) .

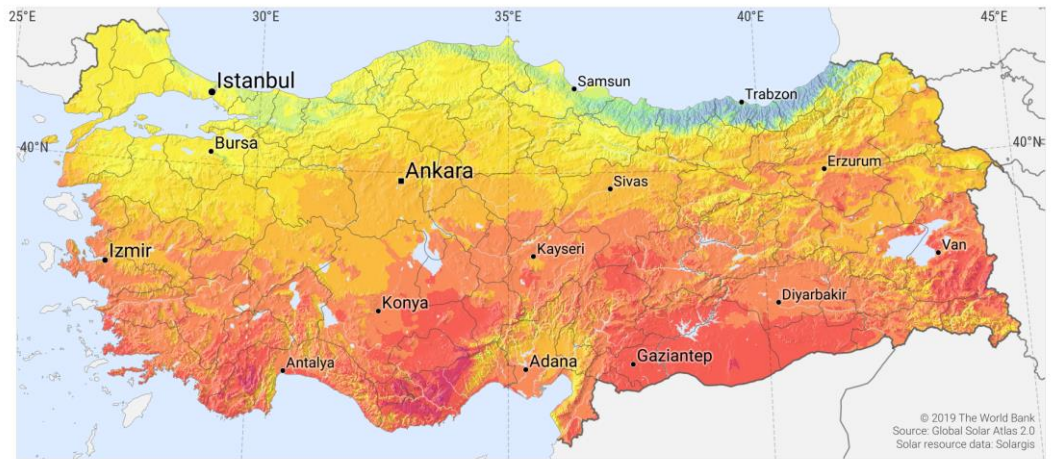
SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL TURKEY



ESMAP

SOLARGIS



Long term average of PVOUT, period from 1994 (1999 in the East) to 2018

Daily totals: 3.0 3.4 3.8 4.2 4.6 5.0 kWh/kWp

Yearly totals: 1095 1241 1387 1534 1680 1826

This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

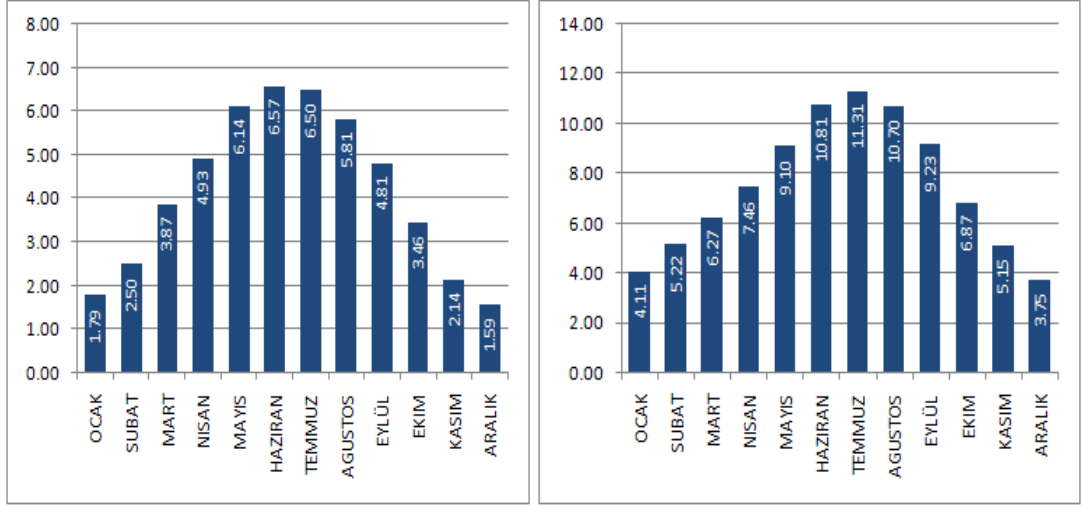
Harita 2-3. Türkiye Fotovoltaik Güç Potansiyeli (PVOUT)Haritası (URL-4).

Global Solar Atlas, dünya genelinde güneş enerjisi potansiyelini gösteren haritalar ve veriler sunarak, yenilenebilir enerji yatırımları için önemli bir kaynaktır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini değerlendiren bu kaynak, coğrafi konumu ve iklim özellikleri nedeniyle ülkenin güneş enerjisi açısından oldukça zengin olduğunu ortaya koymaktadır (Global Solar Atlas 2021).

Türkiye'nin güney ve güneydoğu bölgeleri, özellikle Şanlıurfa Harran Ovası ve Konya'nın güneyi, yüksek doğrudan normal ışıınım (DNI) ve fotovoltaiik güç potansiyeli değerlerine sahiptir. Bu bölgelerde güneş enerjisi yatırımları için daha yüksek verim elde etme olasılığı bulunmaktadır (Bilgili vd. 2016).

Buna karşılık, Türkiye'nin kuzey bölgelerinde, özellikle Doğu Karadeniz'in kuzey yamaçlarında, radyasyon değerleri daha düşük olmakla birlikte, bu alanlar da güneş enerjisi potansiyelinden yararlanabilir. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli, coğrafi konum ve iklim koşullarına bağılı olarak genel olarak kuzeye doğru düşüş gösterse de, bu durum Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini değersiz kılmamaktadır (Gökçek vd. 2017).

Türkiye'nin genelinde yüksek radyasyon değerlerine sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, güneş enerjisi yatırımları için son derece uygun bir coğrafya sunmaktadır. Bu potansiyelin değerlendirilmesi, enerji ihtiyacının karşılanması önemli bir rol oynayabilir ve ülkenin enerji bağımsızlığına katkıda bulunabilir (Aydın vd. 2020).



Şekil 2.11. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün) Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat)(URL-4).

Tablo 2-4. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı(URL-2).

	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m²-yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Tabloda görüldüğü üzere doğu Anadolu bölgesi 1365 (kWh/m²-yıl) toplam güneş enerjisi ve 2664(saat/yıl) güneşlenme süresi ile güneş enerjisi bakımından ülkemizde Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinden sonra 3. sırada gelmektedir.

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(Kcal/c m ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	(Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,05	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Tablo 2-5. Türkiye Yıllık Güneşlenme Miktarı(URL-2).

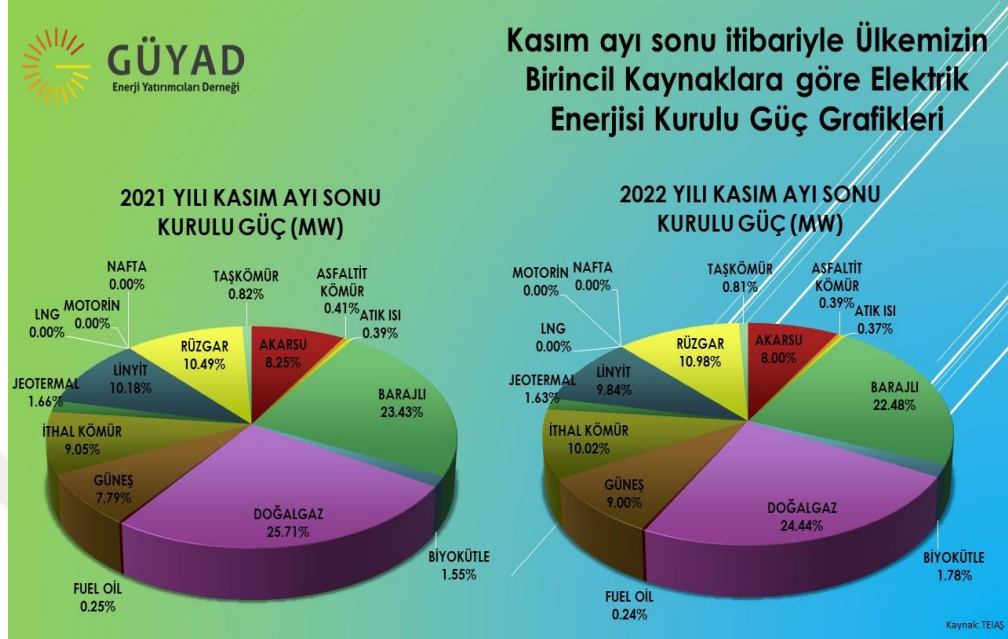
Türkiye’de güneşlenme miktarının en çok olduğu aylar kuzey yarım kürede olması sebebi ile haziran, temmuz ve ağustos aylarında gerçekleşmektedir (Tablo 5).

Tablo 2-6. Güneş enerjisinin 2022 yılı kasım ayı sonun itibariyle üretilen toplam elektrik enerjisi içindeki payı (URL-3)

2022	ÜRETİM(MWh)	KURULU GÜÇ (MW)
GÜNEŞ	1,077,740.1	7,745.6
TOPLAM	24,411,042.9	103,541.0
%	4.4%	4.19%

Türkiye de kasım 2022 sonu itibariyle güneş enerjisi elektrik kurulu gücü, 7,745.6 MW ile 1,077,740.1 MWh üretim gerçekleştirerek kendisine toplam kurulu güç içerisinde %4.19 oranla yer almış bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye’de kurulu güçlerin 2022 kasım sonu kaynak bazında ilk beş sıralaması aşağıda verilen şekilde karşımıza çıkmaktadır. Doğal gaz (25.310.1 mw), Barajlı (23,275.2mw),

Yenilenebilir (jeotermal, rüzgar, güneş ve atık ve çöp) (22,370mw), İthal kömür (10,373.8mw), Linyit (10,191.5 mw).



Şekil 2.12. Ülkemizin Birincil Kaynaklara göre Elektrik Enerjisi Kurulu Güç Grafikleri - Kasım 2022(URL-3).

Ülkemizde güneş enerjisinin 2022 yılı kasım ayı sonu itibariyle toplam elektrik enerjisi içindeki kurulu güç oranı %9 olmuştur.

Güneş Enerjisinin 2020 ve 2021 yıllarında Üretilen Toplam Elektrik Enerjisi içindeki payı aylara göre şu şekilde gerçekleşti:

Tablo 2-7. 2020 ve 2022 yıllarında Ülkemizde Üretilen Güneş Enerjisi ve Toplam Üretim İçindeki Payları (2022 Verileri ay bazında henüz yayınlanmamıştır.)(URL-3).

2020 YILI	GÜNEŞ	TOPLAM	%	2021	GÜNEŞ	TOPLAM	%
OCAK	514,1	27.131,9	,89	OCAK	744,3	27.018,0	2,75
ŞUBAT	554,9	25.010,2	2,22	ŞUBAT	910,4	24.425,4	3,73
MART	817,9	24.754,1	3,30	MART	1.036,0	27.997,5	3,70
NİSAN	982,3	20.363,3	4,82	NİSAN	1.146,3	26.019,4	4,41
MAYIS	1.113,9	20.937,8	5,32	MAYIS	1.498,7	25.260,8	5,93
HAZİRAN	1.137,6	23.537,4	4,83	HAZİRAN	1.367,0	26.913,2	5,08
TEMMUZ	1.264,0	28.650,8	4,41	TEMMUZ	1.454,2	31.038,1	4,69
AĞUSTOS	1.242,6	29.343,5	4,23	AĞUSTOS	1.438,1	32.784,6	4,39
EYLÜL	1.068,9	27.743,0	3,85	EYLÜL	1.320,9	27.918,9	4,73
EKİM	940,7	25.675,0	3,66	EKİM	1.245,5	26.344,8	4,73
KASIM	728,6	25.931,7	2,81	KASIM	926,8	26.589,2	3,49
ARALIK	584,6	27.624,3	2,12	ARALIK	-	-	-
TOPLAM	10.950,2	306.703,1	3,57	TOPLAM	13.088,2	302.310,	4,33

Güneş enerjisi, mevsimsel etkilerden dolayı yaz aylarında yüksek üretim oranlarına ulaşırken, kış aylarında bu oranlar düşmektedir. Buna rağmen, güneş enerjisinin Türkiye'de enerji üretimine sağladığı katkı önemlidir (Sivri vd 2019).

Türkiye, güneş enerjisi kullanımında su ısıtma sektöründe dünya genelinde önemli bir konumdadır. 2017 yılı, Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretimi açısından uluslararası arenada önemli bir yükselişe geçtiği bir dönüm noktası olmuştur (Yolcan ve Köse 2020). Ne yazık ki, 2020 yılında dünya genelinde yaşanan Covid-19 salgını ve ülkemizdeki ekonomik problemler, güneş enerjisi yatırımlarında bir durgunluğa yol açmıştır. Bununla birlikte, 2002'den 2020'ye kadar hedeflenen toplam enerji kapasitesinin yarısı yenilenebilir kaynaklar tarafından sağlanmıştır (Karabağ vd 2021).

GÜNDER'in belirttiği gibi, güneş enerjisi Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığını azaltmakta ve enerji güvenliğini güçlendirmektedir. Enerji ithalatçısı ülkelerin yerli kaynakların payını artırarak enerji güvenliğini sağlamak için yenilenebilir enerji yatırımlarına öncelik vermesi gerekmektedir. Türkiye'nin güneş enerjisi hedeflerine ulaşması durumunda, 2030 yılına kadar doğal gaz talebinde

önemli tasarruflar sağlanabilecek ve ekonomiye büyük katkılar sunulabilecektir (GÜNDER 2021).

TEİAŞ'ın Ağustos 2022 raporuna göre, Türkiye'nin elektrik kurulu gücü 8.793,3 MW iken, Kasım ayı sonunda 9.319,0 MW'a yükselmiştir. Raporda, Ağustos ayı itibariyle Türkiye'de 38 adet serbest üretim şirketli santraller ve 8.919 adet lisanssız santrallerin faaliyet gösterdiği belirtilmektedir. Bu santraller, iklim değişikliği ile mücadele ve cari açığın azaltılması için güneş enerjisi üretimine büyük önem atfetmektedir (TEİAŞ 2022).

Türkiye güneş enerjisi haritası incelendiğinde, en yüksek kapasite 914,9 MW ile Konya'da bulunmaktadır. Konya'yı 390,9 MW ile Ankara, 376,7 MW ile Şanlıurfa ve 335,9 MW ile Kayseri takip etmektedir (EPDK 2022). Bu veriler, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini en iyi şekilde değerlendiren bölgelerin özellikle güney ve güneydoğu bölgelerinde yoğunlaştığını göstermektedir.

Türkiye, güneş enerjisi sektöründe önemli bir büyüme potansiyeline sahip olup, bu potansiyeli değerlendirmek için politika ve strateji geliştirmeye devam etmektedir. Özellikle, hükümetin Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ihaleleri ve lisanssız üretim projeleri gibi teşvikler sunması, sektörün büyümesine ivme kazandırmıştır (Dursun ve Gökcol 2021). Bu teşvikler, güneş enerjisi yatırımlarının finansmanını sağlamakta ve teknolojik gelişmelerin sektöre entegrasyonunu desteklemektedir.

Ayrıca, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründe gelişmesi için teknolojik yenilikler ve araştırma-geliştirme faaliyetlerine yatırım yapması önemlidir. Bu bağlamda, üniversiteler, araştırma enstitüleri ve özel sektör, güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konusunda işbirliği içinde çalışmalıdır (Gökcol vd. 2020).

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olup, bu potansiyeli değerlendirmek için uygun politika ve stratejiler geliştirilerek, teknolojik gelişmeler ve araştırma-geliştirme faaliyetlerine öncelik verilmelidir. Bu sayede, Türkiye enerji güvenliğini sağlamak, enerji dışı bağımlılığını azaltmak ve

ekonomiye önemli katkılar sunmak adına güneş enerjisi sektöründe büyük ilerlemeler kaydedebilir.

Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründeki büyümesi, enerji verimliliğini artırarak enerji kaynaklarının daha sürdürülebilir ve çevre dostu şekilde kullanılmasına katkıda bulunmaktadır. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu politikaları, güneş enerjisi kullanımını daha yaygın ve etkin hale getirerek enerji tüketiminde düşüş sağlamak için önemlidir (Tükenmez vd. 2020).

Ayrıca, güneş enerjisi teknolojilerinin yaygınlaşması ve maliyetlerinin düşmesiyle birlikte, enerji depolama sistemleri ve akıllı şebekeler gibi entegre enerji sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, Türkiye'nin enerji altyapısının güçlendirilmesine ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına destek olacaktır (Özdemir vd. 2021).

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründe büyüme ve gelişme potansiyelini değerlendirmesi, enerji verimliliği, enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda, yenilenebilir enerji politikalarının ve teşviklerin sürekli gözden geçirilerek güçlendirilmesi ve güneş enerjisi teknolojilerine yatırımların artırılması büyük önem taşımaktadır.

Güneş enerjisi sektöründeki büyüme ve gelişme, Türkiye'nin istihdam piyasası üzerinde de olumlu etkiler yaratmaktadır. Yenilenebilir enerji sektöründe artan yatırımlar ve projeler sayesinde, sektördeki istihdam fırsatları da çeşitlenmekte ve genişlemektedir (Çetin ve Eğriçan 2019). Bu, özellikle mühendislik, teknik ve bilimsel alanlarda eğitim alan ve bu sektörde çalışmak isteyen genç nesil için büyük önem taşımaktadır.

Eğitim ve beceri geliştirme programlarının, güneş enerjisi sektörünün ihtiyaç duyduğu nitelikli işgücünün yetiştirilmesinde önemli bir rolü bulunmaktadır. Bu kapsamda, üniversiteler, meslek okulları ve sertifika programları, güneş enerjisi teknolojileri, uygulamaları ve bakım-onarım süreçleri konusunda eğitim vererek, sektörde çalışacak bireylerin beceri ve bilgi düzeylerini artırmalıdır (Öner vd. 2020).

Güneş enerjisi sektöründe yaşanan gelişmeler, Türkiye'nin uluslararası işbirliği ve teknoloji transferi açısından da fırsatlar sunmaktadır. Türkiye, güneş enerjisi teknolojileri ve uygulamalarında dünya liderleriyle işbirliği yaparak, teknoloji transferi ve bilgi paylaşımını teşvik edebilir. Bu sayede, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründe daha hızlı ve etkin bir şekilde ilerlemesi ve uluslararası rekabette güçlenmesi mümkün hale gelecektir (Aslan vd. 2021).

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründeki büyüme ve gelişme potansiyelini değerlendirmesi, enerji güvenliği, sürdürülebilir kalkınma, istihdam ve uluslararası işbirliği açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu fırsatların değerlendirilmesi ve sektörün desteklenmesi, Türkiye'nin ekonomik ve sosyal açıdan güçlenmesine katkı sağlayacaktır.

Güneş enerjisi sektöründeki gelişmeler, aynı zamanda Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele hedeflerine de katkı sağlamaktadır. Ülke olarak, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve küresel ısınmanın etkilerinin hafifletilmesi amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve fosil yakıtlardan uzaklaşmak büyük önem taşımaktadır (Doğan ve Dursun 2020).

Güneş enerjisi, temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak, Türkiye'nin enerji üretiminde fosil yakıtların payını azaltmaya ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli adımlar atmaya yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi sektöründeki yatırımları ve projeleri desteklemek, Türkiye'nin ulusal ve uluslararası düzeyde iklim değişikliği hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır (Buluç ve Yıldız 2019).

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmesi ve bu alanda atılımlar yapması, enerji dışı bağımlılığını azaltarak enerji güvenliğini artırma, istihdam imkanlarını genişletme ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli katkılar sağlama gibi pek çok fayda sunmaktadır. Bu nedenle, güneş enerjisi sektörüne yönelik politikaların ve teşviklerin sürekli gözden geçirilerek güçlendirilmesi ve bu alana yapılan yatırımların artırılması büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründeki büyüme ve gelişme potansiyeli, enerji, ekonomi ve çevre açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu fırsatların değerlendirilmesi ve sektörün desteklenmesi, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında büyük rol oynayacaktır.

Türkiye için GES'lerin avantajlı ve dezavantajlı yönleri nelerdir?

Avantajlar	Dezavantajlar
Tükenmeyen ve temiz enerji kaynağıdır.	Enerji mevsimlere göre değişiklik gösterir.
Sınırsız bir kaynak ve bolca bulunur. (Ülkemiz bir Akdeniz ülkesi olarak güneşlenme süresi yüksek ülkeler arasında yer almaktadır.)	İlk yatırım sürecinde maliyetinin fazladır.
Dışa bağımlılığı yoktur. (Dünya enerji piyasasındaki sert dalgalara göz önünde bulundurulduğunda GES'ler ülkemiz için daha istikrarlı bir enerji arzı sağlar.)	İsteğe bağlı kontrol yoktur.
Kurulum maliyeti hariç ucuz bir kaynaktır. Kurulum esnasında maliyet istese de elektrik faturalarındaki düşüş ile zararını belli bir işletim zamanında rahatlıkla kapatacaktır.)	Pahalı depolama gerektirir.
Nakliye problemi yoktur.	Büyük bir kurulum gerekir.
Yeni iş imkanları yaratır.	Paneller için geniş alana ihtiyaç duyulur.

Türkiye için GES'lerin fırsat ve tehditleri nelerdir?

Fırsatlar	Tehditler
Güneş enerjisi üretimi ve depolama teknolojilerinin, imalat sanayinin diğer alt alanları ile daha fazla bağlantılı olması sebebiyle, yayılım etkisinin de daha yüksek olduğu hesaplanmaktadır.	Ülkemizde var olan kurumsal engellemeler GES'lerin yayılım hızını yavaşlatabilir.
Güneş enerjisi alanında yapılan yatırımlar, istihdam açısından da büyük bir istihdam yelpazesi sunmaktadır. Güneş enerjisi bir yandan yeni enerji tesislerinin kurulumu ve işletmesi gibi alanlarda doğrudan istihdam yaratırken diğer yandan değer zincirinin ileri	Standart dışındaki bir değişime ayak uyduramayabiliriz. Bu konuda yatırımcılar bilgilendirilmeli ve gelişmeleri takip etmeye teşvik edilmelidir.
Dışa bağımlılığının olmaması ülkemiz adına enerji güvenirliliği sağlar iken aynı zamanda ülke enerji pastasındaki maaliyeti düşürmeye yardımcı olacaktır.	GES'ler için finansal sorunlar ortaya çıkabilir. Bunun için devlet tarafından, bankalar, kalkınma ajansları gibi kurumlar yatırımcıya teşvik için finansal güvenirlilik vaat etmelidir.

2.6. Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi İle İlgili Yaklaşımlar

Güneş enerjisi santralleri, diğer enerji santralleri arasında en düşük bakım maliyetine sahip olan santrallerdir (Mamaghani *et al* 2020). Bu nedenle, güneş enerjisi santralleri, birçok ülke için sürdürülebilir enerji kaynaklarından biridir. Ancak, yatırımcıların sadece fiyat faktörünü göz önünde bulundurarak karar vermesi uygun değildir. Ticari veya bireysel tüketim için güneş enerjisi santralleri kurmak isteyen yatırımcılar, yatırım kararı vermeden önce bir dizi faktörü dikkate almalıdırlar.

Öncelikle, güneş enerjisi santrallerinin kurulacağı bölgenin coğrafi özellikleri, iklim koşulları ve güneş radyasyonu seviyeleri yatırımcılar tarafından değerlendirilmelidir (Egelioglu vd 2019). Bu faktörler, santrallerin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Santrallerin kurulumu için gerekli olan teknoloji ve ekipmanlar da dikkate alınmalıdır.

Bununla birlikte, güneş enerjisi santrallerinin avantajları olduğu kadar dezavantajları da vardır. Örneğin, santrallerin kurulum maliyetleri yüksek olabilmektedir (Kato *et al* 2019). Ayrıca, santrallerin kurulduğu bölgedeki çevresel etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır. Yatırımcılar, güneş enerjisi santralleri için doğru bir iş planı ve bütçe hazırlamalıdır. Güneş enerjisi santralleri için verimli bir iş planı hazırlamak, yatırımın başarısı için oldukça önemlidir (Dominguez *et al* 2018). Ayrıca, güneş enerjisi santralleri için kar-zarar hesaplamaları yapılmalı ve potansiyel riskler dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, güneş enerjisi santrallerinin bakım maliyetlerinin düşük olması, yatırımcıların sadece fiyat faktörünü dikkate alarak karar vermemeleri gerektiğini göstermektedir. Güneş enerjisi santralleri kurmak isteyen yatırımcılar, doğru bir iş planı ve bütçe hazırlayarak, potansiyel riskleri ve çevresel etkileri dikkate alarak karar vermeli ve yatırım planlarını bu doğrultuda oluşturmalarıdır.

Sanayi tesisleri, depolar, işletmeler güneş enerjisi çatı sistemleri ile herhangi bir elektrik kaybına uğramadan enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmekle birlikte işletme, yüksek elektrik tüketim faturalarının önüne geçebilmektedir. Bunu sağlamakta, enerji sistemini kuracak firmanın güvenilirliği, tecrübesi ve kurulacak ekipmanın kalitesi önemli yer tutmaktadır(URL-11).

Tüm bu kriterler ile güneş enerji santrallerine yatırım kararı almadan önce santrallerin kurulacağı yerin coğrafi alt yapısı iyi incelenmeli ve buna dayalı teknolojik alt yapı oluşturmalıdır. Çünkü bu alanda yapılan çalışmalar günden güne artmakta daha ciddi ve maliyetli projelere konu olmaktadır. Projelerin ölçekleri büyüdükçe yatırımcıyı bekleyen risklerde orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeple GES'lerin kurulması için belirlenen alanda hangi teknolojinin kullanılacağı ve ne kadar enerji üretileceği aynı zamanda da santral maliyetinin ne kadar olacağı şeklinde soruların yanıtlanması gerekmektedir. Bu sorular doğrultusunda;

- İlk aşamada uygun yer seçimi yapılması,
- Santralin kurulacağı alanda güneş radyasyonunun hesaplanması,
- Güneş radyasyonunda kullanılan teknolojiye göre elektrik enerjisinin hesaplanması,

-Kurulması planlanan santrallerin yatırım ve işletme giderlerinin kar-zarar hesaplarının yapılması gerekmektedir.

Güneş enerji sistemleri için uygun alanların seçimini etkileyen faktörler ayrı ayrı değerlendirilse bile, enerji girdisi bakımından amaç aynıdır. Alana ne kadar fazla direkt güneş ışığı alıyorsa ve ısınım süresi ne kadar fazla ise sahanın enerji girdisi o kadar fazladır çıkarımı yapılabilir (Acar ve Sönmez 2020). Bu bağlamda GES için uygun alan tespitinde kullanılan kriterleri değerlendirmek için 4 faktör saptanmıştır. Bu faktörler;

1. Santrallerin Yatırım ve Üretim Maliyet Değerlendirilmesi
2. Santrallerin verimliliği açısından yer seçim koşulları
3. Çevresel etkiler açısından yer seçim koşulları
4. Mevzuatlar açısından yer seçim koşulları

2.7. Faaliyetlerin Yatırım ve Üretim Maliyet Değerlendirilmesi

Güneş enerjisi santralleri için standart bir tarife belirlemek zor olsa da, maliyetlerin kullanılan sisteme ve bölgeye göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. İlk yatırım maliyeti, yatırımı etkileyen en önemli unsur olarak görülmektedir; özellikle teknolojinin üreticisi olmayan ülkelerdeki yatırımcılar için yüksek birim fiyatlarının getirdiği zorluklar söz konusudur Bununla birlikte, güneş enerjisi santrallerinin düşük bakım maliyetleri ve yakıt giderinin olmaması gibi avantajları, bu enerji kaynaklarını yatırımcılar için cazip kılmaktadır (Akdağa ve Gözen 2020). Bu avantajlar sayesinde güneş enerjisi, yenilenebilir enerji alanında rüzgar enerjisi ile birlikte dünya enerji sepetinde giderek artan bir paya sahip olmaktadır. Santrallerin kurulum maliyetleri ve elektrik üretim maliyetini etkileyen faktörler arasında yakıt ve karbondioksit emisyonlarına dair maliyetlerin yanı sıra işletme ve amortisman masrafları da bulunmaktadır (Bayazıt 2021). Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, güneş enerjisi santrallerinin ticari olarak elektrik üretim maliyetleri diğer santrallere göre oldukça uygundur.

Güneş enerji santrallerinin kurulum maliyetlerinin yüksekliği, bu enerji kaynaklarının yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel olarak görülmektedir. Bu bağlamda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerjiye destek

sağlamaları ve bu alandaki teknolojilere erişimi kolaylaştırarak piyasayı düzenlemeleri gerekmektedir.

Türkiye'de, yenilenebilir enerji kaynaklarının güvenilir ve ekonomik bir şekilde kullanımının artırılması, kaynakların çeşitlendirilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevrenin korunması amacıyla 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 Sayılı Kanun bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu kanun çerçevesinde, Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) tarafından çıkarılacak yönetmeliklerle kamu ve tüzel kişilerin girişimleri için şartların belirlenmesi, yenilenebilir enerji kaynak alanının tahsisi ve yükümlülüklerin yerine getirilmesi gibi konular düzenlenecektir. Ayrıca, dağıtım şirketleri gibi TEİAŞ'tan bağlantı hakkında görüş alınması ve kurulacak ekipmanın daha çok yerli kaynaklardan temin edilmesi gibi konular da kanunda yer almaktadır. Yenilenebilir enerji alanında, YEK Destekleme Mekanizması biriminden bilgi ve kaynak erişimi sağlanmakta olup, üretim tesisleri için ön lisans ve lisans alma şartları, iptali gibi hususlar yine EPDK tarafından çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenecektir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi).

Lisansız enerji üretimi gerçekleştiren tesislerin, üretimlerinden artan fazla enerjiyi serbest piyasaya dağıtmak için gereken şartlar kanun içeriğinde belirtilmiştir. Bu şartlar, on yıllık sürenin bitiminden itibaren lisans süresi boyunca elektrik piyasasında oluşan saatlik piyasa takas fiyatının yüzde on beşinin YEK Destekleme Mekanizmasına katkı bedeli olarak ödenmesi koşuluyla lisanslı üretim faaliyetine geçilmesi ve/veya lisanssız üretim faaliyeti kapsamında üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için, elektrik piyasasında oluşan piyasa takas fiyatını geçmemek üzere uygulanacak fiyat ile uygulamaya ilişkin usul ve esasların Cumhurbaşkanı tarafından belirlenmesini içermektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi).

Gelişen teknolojiler sayesinde birçok ülkede güneş santrallerinden elektrik üretim birim maliyetleri 0.15 USD/kWh altına düşmüş olsa da, Türkiye'de birim maliyetler hâlâ oldukça yüksektir. İlerleyen süreçte güneş üretimi yüksek olan ülkelerde birim maliyetin daha da düşmesi öngörülmektedir.

2.8. Faaliyetlerin verimliliği Açısından Yer Seçim Koşulları

Güneş enerji santrallerinin yer seçim kriterleri, santrallerin kurulum sürecinin başından faaliyette olduğu sürece kadar elektrik üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Kurulum için uygun alanlar, yasal ve çevresel etki değerlendirme kriterlerine göre belirlenmektedir. Santral kurulduktan sonra genel olarak verimlilik ön plana çıkmakta çevresel etkiler kısmen arka planda tutulmaktadır. Bunun birlikte yasa ve yönetmeliklerin kısıtlayıcı ve teşvik edici yönden araştırılması bu süreçte önemlidir(Şenlik 2017).

Güneş enerji santrali kurulum alanları ile ilgili net kurallar olmamakla birlikte geçmişten günümüze kadar olan deneyimler sonucunda bazı kurallar oluşturulmuştur. Bu kapsamda çalışma alanının yerel iklim koşulları, arazi yapısı, güneş enerji potansiyeli, arazinin kullanım durumu, şebeke bağlantısı, erişebilirliği, trafo merkezlerine yakınlık, enerji tüketim bölgelerine yakınlık, su kaynakları, jeolojik yapı, arazi fiyatları ve mülkiyet durumu gibi temel kriterler oluşturulmuştur.

2.8.1. Güneş Enerji Potansiyeli

Güneş enerji santrallerinin kurulumu için temel kriterlerin başında bölgenin güneş enerji potansiyeli gelmektedir. Bölgenin güneş ışınlam düzeyi, enerji verimliliği ile doğru orantılıdır ve sistemin verimli olması açısından kurulum sahasında güneş ışınlam değerinin günlük en az 4.5 kWh/m² olması gerekmektedir (Aydın 2009).

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, ülke coğrafi konumu nedeniyle önemli bir güneş enerji potansiyeline sahiptir. Bakanlıkça hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olup, ortalama yıllık toplam ışınlam değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır.

2.8.2. Yerel İklim Koşulları

Yerel iklim koşulları, güneş enerji santrallerinin (GES) verimliliğini etkileyen önemli bir kriterdir. Proje sahasındaki aşırı kar, yağış ve rüzgar gibi hava olayları, verimliliği düşürmenin yanı sıra, proje ekipmanının zarar görmesine de neden olabilir (Kaldellis *et al* 2014). Bu nedenle, proje hayata geçirilmeden önce, bölgenin

uzun süreli hava verilerinin dikkatlice incelenmesi gerekmektedir (El-Kordy *et al* 2012).

2.8.3. Gölgeleme Yaratan Faktörler

Güneş enerji santrallerinin (GES) kurulu olduğu alanlarda, güneş ışığını engelleyebilecek herhangi bir yükseltinin veya engelin bulunması, santralin verimliliğini etkileyebilir. Bu nedenle, gölgeleme etkisi, yatırımcılar tarafından dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Kumaran *et al* 2014). Gölgeleme, paneller üzerindeki güneş ışığını azaltarak enerji üretimini düşürür ve bu durum, ekonomik açıdan verimliliği azaltır (Yang *et al* 2018). Dolayısıyla, GES'lerin kurulacağı alanların dikkatli bir şekilde seçilmesi ve potansiyel gölgeleme etkilerinin minimize edilmesi önemlidir.

2.8.4. Arazinin Cephesi

Güneş enerji santrallerinin (GES) kurulacağı arazinin cephesi, güneşe doğru yönlendirilmelidir. Bu, enerji üretim verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için önemlidir. Türkiye, Kuzey Yarımküre'de orta kuşakta bulunmaktadır. Bu nedenle, ülkede kurulacak GES'lerin güney cepheli olması önerilmektedir (EIA 2020). Güneye bakan paneller, gün boyunca güneş ışığını en iyi şekilde yakalayarak enerji üretimini artırır ve böylece santrallerin verimliliği ve ekonomik değeri yükselir (Kaldellis and Kapsali 2012).

2.8.5. Kurulum Yapılacak Alanın Arazi Kullanımı

Güneş enerjisi santrallerinin (GES) yer seçimi sürecinde arazi kullanım durumu önemli bir kriterdir. Doğal bitki örtüsünün gölgeleme etkisi yaratması, GES'lerin verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Hernandez *et al* 2014). Bitki örtüsünün temizlenmesi ise, çevre dostu enerji üretme amacıyla çelişen bir durum yaratabilir ve yatırımcılara ek maliyetlere yol açabilir (Chowdhury *et al* 2011). Bu nedenle, güneş enerjisi santralleri için yer seçimi yapılırken, bu kriterin uygun olduğu alanlara yönelmek daha uygun olacaktır.

2.8.6. Bölgenin Topoğrafik Yapısı

Topoğrafik yapı, güneş enerji santrallerinin (GES) yer seçimi sürecinde dikkate alınması gereken önemli bir kriterdir. Genellikle düz ve güney yönlü alanlar, GES kurulumu için tercih edilen yerlerdir (Eroğlu 2018). Dalgalı arazi yapısı, gölgeleme etkisi yaratıp kurulum sürecini zorlaştırabilir. Ayrıca, arazideki eğim durumu da verimliliği etkilemektedir.

Kurulum alanlarında ideal eğim değerleri 1 ila 3 derece aralığında olması uygundur (Eroğlu 2018). Ancak, uygun alanların bulunmaması durumunda bu değer 5°'ye kadar çıkabilir. Tamamen düz bir arazi, su birikmesi ve tahliye sorunlarına neden olabileceği için, belirtilen eğim değerleri arasında bir eğim GES için daha uygun olacaktır.

2.8.7. Faaliyetlerin Enerji Tüketim Bölgelerine Olan Mesafesi

Güneş enerji santralleri (GES) için yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriter de santralin enerji tüketim bölgelerine olan uzaklığıdır. Tüketim bölgeleri ile santral arasındaki mesafe arttıkça enerji iletim kayıpları da artar ve bu durum verimliliğin düşmesine yol açar (Kaldellis and Kapsali 2013). Dolayısıyla, enerji santrallerinin tüketim bölgelerine yakın olması, enerji kayıplarını minimize etmeye yardımcı olarak verimliliği artırmaktadır.

2.8.8. Faaliyetin Yakın Çevresinde Yerleşim Alanı Bulunması

Güneş enerji santrallerinin (GES) enerji tüketim bölgelerine olan mesafesi, verimlilik açısından önemli bir kriterdir. Büyük ölçekli GES'lerin enerji tüketim bölgelerine, yani kentlere, sanayi alanlarına ve iş alanlarına olan uzaklığı göz önünde bulundurulduğunda, bu tür santrallerin uzak konumlarının tercih edilmemesi daha uygun olacaktır (Gagnon *et al* 2016). Yakın konumlar, enerji iletim kayıplarını azaltarak ve enerji dağıtım maliyetlerini düşürerek santrallerin verimliliğini artırabilir.

2.8.9. Şebeke Bağlantısı

Güneş enerji santrallerinin (GES) kurulumu sırasında, iletim hatlarına olan mesafe dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Üretilen enerjinin pazara ulaştırılması için şebeke bağlantısına yakınlık, kritik bir kriter olarak kabul edilir. Büyük ölçekli GES'ler için, iletim hatlarına olan mesafenin 10 km'den daha fazla olmaması genellikle önerilirken, küçük ve orta ölçekli üretim tesislerinde bu değer 5 ila 10 km arasında olması yatırımın ekonomik verimliliği açısından daha kabul edilebilir bulunmaktadır (Eroğlu 2018). Ayrıca, GES'in bağlanacağı şebekenin kapasitesinin, enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli olması gerekmektedir.

2.8.10. Erişebilirlik

Enerji santrallerinin yer seçiminde, ana ulaşım yollarına yakınlık önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, ana ulaşım yollarından enerji santrallerine ulaşımı sağlayan tali yolların varlığı ve fiziki durumları da dikkate alınması gereken kritik faktörlerdir (Yıldız vd. 2016). İyi tasarlanmış ve bakımlı tali yollar, enerji üretim tesislerine hızlı ve verimli erişim sağlayarak, enerji üretimi ve dağıtım süreçlerini daha etkili hale getirebilir.

2.8.11. Faaliyetin Aktif Fay Hatlarına Uzak Olması

Güneş enerji santrallerinin yer seçiminde, santral alanının fay hatlarına olan mesafesi, hem yatırım güvenliği hem de üretim sürekliliği açısından büyük öneme sahiptir (Kaya ve Peker 2019). Fay hatlarına yakın bölgelerde kurulan santraller, olası depremler ve jeolojik hareketler nedeniyle zarar görebilir ve enerji üretim süreçlerinde aksamalar yaşanabilir. Bu nedenle, santrallerin fay hatlarından güvenli bir mesafede kurulması gerekmektedir. Jeolojik yapı ve fay hatlarına olan mesafeyi değerlendiren detaylı analizler, yer seçimi sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

2.8.12. Su Kaynaklarına Yakınlık

Güneş enerji santralleri (GES), soğutma suyu veya fotovoltaik panellerin temizliği için su kullanımına ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle, su kaynaklarına yakınlık, santralin sürekli ve etkili çalışması açısından büyük önem taşımaktadır (Kaldellis and Kapsali 2013).

Su kaynaklarının yakınında bulunan bir GES, işletme maliyetlerini düşürebilir ve enerji üretiminin sürekliliğini sağlayabilir. Bu faktör, özellikle su soğutmalı konsantre güneş enerji santralleri için kritiktir, ancak fotovoltaik panellerin düzenli temizliği ve bakımı için de geçerlidir. Suyu yakın bir konum, işletme maliyetlerini azaltmanın yanı sıra, santralin çevresel etkilerini de en aza indirebilir (NREL 2012).

Sonuç olarak, güneş enerji santrallerinin yer seçimi sürecinde su kaynaklarına yakınlık, santralin verimliliği ve devamlılığı için önemli bir kriterdir ve bu konudaki araştırmalar, projenin başarısı için önemli bir katkı sağlar.

2.8.13. Mülkiyet Yapısı ve Arazi Fiyatları

Güneş enerji santrallerinin (GES) kurulumunda, arazi fiyatları ve mülkiyet yapısı önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu unsurlar, projenin maliyetini ve yatırımın geri dönüş süresini doğrudan etkileyebilir (Hernandez *et al* 2014).

Arazi maliyetleri, güneş enerji santrallerinin toplam maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturur. Arazi fiyatlarının yüksek olduğu bölgelerde, projenin ekonomik verimliliği düşebilir ve bu da yatırımcıların projeyi değerlendirirken göz önünde bulundurması gereken bir husustur (Fthenakis and Kim, 2009).

Ayrıca, mülkiyet yapısı ve arazi üzerindeki haklar da önemlidir. Özel mülkiyet veya kamu arazisi gibi farklı mülkiyet türleri, projenin planlama, izin ve uygulama süreçlerini etkileyebilir (Wiser *et al* 2016). Dolayısıyla, güneş enerji santrallerinin yer seçimi sürecinde, arazi fiyatları ve mülkiyet yapısının dikkate alınması önemlidir.

2.9. Çevresel Etkileri Açısından Yer Seçim Koşulları

İnsanoğlu tarafından üretilen enerjinin, kaynağı ne olursa olsun, doğaya çeşitli etkileri bulunmaktadır. Güneş enerji santralleri (GES) için de bu durum geçerlidir; bu nedenle, santrallerin kurulumundan işletme süreçlerine kadar olan aşamalar dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir (Tsoutsos *et al* 2005).

Güneş enerji santrallerinin, üretilen enerjinin birim miktarı açısından diğer enerji santralleri ile kıyaslandığında, daha büyük alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Baraj tipi hidroelektrik santralleri hariç, GES'ler en fazla alana ihtiyaç duyan enerji üretim tesisleridir (Fthenakis and Kim 2009).

GES'lerde fotovoltaiik paneller, beton temeller üzerinde çelik kolonlarla birlikte çelik veya alüminyum desteklere monte edilir. Bu tür bir yapıyı kurmak için, arazideki bitki örtüsünün (ağaç, çalı, sazlık vb.) temizlenerek hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, olası bir yangına veya gölgelemeye karşı bu işlemi düzenli olarak yapmak önemlidir (Turney and Fthenakis 2011).

Sonuç olarak, güneş enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesi sırasında çevresel etkilerin minimize edilmesi önemlidir. Bu nedenle, önceden yapılan değerlendirmeler ve uygun planlamalar, santrallerin çevre dostu olmasına katkıda bulunacaktır (Kumar *et al* 2010).

2.9.1. Su Kaynaklarına ve Toprağa Etkileri

Isıl güneş enerji santrallerinde kullanılan soğutma suyu, bölgedeki su kaynaklarına geri verildiğinde, termal dengeyi bozarak ve kirliliğe neden olarak su kaynakları ve bağlantılı ekolojik yapı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Kreith and Goswami 2007). Bu durum, su ekosistemlerinin sağlığı ve çevre için potansiyel riskler doğurmaktadır.

Ayrıca, güneş enerji santralleri (GES) için yapılan arazi sıkıştırma ve tasfiye işlemleri, arazi yapısını değiştirerek toprağın doğal drenajında bozulmalara yol açmaktadır (Ramos *et al* 2016). Bu durum, erozyon ve su baskınlarının meydana gelmesine neden olabilir, çevre ve yerel ekosistemler üzerinde zararlı etkiler yaratabilir. Bu nedenle, güneş enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesi sırasında çevresel etkilerin minimize edilmesi önemlidir. Bu süreçlerde dikkatlice planlama yaparak ve uygun önlemleri alarak, santrallerin çevre dostu olmasına katkıda bulunulabilir (Tsoutsos *et al* 2005).

2.9.2. Ekosistem ve Biyolojik Çeşitliliğe Etkileri

Güneş enerji santrallerinin (GES) doğal ortama ve biyoçeşitliliğe olan etkileri, özellikle panellerden yansıyan ışınlar ve ısı dengenin bozulması ile ilgilidir. Yapılan çalışmalar, GES'lerin yakın çevresinde ısıнын yüksek olduğunu göstermiştir (Hernández *et al* 2014).

Işınların yansıması ve ısı dengenin değişmesi nedeniyle, kuşlar ve böcekler gibi canlıların zarar gördüğü ve kuşların göç yollarının olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Hazine arazisi olarak kullanılan mera alanlarında GES kurulumu, otlatma faaliyetlerini engelleyebilmektedir. Bu durum, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık faaliyetlerini. Ayrıca, orman alanları veya üstünde sık orman örtüsü olmayan arazilerde yapılan temizlik işlemleri, bu alanlara büyük zararlar verebilir ve doğal ekosistemlerin dengesini bozabilir (Şenlik 2017). Bu nedenle, GES'lerin çevresel etkilerini minimize etmek için dikkatli planlama ve yönetim yaklaşımları benimsenmelidir. Çevreye duyarlı teknolojiler ve yöntemler kullanarak, güneş enerji santrallerinin doğal ortam ve biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir (Tsoutsos *et al* 2005).

2.9.3. Hava Kirliliğine Etkisi

Dünya genelinde hava kirliliği, insan sağlığı ve çevre kalitesi üzerinde giderek artan bir etkiye sahiptir. Gelişen çevre bilinci sayesinde, hava kirliliği sorununa daha fazla dikkat çekilmektedir (Pope III and Dockery 2006). Hava kirliliğine sebep olan başlıca faktörler, endüstri faaliyetleri, konut ısıtma sistemlerinden kaynaklanan gazlar, termik santraller ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan gaz emisyonlarıdır (Kelen 2014).

Güneş enerjisi santralleri, fosil yakıtlı enerji üretimine kıyasla daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir seçenek sunmaktadır. Güneş enerjisi santrallerinin çalışması sırasında, kirlетici gaz emisyonlarına neden olacak hiçbir madde üretilmez (Hernández *et al* 2014). Bu nedenle, güneş enerjisi kullanımının artması, hava kirliliği düzeylerini düşürmeye katkı sağlayarak, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacaktır (Tsoutsos *et al* 2005).

2.9.4. Görsel Etkiler

Güneş enerjisi santralleri, enerji üretimi için geniş alanlara ihtiyaç duyulduğundan, bu tesislerin kurulması ve işletilmesi sırasında görüntü kirliliği oluşturma potansiyeline sahiptir (Varınca ve Varank, 2005). İşletme koşulları ve olası kazalar, halk sağlığı ve güvenliği için istenmeyen sonuçlara yol açabilir; bu nedenle, çevresel açıdan hassas bölgelerde ve yerleşim alanlarının yakınında güneş enerjisi santrallerinin kurulmaması önemlidir.

Peyzaj değeri yüksek alanlar, kent veya kırsal yerleşim alanlarının çevresi, koruma altındaki arkeolojik, kentsel ve tarihi sit alanlarında yer alan güneş enerjisi santralleri, görsel kirliliğe neden olabilir. Bu durum, bölgenin estetik değerini ve çevre kalitesini olumsuz etkileyebilir (Pasqualetti 2011).

Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde, bu tür hassasiyetleri dikkate alarak, çevresel ve toplumsal etkilerin minimize edilmesi önemlidir. Bu amaçla, enerji politikaları ve mevzuatların, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda, çevreye ve topluma saygılı bir şekilde yönlendirilmesi gerekmektedir (Wüstenhagen *et al* 2007).

2.9.5. Gürültü Kirliliği

Fotovoltaik (PV) sistemler, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan teknolojilerdir. PV sistemlerinin inşa aşamasında, yapı malzemelerinin taşınması, temel kazma ve montaj işlemleri gibi etkinlikler nedeniyle geçici gürültü kirliliği oluşabilir (Hernandez *et al* 2014). Bununla birlikte, işletme aşamasında PV sistemlerinin gürültü üretimi minimaldir ve genellikle rahatsız edici düzeylere ulaşmaz (Palmer *et al* 2013).

PV sistemlerinin düşük gürültü seviyeleri, özellikle yerleşim alanlarına yakın enerji üretim tesisleri için önemli bir avantajdır. Bu özellik, PV sistemlerinin diğer enerji üretim yöntemleriyle kıyaslandığında çevre üzerinde daha az etkili olduğunu göstermektedir (Alsema *et al* 2006).

2.9.6. Atık Yönetimi

Ağır metaller içeren bataryaların doğru bir şekilde imhası, çevre ve insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Batarya türlerine göre, ağır metal içerikleri ve imha yöntemleri farklılık gösterebilir (Gaines 2014). Kullanım süresi dolmuş bataryaların değiştirilmesi ve geri dönüşüm sürecinde, bataryaların türlerine göre ayrılması ve uygun imha yöntemlerine tabi tutulması gerekmektedir (Wang *et al* 2014).

Ağır metaller, özellikle toprak ve su kirliliği ile insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceğinden (Tchounwou *et al* 2012), batarya geri dönüşüm ve imha süreçleri düzenli olarak denetlenmelidir. Bu süreçler, uygun düzenlemeler ve yönetmeliklerle desteklenmeli ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi sağlanmalıdır (Ongondo *et al* 2011).

2.9.7. Güneş Enerji Santrallerinin Diğer Olumsuz Etkileri

Güneş Enerji Santralleri (GES), ışık yansımaları nedeniyle havayolu işletme güzergahları için sorunlar yaratabilir. Bu durum, özellikle düşük irtifada uçuş gerçekleştiren hava araçları için tehlike oluşturabilir (Avila *et al* 2012). Bu nedenle, GES'lerin havayolu ulaşım güzergâhlarından uygun bir mesafede kurulması önemlidir. Ayrıca, GES'lerin askeri bölgelere olan mesafesi de yer seçimi sürecinde dikkate alınmalıdır. Kara, Deniz ve Hava Kuvvetleri'nin askeri faaliyetlerini (tatbikat, eğitim vb.) engellemeyecek bir mesafede GES'lerin kurulması önem taşımaktadır (Morrison *et al* 2013). Bu, hem güvenlik açısından hem de askeri faaliyetlerin sorunsuz yürütülmesi için gereklidir.

2.10. Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimini Etkileyen Mevzuatın İncelenmesi

Ülkemizde güneş enerji santrallerinin mevzuatı, genel olarak Enerji Mevzuatı kapsamında ele alınmaktadır. Bununla birlikte, Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEKDEM) için sadece enerji mevzuatı yeterli olmayıp, çeşitli kurumların enerji düzenlemeleri, ulusal veya uluslararası sözleşmeler, strateji planları ve belgeler gibi düzenlemeler de dikkate alınmalıdır (Şenlik 2017). Güneş enerji santrallerinin yer seçimini etkileyen yasal düzenlemeler şunlardır:

1-Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu): Bu kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine yönelik teşvik ve destek mekanizmalarını düzenlemektedir (T.C. Resmî Gazete 2005).

2-Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği: GES'lerin çevreye olan etkilerinin değerlendirilmesi ve izlenmesi için süreçleri düzenleyen yönetmeliktir (T.C. Resmî Gazete 2013).

3-Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği: GES'lerin yer seçimi ve planlama süreçlerini düzenleyen yönetmeliktir (T.C. Resmî Gazete 2014).

4-Orman Kanunu: Orman alanlarında GES kurulmasına ilişkin düzenlemeleri içermektedir (T.C. Resmî Gazete 1983).

5-Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: GES'lerin doğal ve kültürel değerlerle uyumlu bir şekilde geliştirilmesini sağlayan düzenlemeleri içermektedir (T.C. Resmî Gazete 1983).

6-Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: Kültürel ve tarihi değerlere zarar vermemesi için GES'lerin yer seçimine ilişkin düzenlemeleri içermektedir (T.C. Resmî Gazete 1983).

7-Elektrik Piyasası Kanunu: GES'lerin elektrik piyasasına entegrasyonu ve düzenlemeleri kapsamaktadır (T.C. Resmî Gazete, 2001).

8-Enerji Verimliliği Kanunu: GES'lerin enerji verimliliği düzenlemelerine uygun şekilde planlanması ve işletilmesiyle ilgili hükümleri içermektedir (T.C. Resmî Gazete 2007).

9-İmar Kanunu: GES'lerin yer seçimi ve planlama süreçlerini düzenleyen temel mevzuattır (T.C. Resmî Gazete 1985).

10-Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği: GES'lerin su kaynaklarına etkilerini düzenleyen yönetmeliktir (T.C. Resmî Gazete 2004).

Güneş enerji santrallerinin yer seçimine etki eden yasal düzenlemelerin yanı sıra, yerel yönetimlerin düzenlemeleri ve uluslararası sözleşmeler de dikkate alınmalıdır. Bu düzenlemeler, GES'lerin yer seçimi sürecinde çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerin dikkate alınarak sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesini sağlamaktadır.

2.10.1. 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

Bu kanun, yenilenebilir enerjiye teşvik ederek elektrik üretimindeki payını arttırmaktır. Bu sebeple güneş enerjisinin üretiminde yer seçimi konusuna dair teşvik uygulamalarını içermektedir.

2.10.2. 2872 Sayılı Çevre Kanunu

2872 Sayılı Çevre Kanunu kapsamında, çevrenin korunması için temiz enerji kaynaklarına ve temiz enerji teknolojilerine teşvik uygulamaları ile GES'ler için uygun yer seçimine dair hükümler düzenlenmiştir.

2.10.3. 4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu

Bu kanunda Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri(EİEB) ile ülkemiz için kitlesel boyutta enerji üretimine dair yasal düzenlemeler yer almaktadır.

2.10.4. 2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu

Bu kanun da ülkemizin milli parkları, doğa koruma anları, tabiat parkları gibi alanlarına dair yasal düzenlemeler yer almaktadır. Kanun güneş enerji santralleri için kısıtlayıcı düzenlemeler içermektedir. Çünkü bu alanlara enerji üretimi için müdahale etmek yasaktır.

2.10.5. 6831 Sayılı Orman Kanunu

6831 Sayılı Orman Kanunu ile enerji üretim alanlarına karşın orman alanlarını korumayı hedeflemektedir. Ancak kamu yararının söz konusu olduğu durumlar için bu alanların kullanımına dairde düzenlemeler içerebilmektedir.

2.10.6. 4342 Sayılı Mera Kanunu

4342 Sayılı Mera Kanunu ile mera alanlarının amacı dışında kullanılmasının, özel mülkiyete geçirilmesinin ve sınırları ile oynatılmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ancak enerji üretim alanları için kanun birçok esneklik içermektedir.

2.10.7. 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu

Bu kanun, tarım alanlarının amacı dışında kullanılmayacağına dair hükümler yer almaktadır. Sulu tarım, mutlak tarım ve özel tarım gibi tarımsal üretim alanlarına uygun şekilde işletilmesine dair düzenlemeler bulundurmaktadır. Aynı şekilde kamu yararına gözetmek şartı ile enerji üretim alanları için esneklikler mevcuttur.

2.10.8. 3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu

Bu kanunda santral kurulum alanlarında yer alan tarım arazilerinin, zorunlu bir sebep olmadıkça amacı dışında kullanılamayacağı belirtilmektedir. Ancak Kanun'un gerekli gerekçeler ile enerji üretimini zorunlu gerekçeler kapsamında değerlendirebilmektedir.

2.10.9. 4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu

4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanun ile yaban hayat yaşam alanları ve sürdürülebilir av hayvanları korumaya yönelik yasal düzenlemeler içermektedir. Bu kanun kapsamında bulunan alanlarda, santraller için yer seçimi konusunda kısıtlayıcı düzenlemeler içermektedir.

2.10.10. 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu

Bu kanun, doğal sit alanlarını korumaya yönelik düzenlemeler içerdiğinden enerji üretimi ve işletilmesi dair kısıtlayıcı hükümler içermektedir.

2.10.11. 2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu

2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu kapsamında 1. ve 2. derece askeri (kara, hava ve deniz) yasak bölgelerde enerji üretim alanlarına izin verilmemektedir.

2.10.12. 2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu

2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile seyahat alanlarında sivil güvenliği tehlikeye düşürecek santrallerinde içinde bulunduğu hiçbir yapıya izin verilmemektedir.

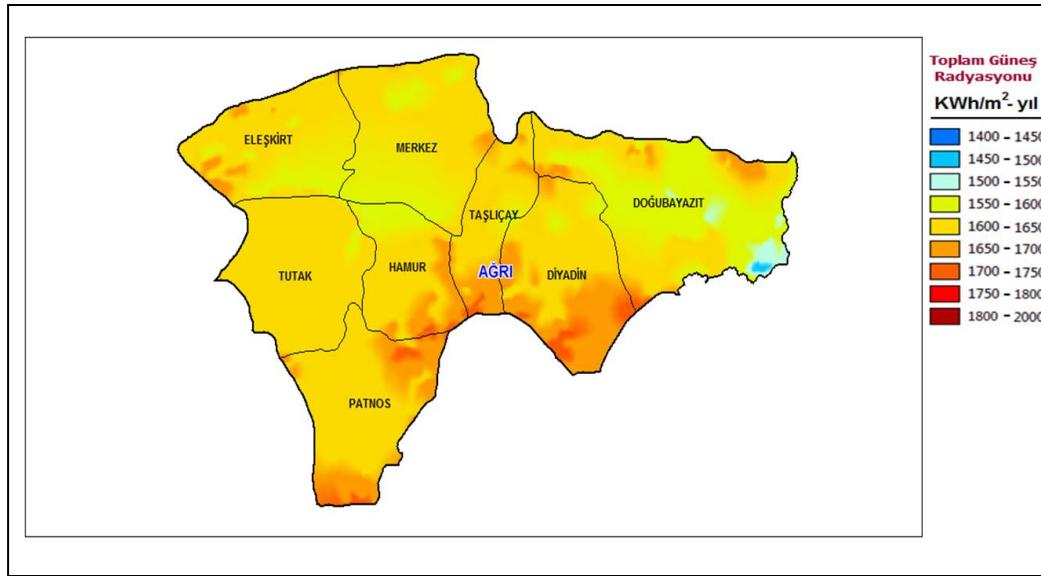
2.11. Ağrı İli Güneş Enerji Potansiyeli

Son yıllarda, enerji tüketiminin artması ve fosil kaynakların hem yetersiz kalması hem de çevreye verdiği zararlar nedeniyle, dünya genelinde yenilenebilir enerjiye olan talep artmıştır (Arsan 2022). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltmak ve çevre dostu enerji kaynaklarını tercih etmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Türkiye de bu eğilime uygun olarak, güneş enerjisi sistemlerinde bir artış yaşanmaktadır, ancak bu artış ülkenin güneş potansiyeline kıyasla tatmin edici düzeyde değildir (Arsan 2022).

Özellikle Ağrı ilinde yapılan araştırmalar, yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yeterince faydalanılmadığını göstermektedir. Türkiye'nin coğrafi konumu, güneş enerjisi kullanımında önde gelen birçok ülkeden daha fazla potansiyele sahiptir. Ağrı ili ise coğrafi konumu nedeniyle Türkiye'deki birçok şehre göre daha yüksek güneşlenme potansiyeline sahiptir (SERKA).

Doğu Anadolu Bölgesi, güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye'de en yüksek bölgeler olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nden sonra üçüncü sıradadır (SERKA). Ağrı ve Iğdır illerinde güneş enerji potansiyeli daha yüksektir, bunun nedeni ise Ağrı ilinde güneş ışıınım değerinin yüksek olması ve Iğdır ilinde ise güneşlenme süresinin fazla olmasıdır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, Ağrı ili yıllık 1750 kWh/m² civarı güneş ışıınım değerine sahiptir. Bu değer, bölgedeki diğer illere göre yüksek bir potansiyele işaret etmektedir. Kamu ve özel sektörün desteği ile bu alanda yapılacak çalışmalar, Ağrı ilinin enerji tüketimine katkıda bulunabilecek ve bölge halkı için maddi kolaylık sağlayabilecektir. Güneş enerjisi kullanımının teşvik edilmesi, seracılık faaliyetlerinde verimi artırabilir ve su ısıtma sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırabilir.

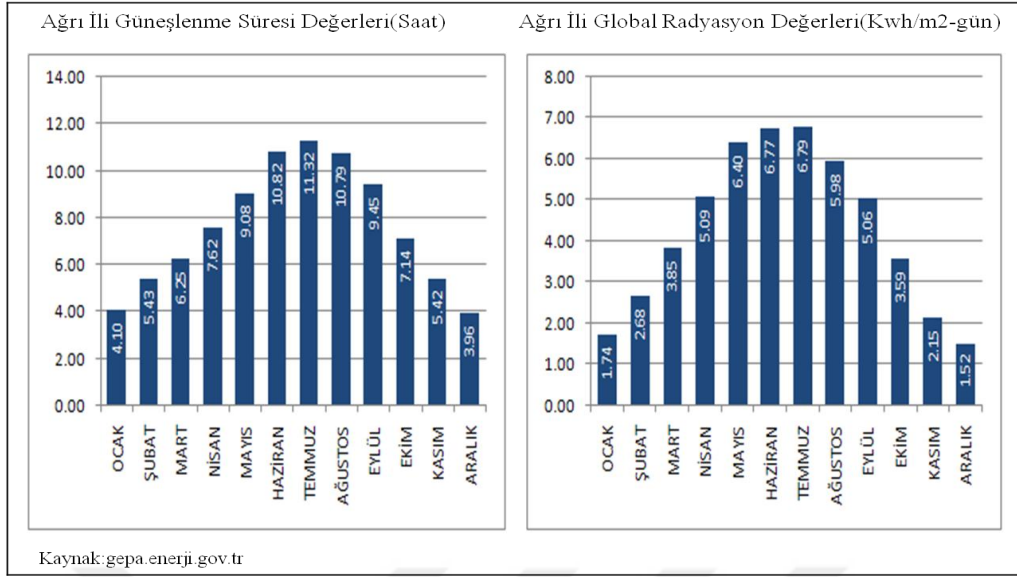


Harita 2-4. Ağrı İli Güneş enerji Potansiyeli Haritası(URL-5).

Ağrı ili güneş enerji potansiyeli haritasına göre, ilin tüm ilçelerinde güneş radyasyonunun 1550-1750 KWh/m² arasında olduğu görülmektedir. Bu değerler, dünya genelinde daha düşük güneş radyasyon değerlerine sahip bölgelerde kurulan güneş enerji santrallerinden bile yüksek verimler alındığını göz önünde bulundurarak, Ağrı ili için enerji kaynağı açısından endişeleri ortadan kaldırmaktadır.

Ağrı ilinde, güneş radyasyonu, enlemsellik faktöründen ötürü bölgenin kuzeyine doğru düşmektedir. Bununla birlikte, bu durum, çalışma alanı olarak belirlenen merkez ilçede enerjinin düşük olduğu anlamına gelmemektedir. Çalışma alanında, güneş radyasyonu yatırımlar için yeterli düzeydedir.

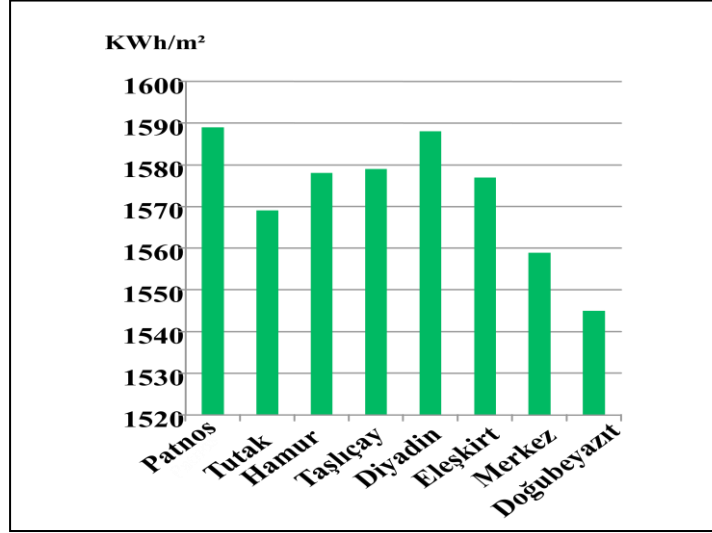
Bu verilere dayanarak, Ağrı ilinde güneş enerjisi yatırımları için güneş radyasyon değerlerinin yeterli olduğu söylenebilir. Bu potansiyel, bölgedeki güneş enerjisi santrallerinin kurulumu ve işletilmesi için uygun bir zemin sunmaktadır.



Şekil 2.13. Ağrı ili Güneşlenme süreleri ve küresel radyasyon değerleri (URL-5).

Ağrı ili için Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (URL-5) tarafından sağlanan grafiklere göre, yaz aylarında günlük güneşlenme süreleri 10 saatten fazla iken, kış aylarında ise bu süre 4-5 saat civarına düşmektedir. Kış aylarındaki bu düşüş, güneş ışınlarının açısının daralması, gündüz sürelerinin kısalması ve güneşli gün sayısının azalması gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Bu durum, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği ve enerji üretimi açısından önemli bir etken olup, yatırımların ve planlamaların bu değişkenlere göre yapılandırılması gerekmektedir. Yine de, Ağrı ilinde güneş enerjisi potansiyelinin yıl boyunca değerlendirilmesi ve uygun teknolojilerin kullanılmasıyla, sürdürülebilir enerji üretimi mümkündür.



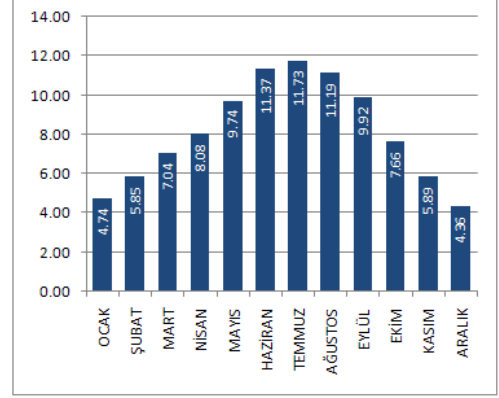
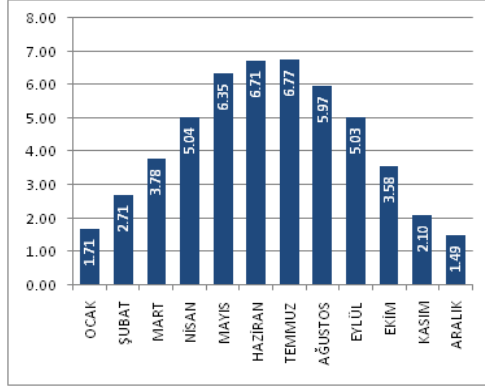
Şekil 2.14. Ağrı İli ilçeler bazında Global Radyasyon Değerlerine göre güneşlenme Süreleri (kWh/m2gün) (URL-5).

Ağrı ili ilçeler bazında incelendiğinde, Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri (URL-5) grafiğine göre en yüksek güneşlenme potansiyeline sahip ilçe, ilin en güneyinde yer alan Patnos'tur. Öte yandan, en düşük güneşlenme potansiyeli ise Doğubeyazıt ilçesinde görülmektedir. Bu durum, yatırımcılar ve politika belirleyiciler için, güneş enerjisi projelerinin yer seçimi ve enerji üretim kapasitesi hesaplamalarında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

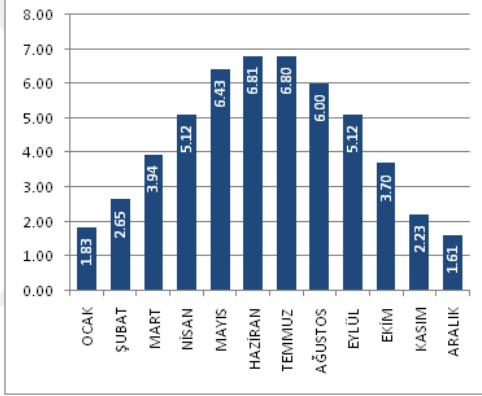
Ağrı ilindeki bu farklılıklar, coğrafi konum, iklim ve topoğrafya gibi çeşitli faktörlerin etkisi altındadır. Güneş enerjisi projelerinin etkin ve verimli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi için, bu tür yerel farklılıkların analizi ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Ağrı Merkez İlçe Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)

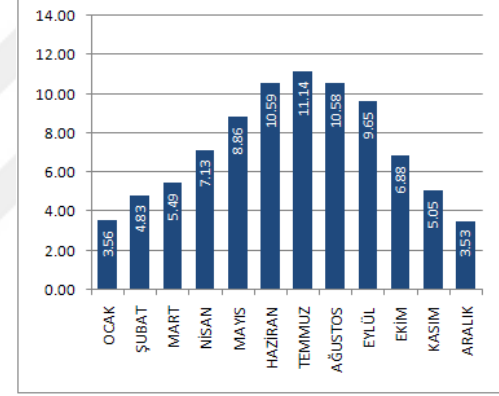
Ağrı Merkez İlçe Güneşlenme Süreleri (Saat)



PATNOS Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)



PATNOS Güneşlenme Süreleri (Saat)



Şekil 2.15. Patnos İlçesi güneş enerji potansiyeli ile Merkez ilçenin enerji potansiyeli grafikleri (URL-5).

Ağrı ilinde, en yüksek güneşlenme potansiyeline sahip Patnos ilçesi ile çalışma alanı olan merkez ilçe arasında, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan grafikler ışığında yapılan karşılaştırmada önemli bir fark gözlenmemektedir. Güneşlenme süresi, daha kuzeyde bulunan merkez ilçede kısmen daha fazla olmasına rağmen, güneşlenme radyasyon değerleri Patnos ilçesinde biraz daha yüksektir. Bununla birlikte, bu farklar, her iki bölgede kurulacak Güneş Enerji Santralleri (GES) ve panellerin verimliliği açısından önemli bir etkiye sahip olmayacaktır.

Ağrı ili genelinde toplam güneş ışıınım değeri incelendiğinde, güneş kaynaklı enerji üretimi için geniş alanların mevcut olduğu görülmektedir. Bölgedeki bazı kesimlerin yüksek ışıınım değeri sahip olması nedeniyle, güneş enerjisi yatırımları için büyük potansiyel sunmaktadır.

Bu veriler, Ağrı ilinde güneş enerjisi yatırımlarının planlanması ve yönetilmesi sürecinde dikkate alınması gereken önemli bilgilerdir. Hem kamu hem de özel sektör yatırımcıları için, bu tür değerlendirmeler, enerji üretim kapasitesini optimize etmek ve çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla stratejik ve bilinçli kararlar almak açısından önemlidir.

Ağrı ilinde 4 lisanslı santral yaklaşık 12 MW enerji üretilmektedir. Çeşitli firmalara ait lisansız santrallerden ise yaklaşık olarak 16 MW enerji üretilmektedir.

Tablo 2-8. Ağrı İlindeki Lisanslı Güneş Enerji Santralleri (URL-2).

Santral Adı	İlçe	Firma	Güç
Suçatağı Köyü GES	Merkez	Fortuna Enerji	5,99 MW
Çukurçayır Köyü GES	Merkez		5,00 MW
Tutak Belediyesi GES	Tutak	Tutak Belediyesi	0,99 MW
Taşlıçay Belediyesi GES	Taşlıçay	Taşlıçay Belediyesi	0,50 MW

Ağrı İli Merkez ilçede, Suçatağı Köyü ve Çukurçayır Köyü'nde iki adet lisanslı güneş enerji santrali (GES) bulunmaktadır (Ağrı Valiliği). Bu santraller, Murat Nehri ve Şeriyen deresi yakınında konumlanmıştır. Santrallerin kurulum alanları, akarsuların taşkın bölgelerinde yer aldığı için, su seviyesindeki artışlar doğrudan santrallerin zarar görmesine ve dolayısıyla maddi kayıplara yol açabilir. Ayrıca, bu santrallerin kurulum alanları, Ağrı merkez ilçede sis oluşumunun en yoğun olduğu bölgelerde yer almaktadır. Santrallerin fotovoltaik (PV) sistemlerle çalıştığını göz önünde bulundurarak, sis nedeniyle güneşin görünmediği zamanlarda enerji üretiminin kısıtlanması veya durması beklenmektedir. Bu durum, verimlilikte önemli bir düşüşe yol açacaktır.

Yukarıdaki faktörler dikkate alındığında, mevcut santrallerin kurulum sürecinde yer seçimi konusunda uygun bir fizibilite çalışması yapılmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum, GES'ler için yer seçimi konusunda bu araştırmanın önemini göstermektedir.

Çalışma alanında, güneş enerjisi kullanımı çoğunlukla çatı sistemleri ile su ısıtmada gerçekleştirilmektedir. Örneğin, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla bazı kurulumlar yapmıştır. Ancak, bu tür sistemler genellikle şebeke bağlantısına büyük kapasitede elektrik sağlamaktan ziyade, bireysel ve kurumsal enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir.

2.12. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Ölçütlü Karar Analizi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA), araştırmacıların çalışmalarındaki karmaşıklığı yönetmelerine yardımcı olan önemli araçlardır. Bu sistemlerin birlikte kullanılması, çalışma alanından elde edilen bilgilerin belirli kriterler etrafında düzenlenerek karar süreçlerinin planlanmasını sağlar (Öztürk ve Batuk 2007). Güneş enerji santralleri için uygun alanların belirlenmesinde çeşitli kriterlerin rol aldığını belirttik. CBS ve ÇÖKA, bu tür çalışmalardaki karmaşıklıkların çözümlemesinde etkili bir yaklaşım sunmaktadır.

Literatürde, bu tür çalışmalarda ÇÖKA ve CBS'nin birlikte sıkça kullanıldığı görülmektedir. Büyük ölçekli güneş enerji santralleri, yer seçimi için gereken nitelikler açısından daha küçük santrallere göre daha fazla kriteri dikkate almaktadır. Bu ölçütleri genel olarak şu şekilde sıralayabiliriz:

- Güneş enerjisi potansiyeli
- Eğim · Arazi kullanımı ve arazi örtüsü
- Hidrografik özellikler
- Yerleşim, endüstri ve ulaşım ağı
- Koruma alanları (kuş göç yolları, arkeolojik alanlar, vb.)
- Elektrik hattına ve trafo merkezlerine yakınlık

Büyük ölçekli güneş enerji santralleri için yukarıda belirtilen kriterler, projenin başarısı ve verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kriterlere dikkat edilmemesi veya herhangi birinde yapılan ihmal, bir dizi olumsuz sonuç doğurabilir. Bu olumsuz sonuçlar arasında maddi zararlar, teknolojik ekipmanın hasar görmesi veya işlevsiz hale gelmesi, hedeflenen verime ulaşamaması ve hatta personelin iş sağlığı ve güvenliği risklerinin artması bulunmaktadır. Bu nedenle, güneş enerji santrallerinin kurulumu sırasında, yukarıda listelenen kriterlere dikkatle uyulması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.13. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Son dönemlerde, ülkeler sınırlarını tanımlamak ve veritabanlarını oluşturmak için yoğun çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Ülkelerin veri havuzlarının güvenilir bilgilerle oluşması ve bunlara kolay erişilebilir olmaları, planlama sürecini kısaltarak zaman ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafyaya dair her türlü bilginin elde edilmesi, depolanması, güncellenmesi, kullanılması, analiz ve görüntülenmesi durumları için bilgisayar ortamında yazılımlar, personel ve yöntemlerle bir disiplin içinde bir araya getirilmesi olarak tanımlanabilir (Ercan ve Komesli 2008). Özellikle kurumsal bilgilerin toplanması, işletilmesi ve analiz edilmesi gibi özelliklerin yanı sıra doğal kaynak yönetimi, 1980'lerden itibaren yerel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda CBS teknolojisinin bir karar destek sistemi olarak uygulama alanı bulduğu belirtilmektedir (Erden ve Coşkun 2011).

Yapılan araştırmalar, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin 9 ana uygulama alanında faaliyet gösterdiğini ortaya koymaktadır.

1-Çevre ve doğal kaynak yönetimi: CBS, su kaynakları yönetimi, ormancılık, vahşi yaşam yönetimi ve ekosistem değerlendirme gibi alanlarda kullanılmaktadır (Lopez-Pellicer *et al* 2011).

2-Kentsel ve bölgesel planlama: CBS, şehir ve bölge planlamasında, arazi kullanımı analizi, ulaşım ağları ve altyapı planlaması gibi konularda etkin bir araç olarak kullanılır (Yomralıoğlu ve Colak 2003).

3-Afet yönetimi: Afetlerin önceden tahmin edilmesi, önlemler alınması ve afet sonrası zararların en aza indirgenmesi için CBS uygulamaları yapılmaktadır (Borouhaki and Malczewski 2010).

4-Tarım ve toprak yönetimi: CBS, tarımsal üretim alanları, toprak özellikleri ve erozyon riski analizlerinde kullanılır (Wibowo and Giessen 2015).

5-Altyapı ve ulaşım: Altyapı ve ulaşım planlaması, bakım ve yönetimi için CBS teknolojisi kullanılmaktadır (Karimi ve Akinci 2014).

6-Enerji yönetimi ve planlaması: Enerji tesislerinin yer seçimi, enerji dağıtım ağları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirmesi gibi alanlarda CBS kullanılmaktadır (Janke 2010).

7-Sağlık hizmetleri: CBS, hastalık yayılımı ve kontrolü, sağlık hizmetlerinin planlanması ve yerel sağlık politikalarının değerlendirilmesinde kullanılır (Kamel Boulos *et al* 2011).

8-Eğitim: CBS, eğitim araştırmalarında ve eğitim politikalarının değerlendirilmesinde kullanılan bir araçtır (Lai *et al* 2013).

9-Kadastro ve mülkiyet yönetimi: CBS, mülkiyet sınırları, arazi değerlendirme ve vergilendirme gibi konuları yönetmek için kullanılır (Alkan vd 2012).

Bu uygulama alanları, CBS'nin coğrafi bilgilerin analizi, görselleştirilmesi ve yönetimi için güçlü ve esnek bir araç olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, büyük ölçekli güneş enerji santralleri için yer seçimi gibi karmaşık ve çok kriterli problemlerde CBS ve Çok Ölçütlü Karar Analizi yöntemlerinin entegrasyonu önemli bir rol oynamaktadır. Bu entegrasyon, doğru kararlar almak ve yatırımlardan en iyi şekilde yararlanmak için gerekli bilgileri sağlayarak projelerin başarısını ve sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemlerinin uygulanması, belirli bir düzen içinde sıralanarak ve aşamalar halinde gerçekleşir. Bu akış şeması sabit olmayıp, bir CBS çalışmasının ideal uygulama adımlarını belirtecek şekilde yapılandırılır

(Turoğlu 2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde, altı adımdan meydana geldiği görülmektedir (Mercan vd 2017):

Veri toplama: Coğrafi verilerin, uydu görüntüleri, haritalar, raporlar ve saha çalışmaları gibi çeşitli kaynaklardan toplanması.

Veri girişi ve düzenleme: Toplanan verilerin, CBS yazılımına uygun formatta sisteme girilmesi ve düzenlenmesi.

Veri depolama ve yönetimi: Coğrafi verilerin, veritabanlarında düzenli ve güvenli bir şekilde saklanması ve yönetilmesi.

Veri analizi: CBS yazılımının, coğrafi verileri analiz etmek ve çeşitli sorgular yapmak için kullanılması.

Veri görselleştirme: Analiz edilen verilerin, haritalar, grafikler ve tablolar gibi görsel formatlarda sunulması.

Sonuç ve raporlama: CBS analizlerinin sonuçlarının, karar vericilere ve ilgili taraflara sunulması ve raporlanması.

2.14. Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA)

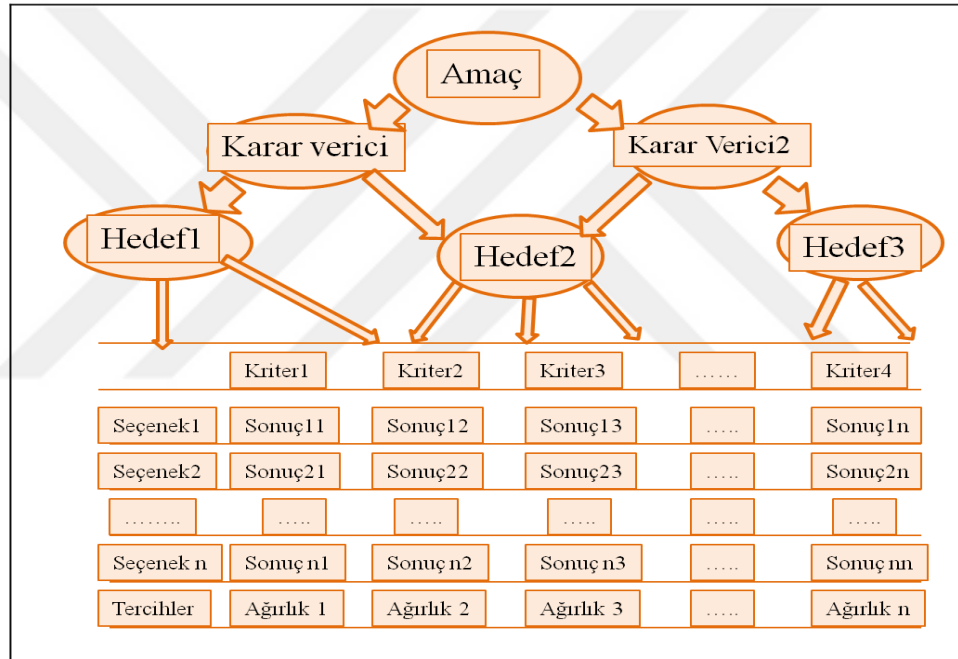
Seçimlerimizi tek bir ölçüte göre belirlememiz neredeyse imkânsızdır. Birden fazla kriterin varlığı ve çalışma için kriterlerin uygunluk düzeylerini belirlemek gerekmektedir. Kriterlerin uygunluk düzeyleri için kriterleri tüm yönüyle ele almak ve bunu süreç içinde değerlendirmek gerekiyor. Bu durum, araştırmacı için karar verme sürecinde zorluk çıkarabilir. Araştırmacı bu noktada araştırmasına Çok Ölçütlü Karar Analiz yöntemini dâhil ederek araştırmasını sağlıklı ilerletecektir.

Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA), birden fazla faktörün var olduğu ve bunların bir arada değerlendirilmesi gereken durumlarda uygulanan bir yöntemdir. Bunu problemi küçük ve basit parçalara bölerek, bu parçalardan birbirleri ile bağlantılı anlamlı bir yapı oluşturacak şekilde gerçekleştirir (Öztürk ve Batuk 2007).

ÇÖKA süreci, problemin açıklamasını, probleme ait kriterleri ve bu kriterlerin uygunluğunun belirlenmesi gibi süreçleri içerir. ÇÖKA, araştırmacının

farklı öneme sahip birçok kriter arasından seçim yapmasını gerektiren bir işlemdir. Sonuç, kriterlere verilen puanlandırmalarla elde edilir. Bu kriterler araştırmacı için farklı puanlandırmalara sahip olabileceğinden, kriterlerin önem dereceleriyle ilgili kesin doğru elde edilmelidir (Öztürk ve Batuk 2007).

Çok Ölçütlü Karar Analizinde problemin çözüm hedeflerini oluşturmak için, ilk basamak olarak ölçütler değerlendirilmelidir. Değerlendirme ölçütünü amaçlar ve öznetelikler belirler. Bir özneteliğin değeri, minimum ve maksimum değerleri temsil etmektedir. Bu ölçütler, seçeneklerle birlikte değerlendirildiğinde, seçeneklerin önemine göre bir sıralama yapılır(Şekil 6. 1).



Şekil 2.16. ÇÖKA Çözüm Diyagramı (Güçlüer 2010).

Her Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) tekniği, genel model adı verilen temel bir prosedür izlemektedir. Bu prosedürün adımları, Güçlüer (2010) tarafından şu şekilde gösterilmiştir:

- Alternatiflerin sağlanması ile yola çıkma
- Kriterlerin sağlanması

-Her kriter üzerindeki her alternatifin etkisinin araştırılıp kriter puanlarının hesaplanması

-Farklı alternatifler, kriterler ve kriter puanları kullanılarak karar tablosunun oluşturulması

-Kriter ağırlıkları kullanılarak karar vericinin (KV) tercihlerinin belirlenmesi

-Alternatiflerin sıralanması için karar tablosundaki verilerin kümelenmesi

-Sonuçlardaki belirsizlik ve hataları düzeltebilmek için duyarlılık analizi yapılması

-Her bir alternatif için son önerilerin yapılması adına iyi alternatiflerin ayrılması veya alternatiflerin iyiden kötüye doğru sıralanması

Bu süreç, karar vericilere, birden fazla kriteri dikkate alarak, en uygun seçeneği belirlemelerine yardımcı olur. Bu, özellikle karmaşık ve çok boyutlu problemlerle karşı karşıya kalan araştırmacılar için önemli bir araçtır.

2.15. Konu İle İlgili Önceki Çalışmalar

Ağrı İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi İle Belirlenmesi adlı çalışmamız için değerlendirdiğimiz literatür, güneş enerjisi konusunda yapılan çalışmaların coğrafi perspektif üzerinden sınırlı sayıda olduğunu ve mevcut çalışmaların daha çok mühendislik ve kamu alanlarında gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bu çalışmaların bazılarının özetleri ve önemli noktaları aşağıda sunulmuştur.

Varınca ve Varank'ın (2005), "Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri" adlı araştırması, güneş enerjisinin ne olduğunu, nasıl üretildiğini, güneş enerji teknolojileri, tarihçesi, dünyadaki kullanım alanları, enerji piyasasındaki rolü gibi başlıklara detaylı bir açıklama yapılan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Ağrı ilinde kurulacak güneş enerjisi santrallerinin çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılması için öneriler sunarak projeye değer katmaktadır.

Varınca ve Gönüllü'nün (2006), "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma" adlı çalışmalarında, Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli ve var olan bu potansiyeli kullanma derecesine ve yöntemini araştırmış olup bu doğrultuda ülkemiz için güneş enerjisinden verimli ve sürdürülebilir şekilde faydalanmak için önerilerde bulunmuşlardır. Çalışma, araştırmamız için güneş enerji potansiyelinin tespitinde ve kullanım derecesini karşılaştırma bakımından referans olmuştur.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi'nin (2009) "Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi" adlı çalışması, güneş enerji santralleri için enerji potansiyelinin tespitinden, fizibilite, maliyet ve arazi kullanımına kadar birçok alanda çalışma yapılmıştır. Bu kaynak, Ağrı ilinde güneş enerjisi santralleri için enerji potansiyeli, maliyet ve fizibilite değerlendirmeleri yaparak projenin gerçekleştirilebilirliği ve uygun alanların belirlenmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Güçlüer (2010), "Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi" adlı çalışmada, Konya ili üzerinden, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemiyle il sınırları, sayısal yükseklik modeli, çevre koruma alanları, kuş göç yolları, eğim, enerji nakil hatları ve trafo hatları gibi kriterleri kullanarak çalışma sahasında GES'ler için uygun alanları tespit etmeye çalışmıştır. Bu çalışma, Ağrı ilinde GES kurulacak alanların belirlenmesi için CBS ve ÇÖKA yöntemlerini kullanarak benzer bir analiz yapmamıza olanak sağlamaktadır.

Branker, Pathak ve Pearce (2011), "A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity" adlı çalışmalarında, güneş fotovoltaik sistemlerin elektriğin seviyelendirilmiş maliyetini (LCOE) detaylı olarak incelemişlerdir. Çalışmada, LCOE değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler, maliyet bileşenleri ve etkenler derinlemesine ele alınmıştır.

Palit ve Chaurey (2011), "Off-grid rural electrification experiences from South Asia: Status and best practices" adlı çalışmalarında, Güney Asya'da gerçekleştirilen kırsal elektrifikasyon projelerinin durumunu ve bu alandaki en iyi

uygulamaları değerlendirmektedir. Çalışma aynı zamanda bu projelerin başarılarını ve zorluklarını derinlemesine incelemektedir.

Rüstemli, Dinçer, Çelik ve Cengiz'in (2013), "Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri" adlı çalışması, mühendislik alanında yapılan bir çalışma olup güneş enerji teknolojilerinin mekanik yapısının nasıl işlediğini ve hangi durumlarda hangi ekipmandan faydalanılacağı konusunu içeren bir araştırmadır. Bu çalışma, Ağrı ilinde kurulacak güneş enerjisi santralleri için teknolojik ekipman seçimi ve uygulama yöntemleri konusunda bilgi sağlamaktadır.

Cengiz ve Mamiş'in (2016), "Termal Güneş Enerjisi Kullanımı ve CSP Sistemlerin Verimlilik Analizi" adlı çalışmalarında, güneş enerjisinin ne olduğunu ve bu alandaki sistemlerin neler olduğunu açıkladıktan sonra, dünyada güneş enerjisini etkin kullanan ülkelerin bunları nasıl uyguladıkları ve verimlilik oranlarını incelemişlerdir. Daha sonra ülkemiz için de aynı amaçla var olan güneş enerji sistemlerinin verimlilik dereceleri yeterli mi? Yeterli değilse sistemler nasıl uygulanmalı? gibi sorulara yanıt aramaya çalışmışlardır. Bu çalışma, Ağrı ilinde güneş enerjisi santrallerinin kurulması sürecinde verimlilik ve sistem seçimi konularında rehberlik etmektedir.

Şenlik'in (2017), "Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi" adlı çalışması, güneş enerjisi sistemlerinin çalışma prensipleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Güneş enerjisinden enerji üretiminin nasıl gerçekleştiği? Nasıl depolandığı? Hangi sistemler hangi alanlarda nasıl kullanılmalı? gibi sorulara yanıt verilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın aynı zamanda santraller için yer seçim koşullarını ele alması ve mevzuat açısından incelemesi bakımından, Ağrı ilinde güneş enerjisi santralleri için uygun alanların belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

Mercan, Yılmaz, Sezgin ve Ünal'ın (2017), "Tarımsal İşletme Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi Uygulamaları" adlı ziraat mühendisliği alanında yapılan bu çalışmaların da, araştırmamıza benzer hedefler doğrultusunda hareket etmişlerdir. Güneş Enerji Santralleri (GES) yerine Tarımsal işletmeler için uygun yer analizini gerçekleştirmeye çalışmışlardır. Her iki alan içinde sermaye, yatırım ve işgücü sarf edildiği düşünülünce zarara uğratmamak adına

en uygun alan seçimi konusunda sarf edilen hassasiyet, benzer metot ve materyalleri kaçınılmaz kılmıştır. Tarımsal İşletmeler için uygun yer analizi CBS ve ÇÖKA birlikte kullanılarak işletme alanı için; arazi yapısı, pazar alanlarına uzaklığı, iklim koşulları, topoğrafya, ulaşım, yerleşim merkezlerine uzaklığı, su, toprak koşulları, enerji ve doğal ısı kaynaklarına erişebilirlik gibi faktörler yönünden analizi yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmamızda kaynak olarak kullanılmasının sebepleri de bunlardır. İşletme özellikleri ve kurulum amaçları farklılık gösterse de kurulum alanlarının uygunluk ölçekleri benzerlik göstermektedir. Aynı zamanda CBS ve ÇÖKA birlikte kullanıldığından ve aynı yöntemi araştırmamız için kullandığımızdan bizlere çalışmamız için yol gösterici olmuştur.

Taktak ve Ilı (2018), "Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği" adlı çalışmalarında, Uşak ili için güneş enerjisi potansiyeline sahip alanları SWOT analizi kullanarak arazi seçimi, konum analizleri, yasal süreçler ve GES kurulum aşamaları gibi kriterler açısından değerlendirmiş ve projeleri için en uygun yer tespitini yapmaya çalışmışlardır. Bu çalışma, Ağrı ilinde gerçekleştireceğimiz çalışma için güneş enerjisi potansiyeli ve uygun yer seçimine yönelik metodolojik bir örnek teşkil etmektedir.

Breyer at all (2018), "Solar photovoltaics demand for the global energy transition in the power sector" başlıklı çalışmalarında, güneş fotovoltaiklerin enerji sektöründe ve genel olarak küresel enerji dönüşümünde oynayabileceği rolü ve bu teknolojinin potansiyel etkisini geniş çaplı bir değerlendirmeye tabi tutmuşlardır. Çalışma, güneş enerjisinin enerji sektöründeki diğer kaynaklarla karşılaştırılması ve gelecekteki enerji sistemlerine dair öngörülerle birlikte bu alanı geniş bir perspektiften ele almaktadır.

Acar ve Sönmez'in (2020), "Güneş Enerji Santralleri Kurulum Aşamasında Alınacak Olan İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri" adlı çalışmasında, güneş enerji santrallerinin kurulum aşaması ve kurulduktan sonra gerek santral sahasında gerekse teknolojik ekipmandan gelecek olan tehlikeleri detaylıca belirtmektedir. İş güvenliğinin sağlanması ve bunun kontrol altında tutulması için nelere dikkat edilmesi gerektiği üzerine hazırlanmış bu çalışma, Ağrı ilinde GES sahası için uygun alanların şartlarına değinmesi ve güneş enerjisi kurulumu için mevzuatın kısıtlayıcı

veya teşvik edici yönlerine belirtmesi yönü ile çalışmamızda faydalandığımız bir araştırma kaynağı olmuştur.

REN21 (2021), "Renewables 2021 Global Status Report" isimli raporda, dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının genel durumunu kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarını- güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve biyokütle gibi - ayrıntılı bir şekilde tartışırken, bu rapor aynı zamanda Türkiye'nin bu alandaki mevcut kapasitesine ve uygulanabilir politika önerilerine geniş bir yer ayırmıştır.

IRENA (2021), "Renewable Energy Statistics 2021" adlı raporda, dünya genelinde yenilenebilir enerji kullanımı ve yatırımlarını detaylı istatistiklerle sunmaktadır. Bu rapor, yenilenebilir enerji kapasitesi, üretimi, tüketimi ve yatırımlar gibi konuları ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın araştırma modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları, verilerin analizi ve uygulama süreci hakkında bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma Ağrı ilçe merkezinde GES kurulabilecek alanların belirlenmesi amacıyla hazırlandığından betimsel araştırma özelliği taşımaktadır. Betimsel araştırma yöntemi, doğal bağlamda meydana gelen olayları ve durumları gözlemleyerek, analiz ederek ve yorumlayarak bu olayların ve durumların özelliklerini ve ilişkilerini anlamaya çalışan bir yaklaşımdır (Creswell, 2014). Coğrafya alanında, bu yöntem, arazi kullanımı, iklim, topoğrafya ve diğer coğrafi özelliklerin incelenmesine yardımcı olabilir (Longley et al., 2011).

3.2. Veri Toplama

Araştırmada Ağrı ilçe merkezinde Güneş Enerji Santrali kurulabilecek alanları belirlemek için Güneş Radyasyonu, Eğim, Bakı, Enerji Nakil Hattı, Trafo Merkezleri, Akarsu Dağılışı, Karayollarının Dağılışı, Yerleşim Alanı, İl Sınırları, Ağrı İlçe Sınırları, Arazi Nitelikleri verileri kullanılmıştır.

Ağrı ilçe merkezinin Güneş Radyasyonu verileri için öncelikle Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden çalışma alanına ilişkin veriler temin edilme yoluna gidilmiştir. Ancak temin edilen veriler incelendiğinde Ağrı ilinde sadece 3 istasyonda Güneş Radyasyonu ölçümü yapıldığı ve 1 istasyonun 11 yıllık ölçüm periyoduna diğer 2 istasyonun ise yaklaşık olarak 3 yıllık ölçüm periyoduna sahip olduğu görülmüştür. Nihayetinde temin edilen verilerin çalışmada kullanılmaya hem istasyon sayısının az olmasından hem de ölçüm periyotlarının kısa olmasından dolayı uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Daha sonrasında ise yapılan araştırmada hem Fotovoltaik Güneş Enerji Santralleri için gerekli olan Fotovoltaik enerji potansiyeline, hem de CSP Güneş Enerji Santrali için gerekli olan Direkt Güneş Radyasyonuna ilişkin en kapsamlı veriler www.solargis.com adresinden temin edilmiştir. Bahse konu olan veriler yaklaşık 20

yıllık periyodu kapsamaktadır. Web sayfasından raster formatta temin edilen veriler Ağrı merkez ilçe sınırları esas alınarak ArcMap 10.8 programında Ağrı il merkezinde göre Data Management Tools → Raster → Raster Processing → Clip adımları takip edilerek kesilmiştir.

Ağrı ilçe merkezinin eğim derecelerini ve bakışını belirlemek için yapılan araştırma neticesinde açık erişimli en yüksek çözünürlüğe sahip dem verilerinin www.search.asf.alaska.edu adresinde bulunan veriler olduğu tespit edildiğinden, araştırmada bu web sayfasından temin edilen veriler kullanılmıştır. Web sayfasından “.tiff” uzantılı raster formatta temin edilen veriler ArcMap 10.8 programında Ağrı ilçe merkezinde göre Data Management Tools → Raster → Raster Processing → Clip adımları takip edilerek kesilmiştir.

Ağrı ilçe merkezinin Enerji Nakil Hatlarına ve Trafo Merkezlerine ait veriler, üniversitemiz aracılığıyla Ağrı ARAS elektrik dağıtım şirketinden temin edilmiştir.

Akarsu, Karayolları, Yerleşim Alanları, İl Sınırları, Ağrı İlçe Sınırları verileri Harita Genel Komutanlığından temin edilmiştir.

Ağrı ilçe merkezinin arazi niteliklerini belirlemek için yapılan araştırma neticesinde açık erişimli en yüksek çözünürlüğe sahip verilerinin [CLC 2018 — Copernicus Land Monitoring Service](http://CLC.2018.Copernicus.Land.Monitoring.Service) adresinde bulunan veriler olduğu tespit edildiğinden, araştırmada bu web sayfasından temin edilen veriler kullanılmıştır. Web sayfasından “.tiff” uzantılı raster formatta temin edilen veriler ArcMap 10.8 programında Ağrı il merkezinde göre Data Management Tools → Raster → Raster Processing → Clip adımları takip edilerek kesilmiştir.

3.3. Veriler Hazırlanması

Bu araştırmada analiz için ihtiyaç duyulan veri katmanları temin edildikten sonra katmanlara ArcMap 10.8 yazılımıyla sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify adımları takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminde GES için en uygun değerler 5, en kötü değerler 1 olacak şekilde değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfın kapladığı yüzölçümü hesabı yapılabilmesi için öncelikle Conversion Tools → From Raster → Raster to Polygon adımları takip edilerek raster katmanı vektör katmana dönüştürülmüştür. Alan hesaplamasının doğru yapılabilmesi için katmanların projeksiyonu HGM'nin Türkiye için uyarlanmış olduğu Lambert Conformal Conic projeksiyon koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Vektör katmanda öznelik tablosu açılarak Add Field işlemiyle “double” tipinde yeni alan eklenmiştir. Daha sonrasında ise alan hesabı için “Calculate Geometry” menüsünde özellik olarak “alan”, koordinat sistemi olarak “Lambert Conformal Conic” ve birim olarak “km²” seçilerek km² bazlı alan hesaplaması gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan Vektör formattaki Enerji Hatları, Akarsular ve Trafo Merkezleri verileri için Spatial Analyst Tools → Distance → Euclidean Distance adımları takip edilerek uzaklık hesaplaması yapılmış ve raster formata dönüştürülerek kullanılmıştır.

3.4. Veri Analizi

Bu araştırmada, Ağrı ilçe merkezinde güneş enerji santrali kurulabilecek alanları belirlemek için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve çok ölçütlü karar analizi yöntemleri kullanılmıştır. Çok ölçütlü karar analizi, birden fazla kriterin dikkate alındığı karar verme süreçlerinde kullanılan bir yöntemdir (Malczewski 1999). Bu çalışmada, AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) adı verilen çok ölçütlü karar analizi yöntemi uygulanmıştır. AHP, ölçütler arasındaki göreceli önemleri hesaplamak için kullanılan bir yöntemdir ve bu sayede karar vericilere karmaşık problemleri çözmede yardımcı olur (Saaty 1980).

3.4.1. Kriterler ve Sınıflandırma

Bu araştırmada, Ağrı ilçe merkezinde güneş enerji santrali kurulabilecek alanları belirlemek için CBS kullanılmıştır. Kriter olarak; güneş radyasyonu, eğim, bakı, enerji nakil hatları, trafo merkezleri, akarsu dağılışı, karayollarının dağılışı, yerleşim alanları ve arazi nitelikleri dikkate alınmıştır (Voivontas et al., 1998; Charabi & Gastli, 2011; Noorollahi et al., 2016). Öncelikle, her bir kriter için

sınıflandırma yapılmıştır. Kriterlerin sınıflandırılması, bölgenin özelliklerine ve uzman görüşlerine dayanarak yapılmıştır (Nijkamp et al., 1990).

Güneş Radyasyonu: Güneş radyasyonu, güneş enerji santralleri için en önemli kriterdir (Kumar & Prasad, 2016). Bu çalışmada, güneş radyasyon verileri www.solargis.com web sayfasından elde edilmiştir. Veriler, yıllık toplam güneş radyasyonu değerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Eğim: Eğim, güneş paneli montajı ve bakım maliyetlerini etkileyen bir faktördür. Aşırı eğimli alanlar, enerji üretimi ve montaj için zorluklar yaratabilir (Ayazli et al., 2019). Eğim verileri, Dijital Yükseklik Modeli (DEM) kullanılarak hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır.

Bakı: Güneş enerji santralleri için ideal bakı, güneş ışınlarının alınmasını en üst düzeye çıkaran yöndür (Yue et al., 2014). Bakı verileri, DEM kullanılarak hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır.

Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri: Enerji nakil hatlarına ve trafo merkezlerine yakınlık, güneş enerji santrallerinin bağlantı maliyetlerini etkiler (Aydın et al., 2018). Bu kriterler, mevcut enerji altyapısı verileri kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Akarsu Dağılışı ve Karayollarının Dağılışı: Akarsu ve karayolları, güneş enerji santrallerinin su kaynağı ve erişilebilirlik açısından önemlidir (Yue et al., 2014). Bu kriterler, CBS verileri kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Yerleşim Alanları: Yerleşim alanlarına olan uzaklık, güneş enerji santrallerinin toplum üzerindeki etkisini değerlendirmede önemli bir faktördür (Gorsevski et al., 2013). Yerleşim alanlarına olan uzaklık, uydu görüntüleri kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Arazi Nitelikleri: Arazi kullanımı ve arazi örtüsü, güneş enerji santrallerinin çevresel etkilerini ve yer seçimini etkileyen faktörlerdir (Kucukali & Baris, 2011). Arazi nitelikleri, CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi kullanım/örtü veri tabanı kullanılarak sınıflandırılmıştır.

3.4.2. AHP Yöntemi ve Kriter Ağırlıkları

AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Saaty, 2008). AHP yöntemi, karar vericilerin belirsiz ve karmaşık problemlerde kriterlerin ve alternatiflerin önem derecelerini analiz etmesine olanak tanır. Bu yöntem, özellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile entegre olarak, güneş enerjisi santralleri gibi karmaşık altyapı projelerinin alan seçiminde sıklıkla kullanılır (Chen et al., 2018).

Bu araştırmada, AHP yöntemi kullanılarak Ağrı ilçe merkezinde güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Öncelikle, her bir kriter için sınıflama yapıldı ve ardından 3 uzman ve araştırmacı olmak üzere 4 kişi tarafından kriterlerin ikili karşılaştırması gerçekleştirildi. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturuldu ve bu matrislerin konsistans oranları (CR) hesaplandı. Konsistans oranlarının 0.1' den düşük olduğu durumlar kabul edilebilir olarak değerlendirildi (Saaty, 2008).

Uzman 1'in ikili karşılaştırma matrisi tablo 3-9' da verilmiştir.

Tablo 3- 9. Uzman 1 in ikili karşılaştırma matrisi.

	Güneş Radyasyonu	Eğim	Bakı	Enerji Nakil Hattı	Trafo Merkezleri	Akarsu Dağılışı	Karayollarının Dağılışı	Yerleşim Alanı	Arazi Nitelikleri
Güneş Radyasyonu	1	1/5	1/4	2	2	2	2	2	1/5
Eğim	5	1	4	4	4	4	4	4	1/5
Bakı	4	1/4	1	3	3	3	3	3	1/5
Enerji Nakil Hattı	1/2	1/4	1/3	1	1	2	2	1	1/5
Trafo Merkezleri	1/2	1/4	1/3	1	1	2	2	2	1/5
Akarsu Dağılışı	1/2	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/5
Karayollarının Dağılışı	1/2	1/4	1/3	1/2	1/2	2	1	2	1/5
Yerleşim Alanı	1/2	1/4	1/3	1	1/2	2	1/2	1	1/5
Arazi Nitelikleri	5	5	5	5	5	5	5	5	1
CR: 0,069									

Tablo 3-9. incelendiğinde ikili karşılaştırma matrisi tablosunun hesaplanan CR değerinin 0.069 olduğu görülmektedir. Elde edilen CR değerinin 0.10'dan küçük olduğu için uzman 1'in yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Uzman 2'nin ikili karşılaştırma matrisi tablo 3-10' da verilmiştir.

Tablo 3- 10. Uzman 2'nin ikili karşılaştırma matrisi.

	Güneş Radyasyonu	Eğim	Bakı	Enerji Nakil Hattı	Trafo Merkezleri	Akarsu Dağılışı	Karayollarının Dağılışı	Yerleşim Alanı	Arazi Nitelikleri
Güneş Radyasyonu	1	7	1/3	3	4	7	8	6	1
Eğim	1/7	1	1/7	1/6	1/6	1/2	1/5	1/4	1/4
Bakı	3	7	1	5	7	8	8	8	1
Enerji Nakil Hattı	1/3	6	1/5	1	1	7	6	4	1
Trafo Merkezleri	1/4	6	1/7	1	1	6	2	1	1/4
Akarsu Dağılışı	1/7	2	1/8	1/7	1/6	1	1/5	1/5	1/5
Karayollarının Dağılışı	1/8	5	1/8	1/6	1/2	5	1	1	1/5
Yerleşim Alanı	1/6	4	1/8	1/4	1	5	1	1	1/4
Arazi Nitelikleri	1	4	1	1	4	5	5	4	1
CR: 0,099									

Tablo 3-10. incelendiğinde ikili karşılaştırma matrisi tablosunun hesaplanan CR değerinin 0.099 olduğu görülmektedir. Elde edilen CR değerinin 0.10'dan küçük olduğu için uzman 2'nin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Uzman 3'ün ikili karşılaştırma matrisi tablo 3-11' de verilmiştir.

Tablo 3- 11. Uzman 3'ün ikili karşılaştırma matrisi.

	Güneş Radyasyonu	Eğim	Bakı	Enerji Nakil Hattı	Trafo Merkezleri	Akarsu Dağılışı	Karayollarının Dağılışı	Yerleşim Alanı	Arazi Nitelikleri
Güneş Radyasyonu	1	5	1	7	7	9	8	6	1
Eğim	1/5	1	1/7	1	1	3	3	1/3	1/7
Bakı	1	7	1	6	6	9	8	5	2
Enerji Nakil Hattı	1/7	1	1/6	1	1	2	3	1/2	1/3
Trafo Merkezleri	1/7	1	1/6	1	1	2	3	1/2	1/3
Akarsu Dağılışı	1/9	1/3	1/9	1/2	1/2	1	1/2	1/4	1/6
Karayollarının Dağılışı	1/8	1/3	1/8	1/3	1/3	2	1	1/3	1/5
Yerleşim Alanı	1/6	3	1/5	2	2	4	3	1	1/4
Arazi Nitelikleri	1	7	1/2	3	3	6	5	4	1
CR: 0,037									

Tablo 3-11. incelendiğinde ikili karşılaştırma matrisi tablosunun hesaplanan CR değerinin 0.037 olduğu görülmektedir. Elde edilen CR değerinin 0.10'dan küçük olduğu için uzman 3'ün yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmacının ikili karşılaştırma matrisi tablo 3-12' de verilmiştir.

Tablo 3-12. Araştırmacının ikili karşılaştırma matrisi.

	Güneş Radyasyonu	Eğim	Bakı	Enerji Nakil Hattı	Trafo Merkezleri	Akarsu Dağılışı	Karayollarının Dağılışı	Yerleşim Alanı	Arazi Nitelikleri
Güneş Radyasyonu	1	9	1	4	4	7	6	4	1/2
Eğim	1/9	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/2	1/2
Bakı	1	3	1	2	2	4	5	5	2
Enerji Nakil Hattı	1/4	3	1/2	1	1	2	2	1	1/2
Trafo Merkezleri	1/4	3	1/2	1	1	2	2	2	1/2
Akarsu Dağılışı	1/7	1	1/4	1/2	1/2	1	1/3	1/3	1/3
Karayollarının Dağılışı	1/6	1	1/5	1/2	1/2	3	1	1/3	1/4

Yerleşim Alanı	1/4	2	1/5	1	1/2	3	3	1	1/4
Arazi Nitelikleri	2	2	1/2	2	2	3	4	4	1
CR: 0,056									

Tablo 3-12. incelendiğinde ikili karşılaştırma matrisi tablosunun hesaplanan CR değerinin 0.056 olduğu görülmektedir. Elde edilen CR değerinin 0.10'dan küçük olduğu için araştırmacının yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3 uzman ve araştırmacının ağırlıklandırılmış geometrik ortalama ile oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 3- 13. 3 uzman ve araştırmacının ağırlıklandırılmış geometrik ortalama ile oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi.

	Güneş Radyasyonu	Eğim	Bakı	Enerji Nakil Hattı	Trafo Merkezleri	Akarsu Dağılışı	Karayollarının Dağılışı	Yerleşim Alanı	Arazi Nitelikleri
Güneş Radyasyonu	1,00	2,82	0,54	3,60	3,87	5,45	5,26	4,12	0,56
Eğim	0,35	1,00	0,41	0,69	0,69	1,57	1,24	0,64	0,24
Bakı	1,86	2,46	1,00	3,66	3,98	5,42	5,57	4,95	0,95
Enerji Nakil Hattı	0,28	1,46	0,27	1,00	1,00	2,74	2,91	1,19	0,43
Trafo Merkezleri	0,26	1,46	0,25	1,00	1,00	2,63	2,21	1,19	0,30
Akarsu Dağılışı	0,18	0,64	0,18	0,37	0,38	1,00	0,36	0,30	0,22
Karayollarının Dağılışı	0,19	0,80	0,18	0,34	0,45	2,78	1,00	0,69	0,21
Yerleşim Alanı	0,24	1,57	0,20	0,84	0,84	3,31	1,46	1,00	0,24
Arazi Nitelikleri	1,78	4,09	1,06	2,34	3,31	4,61	4,73	4,23	1,00
CR: 0,028									

Tablo 3-13. incelendiğinde ikili karşılaştırma matrisi tablosunun hesaplanan CR değerinin 0.028 olduğu görülmektedir. Elde edilen CR değeri 0.10'dan küçük olduğu için 3 uzman ve araştırmacının ikili karşılaştırma matrislerinin ağırlıklandırılmış geometrik ortalama sonucunun tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

3 uzman ve araştırmacının görüşlerinin ağırlıklandırılmış geometrik ortalaması alınarak birleştirilmiş ve her bir kriterin ağırlığı belirlenmiştir. Ağırlıklar, normalleştirilmiş özvektörlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Liu et al., 2018). Belirlenen ağırlıklar şu tablo 3-14’te verilmiştir.

Tablo 3- 14. 3 uzman ve araştırmacının görüşlerinin ağırlıklandırılmış geometrik ortalaması alınarak birleştirilmiş ve her bir kriterin belirlenen ağırlığı.

Kriterler	Ağırlık(w)
Güneş Radyasyonu	0,193
Eğim	0,057
Bakı	0,236
Enerji Nakil Hattı	0,080
Trafo Merkezleri	0,072
Akarsu Dağılışı	0,031
Karayollarının Dağılışı	0,045
Yerleşim Alanı	0,065
Arazi Nitelikleri	0,222

Tablo 3-14’te belirlenen bu ağırlıklar, her bir kriterin güneş enerjisi santrali alan seçimindeki önem derecesini göstermektedir. Belirlenen ağırlıklar dikkate alınarak, CBS üzerinde ağırlıklandırılmış bindirme analizi gerçekleştirilmiştir.

AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıklarının kullanılması, güneş enerjisi santralleri için uygun alanların belirlenmesinde daha sistematik ve kararlı bir yaklaşım sağlar. Bu yöntem, karar vericilerin ve uzmanların değerlendirmelerini dikkate alarak, güneş enerjisi santralleri için en uygun alanların seçiminde bilimsel bir temel sunar. Ayrıca, AHP yöntemi ile belirlenen ağırlıkların CBS ile entegrasyonu, alan seçim sürecini hızlandırır ve daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak tanır (Gorsevski et al., 2013).

Özellikle, AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıklarının kullanılması sayesinde, güneş enerjisi santralleri için uygun alanların belirlenmesi sürecinde, karmaşık ve belirsiz faktörlerin dikkate alınarak en iyi seçimin yapılması hedeflenir (Al Garni & Awasthi, 2017). Bu yaklaşım, güneş enerjisi santrallerinin hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde kurulmasına ve işletilmesine katkı sağlar.

Bu araştırmada, AHP yöntemi ile belirlenen ağırlıkların CBS üzerinde ağırlıklandırılmış bindirme analizi ile kullanılması, Ağrı ilçe merkezinde güneş enerjisi santralleri için en uygun alanların belirlenmesinde etkili ve bilimsel bir temel sağlamıştır. Bu sayede, güneş enerjisi santrallerinin kurulmasıyla ilgili karar verme süreci daha hızlı, doğru ve bilimsel temellere dayanarak gerçekleştirilmiş olacaktır.

3.4.3. CBS ile Ağırlıklandırılmış Bindirme Analizi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan önemli bir araçtır (Longley et al., 2011). Bu araştırmada, CBS kullanılarak Ağrı ilçe merkezinde güneş enerji santrali kurulabilecek alanlar için ağırlıklandırılmış bindirme analizi gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle, tüm kriterler için uygunluk katmanları oluşturulmuştur (Tomlin, 1990). Bu katmanlar, belirlenen sınıflandırma değerlerine göre her bir kriterin coğrafi dağılımını göstermektedir. Kriterlerin uygunluk değerleri, daha önce gerçekleştirilen AHP yöntemi ile belirlenen ağırlıklara göre ağırlıklandırılmıştır (Saaty, 2008). Daha sonra, CBS ortamında ağırlıklandırılmış bindirme analizi gerçekleştirilerek, tüm kriterlerin ağırlıklı değerleri bir araya getirilmiştir (Chang et al., 2011). Bu işlem, kriterlerin birleşik uygunluk haritasını oluşturmak için her bir hücrenin ağırlıklı değerlerinin toplanmasını içermektedir (Malczewski, 2006).

Oluşturulan uygunluk haritası, belirlenen beş uygunluk sınıfı (uygun olmayan, en az uygun, az uygun, uygun ve en fazla uygun) kullanılarak değerlendirilmiştir (Jiang & Eastman, 2000). Bu sınıflandırma, coğrafi alanların enerji santrali kurmaya uygunluğunu görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılmıştır. Ağırlıklandırılmış bindirme analizi ile oluşturulan uygunluk haritası, Ağrı ilçe merkezinde güneş enerji santrali kurulabilecek potansiyel alanları göstermektedir. Bu alanlar, beş uygunluk sınıfına göre renklendirilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, bölgedeki mevcut coğrafi koşullar ve altyapı unsurları dikkate alınarak, güneş enerji yatırımlarının sürdürülebilirliğini sağlamak için kullanılabilir.

Bu analiz sayesinde, planlamacılar ve yatırımcılar, enerji üretimi ve dağıtımı için en uygun alanları belirleyebilir ve projelerini bu alanlara yönlendirebilirler. Ayrıca, bu yöntem, enerji üretiminin çevresel ve sosyal etkilerini en aza indirmeye yardımcı olurken, enerji altyapısının daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

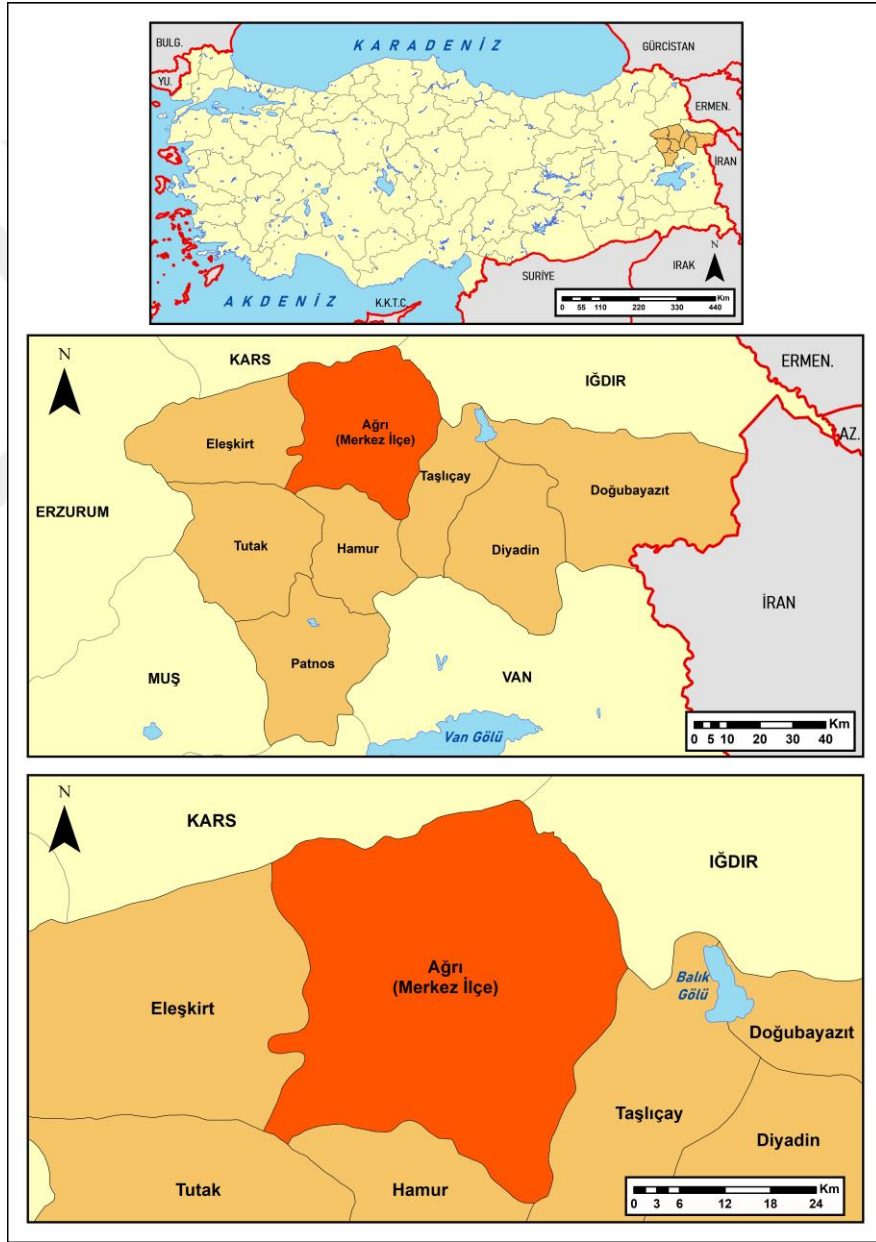
Sonuç olarak, CBS ile gerçekleştirilen ağırlıklandırılmış bindirme analizi, güneş enerji santrali kurulabilecek alanların belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir. Bu analiz, enerji sektörüne yönelik karar verme süreçlerine katkı sağlamakta ve sürdürülebilir enerji projelerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini desteklemektedir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.1. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri

Ağrı ili Doğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde; Doğusunda İran, kuzeyinde Kars ve Iğdır batısında Erzurum güneyinde Muş, Bitlis ve Van'ın yer aldığı bir alanda bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 38°59'-40°02' kuzey paralelleri ile 42°15'-44°36' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır.



Harita 4-1. Ağrı İli Lokasyon Haritası.

Ağrı, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde, yükselti ve engebeleri ile bilinen bir ildir. Topografik olarak, topraklarının %46'sı dağlık, %29'u ovalar, %18'i platolar ve %7'si yaylalardan oluşmaktadır. Bölge, Sarısu ve Murat Nehri gibi önemli su kaynaklarına ev sahipliği yapar (Çetin 2009). Ağrı'nın ortalama yüksekliği 1.000-1.500 metredir. Ancak, yerleşim alanları genellikle daha yüksek, 1.500-2.000 metre aralığında bulunmaktadır (Çetin 2009). Topografik çeşitliliği dağlar, vadiler, tepelik alanlar, aşınım yüzeyleri ve ova düzlükleri sağlar. Jeolojik olarak, Ağrı'nın şekillenmesinde Anadolu'nun genel topoğrafik şeklini belirleyen orojenik ve epirojenik hareketler belirleyici olmuştur. Ağrı, Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde bulunan ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü'nde yer alan bir ildir. Bölgenin geniş platoları genellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nin Karasu-Aras Dağları ile Van Gölü arasında kalan bölümünde bulunmaktadır.

Ağrı'nın jeolojik tarihinde dört önemli dönem bulunmaktadır. İlin en eski birimlerini oluşturan paleozoik yaşlı kaya toplulukları, bu dönemlerin ilki olup, Kretase döneminde oluşan ofiyolitli melanj ise ikinci tektonik dönemi oluşturmaktadır. Bu ikinci dönem, metamorfitlerin üzerinde tektonik olarak yer alan ve bazik ve ultrabazik kayaları da içeren kumtaşı, kireçtaşı, tuf ve kireçtaşı blokları ile karakterize edilir (Kaya 2001). Ağrı, Türkiye'nin en engebeli ve en yüksek bölgelerinden biridir ve ayrıca önemli volkanik özelliklere sahiptir. Erzurum-Kars Yaylası ile Murat Havzası arasında bulunan ve kartal yuvası gibi dik duran Büyük ve Küçük Ağrı Dağları, ilin sembolüdür. Son olarak, Ağrı'nın su kaynakları açısından zengin olduğunu belirtmek gerekir. Bölgede irili ufaklı birçok akarsu bulunmakta olup, bunların en büyüğü, Fırat Nehri'nin ana kollarından biri olan Murat Nehri'dir. Murat Nehri, bölgedeki su kaynaklarının önemli bir bölümünü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda tarım ve diğer ekonomik faaliyetler için de hayati önem taşır.

Ağrı, aynı zamanda bir dizi genç ve oldukça önemli volkan konilerine de ev sahipliği yapar. Bu koniler, genellikle bölgenin geniş platoları üzerinde belirli hatlar boyunca sıralanır. Bu volkanik aktivite, Ağrı'nın jeolojik tarihine ve bugünkü topoğrafyasına belirgin bir şekilde katkıda bulunmuştur. Bunların yanı sıra, Ağrı, tektonik hareketlerin belirgin olduğu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin şekillenmesinde önemli bir rol oynayan bir bölgedir. Bu, bölgenin dağlık yapısına ve aynı zamanda Karasu-Aras Dağları ile Van Gölü arasında kalan geniş platolarının varlığına katkıda

bulunmuştur. Sonuç olarak, Ağrı'nın coğrafyası ve jeolojisi, bölgenin karmaşık ve çeşitli özelliklerini yansıtmaktadır. Bölgenin yüksek yükseltisi, engebeli topografyası, jeolojik yapısı ve hidrolojik özellikleri, hem yerel ekonomiye hem de genel ekolojiye şekil verir. Ayrıca, bölgedeki yerleşim yerlerinin dağılımı ve yapılanması üzerinde de belirleyici bir etkisi vardır (Çetin 2009).

Şehrin iklimsel özelliklerine bakılacak olunursa; Klimatoloji bilimi, genellikle benzer karakteristiklere sahip iklim tiplerini bir araya getirerek daha geniş kapsamlı iklim kuşakları oluşturur (Dönmez 1984). Ancak bazen bir bölge, genel iklim özelliklerinin dışında, kendine özgü bir iklim tipi gösterebilir. Örneğin, Doğu Anadolu Bölgesi'nde hüküm süren iklim, genel olarak Akdeniz İklimi'ne tabi olmasına rağmen, bölgenin kendine has Karasal İklim özelliklerini taşır. Bunun sebebi bölgenin tamamen yüksek bir alan üzerinde bulunması ve yüksek dağlık sıralarla deniz etkilerinden uzak olmasıdır. Bu durum, atmosfer dolaşım sisteminin modifikasyonunu tetikler ve bölgenin iklim özelliklerini belirler (Nişancı 1979).

Doğu Anadolu Bölgesi, temel olarak karasal bir iklim tipi olarak tanımlanır ve kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise serin geçer. Bu bölgede, batıdan doğuya gidildikçe, deniz etkisinin azalması ve yükseltinin artması sebebiyle, karasallık daha da artar. Ekim ayı sonlarından Mayıs'a kadar bölge, Sibirya üzerinden gelen karasal kutbî hava kütlelerinin etkisi altında kalır. Bu durum, kışların sert ve uzun geçmesine neden olur (Erinç 1984).

Bu iklim karakteristikleri, Ağrı ilinin iklim özelliklerinde de görülür. Bu bölgenin coğrafi konumu nedeniyle, bölgede sadece yerel ölçekte küçük farklılıklar gözlemlenebilir. Ağrı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin genel iklim özelliklerini taşır. Bu bölgede kış mevsimi boyunca don olayları sık görülür ve sıcaklık kaybı fazla olur. Bu, güneş radyasyonunun az olması ve kar örtüsünün yansıma (refleksiyon) nedeniyle enerji kaybını arttırması ile ilişkilidir. Bu durum, Ağrı'da kış aylarında yoğun kömür tüketimine neden olur. Yaz ayları ise kısa ve kurak geçer, bu nedenle tarım üretimi yılın sadece 4 ayında gerçekleştirilir.

Ağrı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre, Ağrı'da en sık esen rüzgârın yönü güneybatıdır, ardından ikinci hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır. En rüzgarlı aylar genellikle geçiş mevsimlerine denk gelen Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve

Ağustos aylarıdır. Kış aylarında ise Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında rüzgârlı gün sayısı azalmaktadır. Bu durum, rüzgâr oluşumunun temel nedenlerinden biri olan basınç farklılıklarının mevsimsel değişikliklere bağlı olarak dalgalanmasıyla açıklanabilir. Geçiş mevsimlerinde yani İlkbahar ve Sonbahar aylarında basınç farklılıkları arttığı için rüzgârlı gün sayısı da bu dönemlerde artar.

Ağrı'nın ortalama nisbi nem değeri %68,3'tür. Nem oranı kış aylarında %75'lere çıkar, yaz aylarında ise %55-60 arasında değişir. Bu durum, kış aylarında daha soğuk hava koşullarının hava moleküllerinin hareketlerini yavaşlatması ve bu nedenle havanın daha fazla nem taşıma kapasitesine sahip olması ile açıklanabilir.

Açık ve kapalı günler arasındaki ilişki mevsimsel değişikliklere bağlıdır. Yılın ortalama 106,8 günü açık geçer ve en fazla açık gün Eylül, Ağustos, Temmuz ve Haziran aylarında gözlemlenir. En az açık günler ise Aralık, Şubat ve Nisan aylarında yaşanır. Kapalı günlerin sayısı yıl boyunca ortalama 69,6 gündür. Kapalı günler en fazla Şubat, Mayıs ve Aralık aylarında, en az ise yaz ayları olan Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında gözlemlenir. Bu durum, hava durumunu belirleyen etkenlerin mevsimsel değişikliklerle dalgalanmasına bağlıdır. Ağrı'nın iklimsel özelliklerini ayrıntılı olarak incelediğimizde, şehrin hem coğrafi konumu hem de Doğu Anadolu'nun karasal iklim özelliklerini yansıttığını görüyoruz.

İlkbahar aylarında, bölgede bulutlu günlerin sayısı artmaktadır ve toplamda yılın 172,8 günü bulutlu geçmektedir (Ağrı Meteoroloji İstasyonu, 2023). Özellikle Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında bulutluluk oranı artmaktadır. Bulutluluk oranının düştüğü aylar genellikle Eylül, Aralık ve Şubat aylarıdır.

Ağrı'da ortalama sisli gün sayısı yıllık toplam 43,8 gündür. Sis olayı özellikle kış aylarında yani Ocak, Şubat ve Mart aylarında sıkça görülmektedir. Yaz aylarında ise sis olayı oldukça nadir rastlanan bir durumdur (Ağrı Meteoroloji İstasyonu, 2023). Ağrı'daki yağış miktarı 529,2 mm olarak ölçülmüştür ve bu değer Türkiye genelindeki ortalama yağış miktarı olan 646 mm'nin altındadır (Türkiye Geneli Yıllık Yağışları, MGM). Aylara göre incelendiğinde, en fazla yağışın Nisan ve Mayıs aylarında, en az yağışın ise Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu görülmektedir.

Mevsimsel yağış dağılımı incelendiğinde, en fazla yağış İlkbahar mevsiminde (%38), en az yağış ise Yaz mevsiminde (%15) görülmektedir.

Ağrı, kar yağışının sıkça görüldüğü bir bölgedir ve bu durum bölgenin genel iklim özelliklerinden kaynaklanır. Kar yağışının sıklığı ve yoğunluğu, su kaynaklarının beslenmesi ve tarımsal üretim için oldukça önemlidir. Karasal iklim sınırları içinde bulunan bölgede, en çok kar yağışı Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında görülürken, yaz aylarında kar yağışı nadiren görülür. Yıllık ortalama 44,4 günlük kar yağışı görülürken, kar örtülü günlerin sayısı ortalama 110 günü bulur (Ağrı Meteoroloji İstasyonu, 2023).

Bu iklimsel özellikler, bölgedeki toplumun yaşam biçimini ve altyapı gereksinimlerini belirleyen önemli etkenlerdendir. Kış aylarında sürekli don olayları ve kar örtüsü, hayvancılık ve tarımsal aktiviteleri zorlaştırabilir. Ayrıca donan topraklar, yerel halkın çeşitli etkinliklerini, özellikle de cenaze törenlerini gerçekleştirmesini zorlandırmaktadır. Bu gibi zorlukları aşmak için genellikle kepçeler ve kompresörler gibi aletler kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, Ağrı'nın iklimi, bölgenin coğrafi konumu ve karasal iklim özelliklerinden kaynaklanan belirgin özelliklere sahiptir. Bu özellikler, yerel halkın yaşam tarzını ve bölgedeki ekosistemi önemli ölçüde etkiler. Kış aylarında yoğun kar yağışı ve don olayları, bölgedeki yaşam koşullarını zorlaştırırken, aynı zamanda su kaynaklarını besleyerek tarımsal üretim için önemli bir kaynak oluşturur. İlkbahar ve sonbahar aylarında ise yağış miktarı ve bulutluluk oranı artar. Bu dönemlerde havanın genellikle bulutlu olması ve yağış miktarının artması, bölgedeki su kaynaklarının yeniden doldurulmasına yardımcı olur. Bu özellikler, Ağrı'nın ikliminin genel karakteristiğini oluşturur.

Yukarıda belirtildiği gibi, bölgenin su kaynakları özellikle kar yağışına bağlıdır. Kış aylarında yağan kar, yer altı su rezervlerini doldurarak yaz aylarında tarım için kullanılır (Akbaş 2014). Bu, su döngüsünün önemli bir parçasını oluşturur ve böylece tarım alanlarındaki su, kışın dolaylı olarak depolanmış olur.

Küresel ısınma etkisi, kış aylarında sıcaklığın çok düşük olduğu bu bölgede, halka bir miktar rahatlama sağlayabilir. Ancak, motorlu araç sayısındaki artış ve doğal gazın henüz bölgede yaygınlaşmaması, kış aylarında bölgenin havasını ısıtmakta ve hava kalitesini bozmaktadır. Örneğin, 2010 yılında Ağrı Şehir Merkezi'ndeki hava kalitesi, partiküler madde (pm10) ortalaması 65 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak ölçülmüştür (TÜİK 2010). Bu durum, Ağrı halkının yaşam kalitesi ve sağlığı üzerinde ciddi etkiler oluşturabilir.

Araçlardaki yeni teknolojilerin karbondioksit emisyonlarını azaltmasına rağmen, araç sayısındaki artış bu açığı kapatmıştır. Ancak, Hamburg Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırma, küresel ısınmanın etkilerini azaltabilecek önlemler alındığında buzulların yeniden kalınlaşabileceğini göstermektedir (Integrated Climate Data Center, 2014). Buna rağmen, gelecek yıllarda, Doğu Anadolu Bölgesi, Yukarı Murat Bölümü'nde ciddi kuraklıkların meydana gelebileceği öngörülmektedir (Akbaş 2014). Bu durum, tarımla uğraşan bölge halkının göç oranını artırabilir.

Ağrı'nın ortalama sıcaklığı 6,5°C olup, bu durum bölgenin yükseltisi ve etkisi altında olduğu basınç merkezlerinden kaynaklanabilir. Ortalama basınç 835,4 hPa'dır. Ağrı'da, ortalama nemin % 68,3 olduğu ve bu oranın yaz aylarında düşüp, bahar aylarında tekrar arttığı gözlenmiştir. İlkbahar aylarında, özellikle Nisan ve Mayıs'ta yağış ortalaması 80 mm iken, bu yaz aylarında 15 mm'ye kadar düşmektedir. Kış aylarının sert geçtiği Ağrı'da, yılın 44,4 günü kar yağışlı olarak geçmektedir. Kar yağışlı günlerde hava sıcaklığı 0 dereceye düşmekte ve karın ardından gelen günler genellikle yılın en soğuk günleri olmaktadır.

Bölgenin kar yağışına bu derece bağımlı olması, iklim değişikliğinin olası etkileri konusunda endişe uyandırabilir. Örneğin, eğer küresel ısınma, kar yağışının miktarını ve süresini azaltırsa, bu durum bölgenin su kaynaklarına ve dolayısıyla tarımına ciddi şekilde zarar verebilir. İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklık ve kar yağışındaki azalma, bölgenin su kaynaklarını olumsuz etkileyerek tarımsal üretimini ve yerel ekonomiyi tehdit edebilir (Akbaş 2014).

Ayrıca, artan motorlu araç sayısı ve bölgede henüz doğal gazın yaygınlaşmaması hava kalitesini düşürmekte ve kış aylarında hava sıcaklığını artırmaktadır. Bu, halkın sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir ve bölge halkının yaşam kalitesini düşürebilir (TÜİK 2010).

Sonuç olarak, Ağrı'nın coğrafi ve iklimsel özelliklerini anlamak, bölgenin gelecekteki sürdürülebilirliği için önemlidir. Küresel ısınmanın etkileri ve kar yağışının önemi, yerel ve ulusal düzeyde politika oluşturulurken dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, bölgedeki hava kalitesinin iyileştirilmesi ve halkın yaşam kalitesinin artırılması için önlemler alınmalıdır. Bu çabalar, bölgenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamak için önemlidir.

İnsanlık tarihinde, suyun, yaşamı sürdürebilmek için vazgeçilmez bir kaynak olduğu anlaşılmıştır. Bu yaşamsal kaynağın kullanımı ve korunması üzerine yapılan araştırmalar, insanların su kaynaklarına olan bağlılığını ve bu kaynakların yönetimine yönelik çabalarını ortaya koymaktadır. Bu konu üzerindeki ilk somut kanıtlar, suyun çeşitli kullanım alanlarına yönelik gösterilen çabalarla açığa çıkmıştır. Bu kapsamda, örneğin, Bayazıt (1974) suyun, yaşamın devam etmesi için zorunlu olduğunu ve ayrıca suyun getirebileceği olası tehlikeleri önlemek amacıyla kontrol altına alınması gerektiğini belirtmiştir.

Tarih boyunca insanlar, hem içme suyu ihtiyacını karşılamak hem de tarımsal faaliyetlerde sulama amacıyla kullanmak için suya olan bağımlılıklarını sürdürmüşlerdir. Bu konuda belki de en önemli örneklerden biri Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Murat Nehri'dir. Bu nehir, 1.263 km uzunluğu ile Ağrı Ovası'na hayat verirken, aynı zamanda Fırat'ın en önemli kollarından biri olma özelliğini taşır. Murat Nehri'nin, özellikle Ağrı'daki etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, Güney (2004) bu nehrin coğrafi konumu ve etkisine dikkat çekmiştir. Nehir, Van Gölü'nün kuzeyinde, Aladağlar'ın kuzey yamaçlarından doğar ve birçok kaynakla beslenerek gücünü artırır. KD'ya doğru akan Murat Nehri, daha sonra tektonik çukurluğu izleyerek batıya yönelir ve Ağrı il merkezi olan Karaköse'ye ulaşır. Aynı doğrultuda akışını sürdüren ve batıdan gelen Şeriyen Çayı, Murat Nehri'ne katılır. Bu nedenle, Güney'e göre, Ağrı'nın Murat Nehri'nin oluşumunda özel bir konumu vardır.

Ağrı Ovası ve çevresi, zonal topraklar konusunda özellikle kestane rengi ve kırmızımsı kestane rengi topraklarla tanınmıştır. Bu toprakların oluşumu ve dağılımı, bölgenin belirgin iklim ve bitki örtüsü özelliklerine bağlıdır. Kaya'nın (2001) belirttiği üzere, bu toprakların oluşumu özellikle yağış ve sıcaklık şartlarına bağlıdır. Bu topraklar, iyi gelişmiş profil özellikleri gösterirken, oluşumlarındaki ana faktörlerin iklim ve bitki örtüsü olduğunu görüyoruz. Ağrı Ovası'nın kestane rengi toprakları, çeşitli tahıl türleri için elverişli bir ortam sunar. Bu toprak tipi özellikle buğday yetiştiriciliğine uygun bir yapı sergiler. Bölgenin doğal bitki örtüsü, kısa ve uzun otlar, çalılar, seyrek ağaçlar ve yerel dilde "geven" olarak bilinen antropojen bozkırdan oluşur. Bu kestane rengi topraklar, Ağrı il merkezi çevresindeki arazilerde yaygın olarak bulunabilir. Bunun yanı sıra, ilçe sınırları içerisinde regosol topraklar da görülebilir. Regosol topraklar, volkanlardan çıkan kum boyutundaki malzemelerden oluşur ve bu sebeple, Ağrı Volkanik Dağı'ndan gelen akarsular ile taşınması ihtimali oldukça yüksektir. Bu, bu tür toprakların coğrafi dağılımını ve oluşumunu etkileyen önemli bir faktördür. Sonuç olarak, Ağrı Ovası ve çevresi, iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle kestane rengi ve kırmızımsı kestane rengi topraklar gibi belirgin toprak türleri barındırır. Bu toprakların oluşum ve dağılımı, bölgenin iklimi, bitki örtüsü ve jeolojik yapısına bağlı olarak şekillenir. Aynı zamanda, bu topraklar bölgedeki tarım faaliyetlerini belirgin bir şekilde etkiler ve buğday yetiştiriciliği gibi spesifik tarım uygulamaları için elverişli bir ortam sağlar.

4.1.2. Araştırma Sahasının Genel Beşeri Özellikleri

Ağrı ve çevresi, tarih boyunca birçok medeniyetin izlerini taşıyan bir geçiş bölgesi olmuştur. Orta Asya'dan Anadolu'ya hareket eden çeşitli kavimler, bu coğrafi bölgeyi kullanmış, dolayısıyla Ağrı, bir dizi medeniyetin etkisi altına girmiştir. Ancak, bu medeniyetler genellikle Ağrı'yı geçiş kapısı olarak kullandıkları için, burada köklü bir uygarlık oluşturmayı başaramamışlardır. M.Ö. 1340-1200 tarihleri arasında Hititlerin gücünün azalmasıyla Hurriler, Ağrı ve çevresine yerleşmiştir (Özgüç 1988). Ancak, krallık merkezlerinin Urfa'dan uzak olması nedeniyle, Hurrilerin Ağrı'da kalıcı bir hâkimiyet kurmaları mümkün olmamıştır. Bölgede belki de en köklü medeniyeti Urartular oluşturmuştur. M.Ö. 825-810 yıllarında hükümdarlık yapan Kral İspuini döneminde, Urartu'nun Van Gölü'nün kuzey ve

kuzeydoğusunda bulunan bölgeler üzerine seferler düzenlemeye başladığı bilinmektedir (Kurt, B., 2009). Kral Menua döneminde (M.Ö. 810-786), bu akınlar daha da yoğunlaşmıştır. Kuzeye ve kuzeydoğuya giden yollar üzerinde inşa edilen kaleler, bu seferlerin önceden planlandığını göstermektedir. Bu detay, bölgedeki tarih öncesi dönemlerin stratejik ve politik düşüncelerinin bir kanıtıdır. Bu durum Ağrı ve genel olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin hem stratejik konumu hem de bu konumunun tarihsel süreç içindeki etkileri hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Ağrı Dağı'nın yamaçları ve çevresi, tarihsel süreç içerisinde birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu bölgelerde bulunan bir Urartu yazıtı, Kral Menua'nın (M.Ö. 810-786) bu bölgedeki egemenliğini kesin olarak kanıtlar niteliktedir (Kurt 2009). Ayrıca, M.Ö. 712 yıllarında, Kızılırmak boylarına kadar uzanan Kimmerler'in Ağrı'da geçici de olsa bir hâkimiyet kurduğu bilinmektedir. Asur Devleti'nin yıkılması sonrasında yayılma sürecine giren Medler (M.Ö. 708-555), Ağrı ve çevresini topraklarına katmışlardır. Medler'in çöküşü sonrası, Persler, Büyük İskender'in Pers Kralı III. Darius'u (M.Ö. 331) yenip Anadolu'yu ele geçirene kadar bu bölgede yaklaşık iki yüzyıl boyunca yaşamışlardır (Bor 1982). Büyük İskender'in ölümü üzerine, boşluktan yararlanan Ermeniler bölgeyi ele geçirmişlerdir. M.Ö. 680 yılında bölgeye gelen ve Doğu Anadolu'ya yerleşen ilk Türk topluluğu ise Sakalar olarak bilinir (Özcan 1999). Daha sonraları ise, Arsaklılar ve Artakşiyaslı Krallığı, Ağrı ve çevresinde hâkimiyet kurmuştur. Bölge, Hz. Osman döneminde İslam orduları tarafından fethedilmiştir. 872 yılına kadar Abbasiler'in kontrolü altında kalan Ağrı, daha sonra Bizans'ın egemenliğine geçmiştir. 1071 Malazgirt Savaşı sonrasında Türk boylarının bölgeye gelmeye başlaması ve Ağrı'nın yaklaşık yüz yıl boyunca Sökmenli Devleti'nin sınırları içerisinde kalması, bölgenin tarihinde önemli dönüm noktalarını işaret eder (Köprülü 1931).

Böylece Ağrı'nın ve genel olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin tarih boyunca ne kadar stratejik bir konuma sahip olduğunu ve bu konumunun, bölgedeki tarihsel süreçler üzerindeki etkilerini daha iyi anlamış oluruz. Bu durum, coğrafi ve tarihsel analizlerin birlikte ele alınmasıyla daha da netleşir. Ağrı, tarih boyunca birçok medeniyetin hüküm sürdüğü bir bölge olmuştur. 1027-1225 yılları arasında Ani Atabeklerinin, 1239 yılında Cengiz Han'ın Moğollarının, 1256-1358 yılları arasında ise İlhanlılar ve Celayirlilerin hâkim olduğu Ağrı, stratejik konumu sayesinde önemli

bir role sahip olmuştur (Bor 1982). İlhanlılar'ın zaman zaman kurultaylarını Ağrı Dağı'nda yaparak Anadolu ve İran'ı buradan yönettikleri bilinmektedir. 1393 yılında, Moğol Hakanı Aksak Timur, Ağrı bölgesini ele geçirmiştir. Daha sonra, 1405-1468 tarihleri arasında Karakoyunluların toprakları içerisinde yer alan Ağrı, Karakoyunluların yıkılmasının ardından Akkoyunlular'ın egemenliğine geçmiştir (Köprülü 1931). Yavuz Sultan Selim'in Çaldıran Savaşı sonrasında Ağrı'yı Osmanlı topraklarına kattığı bilinmektedir. Osmanlı döneminde, "Şorbulak" olarak anılan bölgenin adı, Ermeniler zamanında "Karakilise" olarak değiştirilmiştir. Türk Cumhuriyeti döneminde ise, Kazım Karabekir Paşa zamanında Karakilise ismi "Karaköse" olarak değiştirilmiştir (Akşit 2004). Ağrı Dağı, Tevrat'ta Nuh Tufanı ile ilişkisi olan bir dağ olarak geçmektedir ve bu yüzden Batılılar tarafından da Ararat Dağı olarak anılmaktadır.

Ağrı, 1834 yılında bir bucak, 1869 yılında ilçe ve 1927 yılında ise il merkezi olmuştur. İl, adını 5.137 metre yüksekliğiyle Türkiye'nin en yüksek dağı olan Ağrı Dağı'ndan almıştır (Özcan 1999). Bu veriler, Ağrı'nın coğrafi konumu ve tarihsel öneminin, farklı medeniyetlerin bölge üzerinde hâkimiyet kurma arzusunu etkilediği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca, dilbilim açısından bakıldığında, Ağrı'nın adının tarih boyunca farklı kültürler ve diller tarafından nasıl değiştirildiği de önemli bir çalışma konusudur.

Nüfus, en genel haliyle bir bölgedeki insan sayısını ifade ederken, nüfus coğrafyası kapsamında bu tanım, belirli sayıdaki insanların çevreyle olan ilişkilerini ve dağılımlarını içerir (Clarke 1965). Bu, bir toplumun çevresiyle kurduğu dinamik etkileşimin bir analizini gerektirir, bu yüzden Doğanay'ın "Nüfus ve Yerleşme ilmindeki genel bilimsel yaklaşım; toplum (insan) ve çevre ilişkisinin analizi" tezini destekler (Doğanay 1995). Cumhuriyet öncesi dönemde yapılan nüfus sayımlarında genellikle sadece erkek nüfus dikkate alındığı için, bu dönemlere ait nüfus verileri, toplumun tamamına ilişkin net bilgileri sağlamaz. Ancak, erkek nüfusun kaydedilmesi, dönemin sosyal ve kültürel yapısına dair önemli bilgiler sunar. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Ağrı nüfusu son yıllarda azalmış olup, 2022 yılı itibarıyla 510.626 kişiye ulaşmıştır. Bu nüfusun 264.465'i erkek, 246.161'i kadın olup, yüzde olarak erkeklerin oranı %51,79, kadınların oranı ise

%48,21'dir. Bu veriler, Ağrı'da toplumsal cinsiyet dağılımının nispeten dengeli olduğunu göstermektedir.

Ağrı ve çevresinin tarihi boyunca birçok farklı halkın yaşamış olduğunu ve bölgenin konumu nedeniyle sık sık ticaret ve istila rotaları üzerinde bulunduğunu görebiliriz. Coğrafyanın yanı sıra tarihinin de bu durumu belirgin bir şekilde etkilediğini söylemek mümkündür (Lewis 2002). Tarihsel süreçte Ağrı, Gürcüler, Ermeniler ve Farslar dâhil birçok farklı toplulukların eline geçmiştir. Bu durum nüfus yapısının sürekli değişmesine sebep olmuştur.

Günümüzde Ağrı'daki göçlerin sebepleri arasında çoğunlukla itici faktörler rol oynamaktadır. Bu faktörler arasında sosyo-ekonomik problemler, eğitim eksiklikleri ve sağlık imkânlarının yetersizliği yer alır (Güllülü vd, 2007). Buna ek olarak, Ağrı'nın yakınındaki Kars, Ardahan ve Iğdır illeri de Ağrı ile benzer demografik özellikler göstermektedir. Göç hareketlerinin genellikle gençler tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Yaş ilerledikçe, kurulu düzeni bırakmama eğilimi ve göç etme ümitlerinin kaybolması gibi etmenler, göç etme isteğini azaltabilir. Diğer yandan, askerlik görevini yerine getiren erkekler, diğer şehirleri görme fırsatı buldukları için daha yüksek göç etme isteği gösterirler. Bu bulgular, Ağrı'nın demografik yapısının hem coğrafya hem de dilbilim açısından karmaşık ve dinamik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Hudson 2006).

Ağrı İli'nin başlıca geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olduğunu söyleyebiliriz. Bu durum, bölgenin coğrafi ve iklimsel koşullarına bağlı olarak şekillenen ekonomik aktivitelerin bir yansımasıdır. Ağrı'da yetişen başlıca tarım ürünleri arasında buğday, arpa ve şeker pancarı bulunmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Bu ürünler, genellikle karasal iklimin hüküm sürdüğü ve yıllık yağış miktarının düşük olduğu bölgelerde yetişir (Porter et al., 2014). Özellikle Murat Suyu bölgesinde, bataklık koşulları nedeniyle, pamuk, kendir, pirinç, mısır ve çavdar gibi ürünler yetiştirilmektedir. Bataklıklar, genellikle su bakımından zengin ve toprağın besin maddeleri açısından zengin olduğu alanlardır. Bu durum, bu tür alanlarda çeşitli bitki türlerinin yetişmesine olanak sağlar (Mitsch & Gosselink 2007). Ayrıca bataklıklarda kamış yetiştiriciliği de oldukça yaygındır. Su kaynaklarına sahip olmasına rağmen, Ağrı'da sulanan arazi miktarı 23.522 hektar olarak belirtilmiştir.

Bu, bölgedeki tarımın büyük bir kısmının yağışa bağımlı olarak gerçekleştirildiğini gösterir. Su kaynaklarının yetersiz kullanımı veya sulama tekniklerinin yetersizliği, bu durumun temel nedenleri arasında olabilir (Rockström et al., 2009).

Ağrı İli, coğrafi ve iklimsel özellikleri nedeniyle önemli bir hayvancılık merkezi olmuştur. Bölgenin geniş mera ve otlakları, yaylaları ve geniş arazi yapısı, hayvan yetiştiriciliği için uygun bir ortam sağlamaktadır. Bölgede özellikle koyun yetiştiriciliği yaygındır, ayrıca keçi, sığır ve manda yetiştiriciliği de yapılmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Hayvancılık, genellikle göçebe topluluklar tarafından gerçekleştirilir, bu da bölgenin sosyo-kültürel yapısına ve yaşam tarzına önemli bir etki yapar (Creswell & Clark 2017).

Göçebelik, belirli bir yerde yerleşik olmayıp, mevsimlere ve hayvanların otlatılmasına bağlı olarak yer değiştiren toplulukları ifade eder. Ağrı İli, ayrıca yaban hayatı açısından da zengin bir bölgedir. Ağrı dağlarında yabani keçi, boz ve beyaz ayı, sansar, tilki, kurt ve tavşan gibi birçok farklı hayvan türü bulunmaktadır. Bu durum, bölgenin biyolojik çeşitlilik açısından zenginliğini gösterir (Braun 2002). Bu türlerin varlığı, doğal ekosistemlerin sağlığı ve işlevselliği açısından önemlidir. Bunun yanında, bölgede belirli bölgelerde yılan popülasyonunun yoğun olduğunu görüyoruz. Ağrı Dağı'nda engerek yılanı çok bulunmaktadır. Bu, bölgenin çeşitli yılan türlerinin yaşam alanı olduğunu gösterir. Son olarak, Tendürek Dağı'nda yaz aylarında göç eden av hayvanlarının, kış aylarında Ağrı Dağı'nın Kozlu bölgesine geldiği belirtilmiştir. Kozlu bölgesi, güneşe maruz kalma süresi nedeniyle kar miktarının az olduğu bir bölgedir. Bu durum, bu bölgenin kış aylarında hayvanlar için ideal bir sığınak haline gelmesini sağlar (Pulliam1988).

Ağrı İli'nin mineral ve doğal kaynakları oldukça çeşitlidir. Bu kaynaklar, bölgenin ekonomik ve sosyal yapısına önemli ölçüde katkı sağlar. Ağrı ilinde asbest bulunmaktadır. Asbest, birçok endüstride kullanılan doğal bir mineraldir ve özellikle ısı ve aşınmaya karşı direnci nedeniyle tercih edilir (Virta 2006). Kükürt, Ağrı ilinde bulunan bir diğer madendir. Kükürt, çeşitli kimyasal reaksiyonlarda kullanılan bir elementtir. Fertilizan (gübre) üretimi, deterjan ve ilaç üretimi gibi birçok alanda kullanılır (Meyers 2003). Bölgedeki ponzataşı, tuz ve maden suyu kaynakları, çeşitli sanayi ve tarım alanlarında kullanılır. Ponzataşı hafif, gözenekli bir volkanik kayaç

türüdür ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılır. Tuz, hem gıda sektöründe hem de kimya sanayisinde önemli bir ham madde olarak kullanılır. Maden suyu ise içme suyu ve termal tedavi uygulamalarında kullanılır (Waltham 2009; Kurlansky 2002; Gökçen Serpil 2006).Ağrı'nın çeşitli bölgelerinde çimento taşı, kireç, tuğla ve kiremit hammaddesi bulunmaktadır. Bu malzemeler genellikle inşaat sektöründe kullanılır (Clements 2014).Eleşkirt bölgesinde ise linyit yatakları bulunmaktadır. Linyit, elektrik enerjisi üretimi için yaygın olarak kullanılan düşük kaliteli bir kömür türüdür (Energy Information Administration, 2020).Son olarak, bölgede az miktarda mermer yataklarına da rastlanmaktadır. Mermer, genellikle yapı malzemesi ve heykelticilikte kullanılan popüler bir taştır (Winkler 1997).

Ağrı ilinde sanayi faaliyetlerinin gelişme süreci hâlâ devam etmektedir. Buradaki sanayi kuruluşlarının çoğu, tarım ve hayvancılık ürünlerinin işlenmesine dayalıdır, bu da bölgenin tarıma ve hayvancılığa dayalı ekonomisine işaret etmektedir. Bunlardan biri, 1984 yılında faaliyete geçen şeker fabrikasıdır. Şeker fabrikaları, genellikle şeker pancarı veya şeker kamışından şeker üretmek için kullanılır. Bu tesisler genellikle tarım sektörüne destek sağlar ve çevredeki çiftçilere düzenli bir gelir kaynağı sağlar (Bodnaru & Ihor 2019).Diğer önemli sanayi kuruluşları arasında Ağrı Tuğla Fabrikası, Et-Balık Kurumu Kombinası, Peynir-Tereyağı Fabrikası ve Un Fabrikası bulunmaktadır. Tuğla fabrikası inşaat sektörüne, Et-Balık Kurumu Kombinası ve Peynir-Tereyağı Fabrikası gıda sektörüne, Un Fabrikası ise hem gıda sektörüne hem de yerel ekmek yapımına destek sağlar (Helm 1995; Floros et al., 1997; Peplinski et al., 2005). Son olarak, halı-kilim ve hızar atölyeleri, yerel zanaatları ve geleneksel üretimi temsil eder. Bu tesisler genellikle yerel iş gücünü kullanır ve yerel ekonomiye katkıda bulunur (Cantekin et al., 2018).

Ulaşım: En önemli ulaşım yolu, Trabzon-Erzurum-Tebriz yoludur. Ağrı, İran transit yolu üzerindedir. Asya'ya açılan bir kapıdır. Gürbulak sınır kapısı ile İran'a girilir. İkinci derece yolları, Doğu Bayezid-Iğdır-Kars yolu ile Ağrı-Patnos-Van ve Muş yollarıdır. Kışın bazı yerlerde ulaşım kızaklarla yapılır

Doğu Anadolu bölgesi Türkiye'de Güneş enerji potansiyeli açısından Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinden sonra 3.sırada yer almaktadır. Ağrı ilinin, güneş enerji potansiyeli bakımından yüksek olduğu bir bölgede bulunması

GES kurulumuna olanak tanımaktadır. Bölgedeki yüksek güneş enerji potansiyeline sahip illerden biri olmasına rağmen ilde güneş enerji santrali sayısının az olması dikkatlerden kaçmamaktadır. Bu potansiyelin verimli kullanması çevre üzerinde olumlu etki sağlamakla birlikte Ağrı İlinin enerji sepetine de büyük oranda katkı sağlayacaktır. Bu sebeplerle birlikte yatırımcılara GES için yer tayininde yardımcı olmak amacı ile bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.2. Ağrı merkez ilçenin Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerlerini belirleme ve sınıflandırma

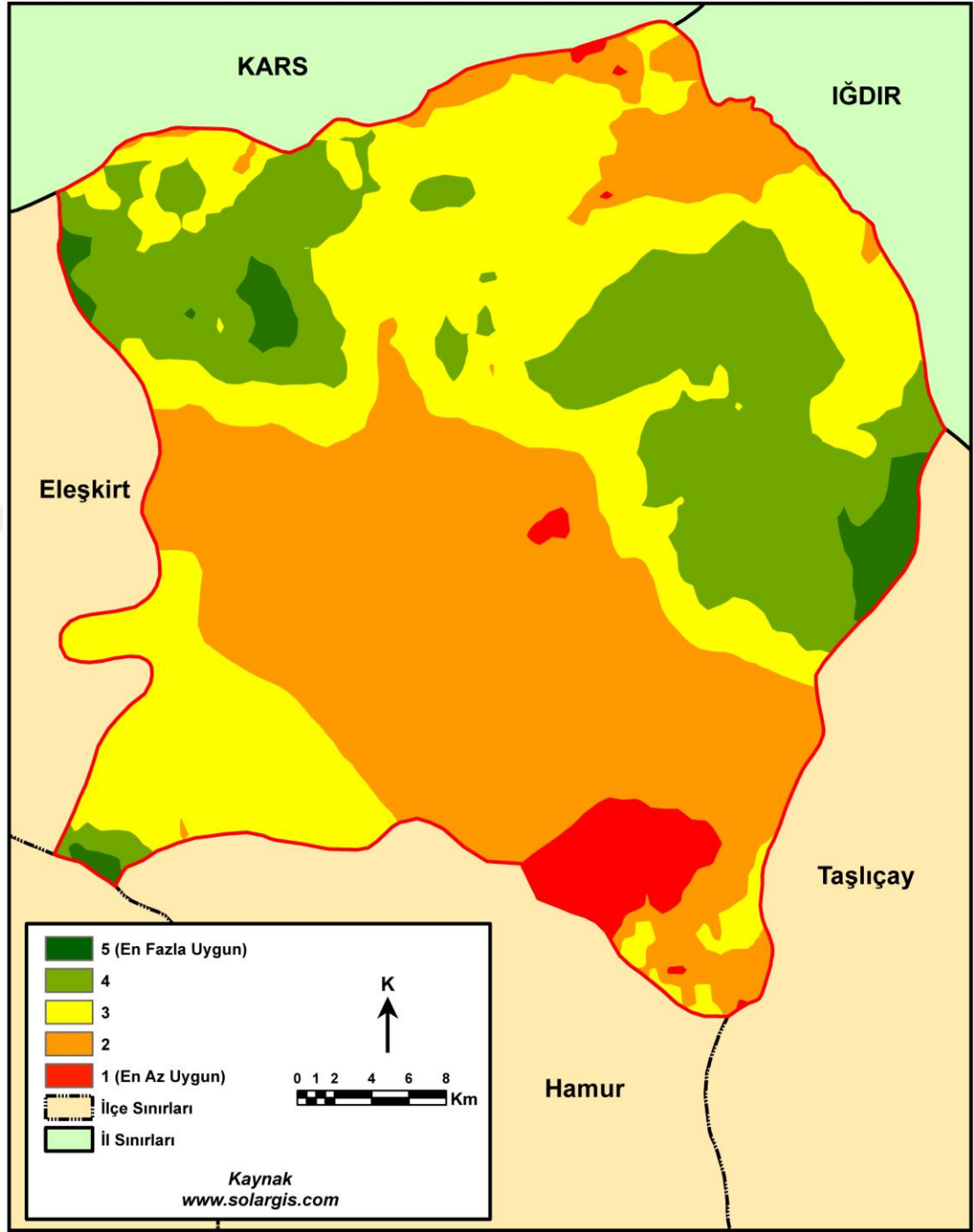
Ağrı merkez ilçede Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerlerinin 1465,4 ile 1663,7 kWh/m² arasında değişmektedir. Elde edilen bu değerler sınıflandırılırken tablo 4-1’de belirtilen aralıklar kullanılmıştır.

PVOUT (kWh/m ²)	Sınıf	Alan
1465,4 – 1500	1	54,848
1500 – 1540	2	641,912
1540 -1580	3	575,059
1580 -1620	4	379,451
1620 - 1663,7	5	40,517

Tablo 4-1. Ağrı ilçe merkezinin Fotovoltaik enerji potansiyelini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-1. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede 1465,4 – 1500 aralığının 1, 1500 – 1540 kWh/m² aralığının 2, 1540 -1580 kWh/m² aralığının 3, 1580 -1620 kWh/m² aralığının 4, 1620 - 1663,7 kWh/m² aralığının 5 olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Radyasyon değeri en yüksek olan alanlara 5, en düşük alanlara 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-2. oluşturulmuştur.

Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 40,517 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 379,451 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 575,059 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 641,912 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 54,848 km²’lik alan kapladığı belirlenmiştir. Genel anlamda bakıldığında Ağrı merkez ilçenin kuzeybatı ve kuzeydoğu bölümlerinde radyasyon değerlerinin daha yüksek, güneyinde ise daha düşük olduğunu söylemek mümkündür.



Harita 4-2. Ağrı Merkez İlçe Fotovoltaik Enerji potansiyeli (PV) Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 54,848 m²'lik alanı Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerleri bakımından en az uygunken, 40,517 m²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir.

4.3. Ağrı merkez ilçenin Doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerlerini belirleme ve sınıflandırma

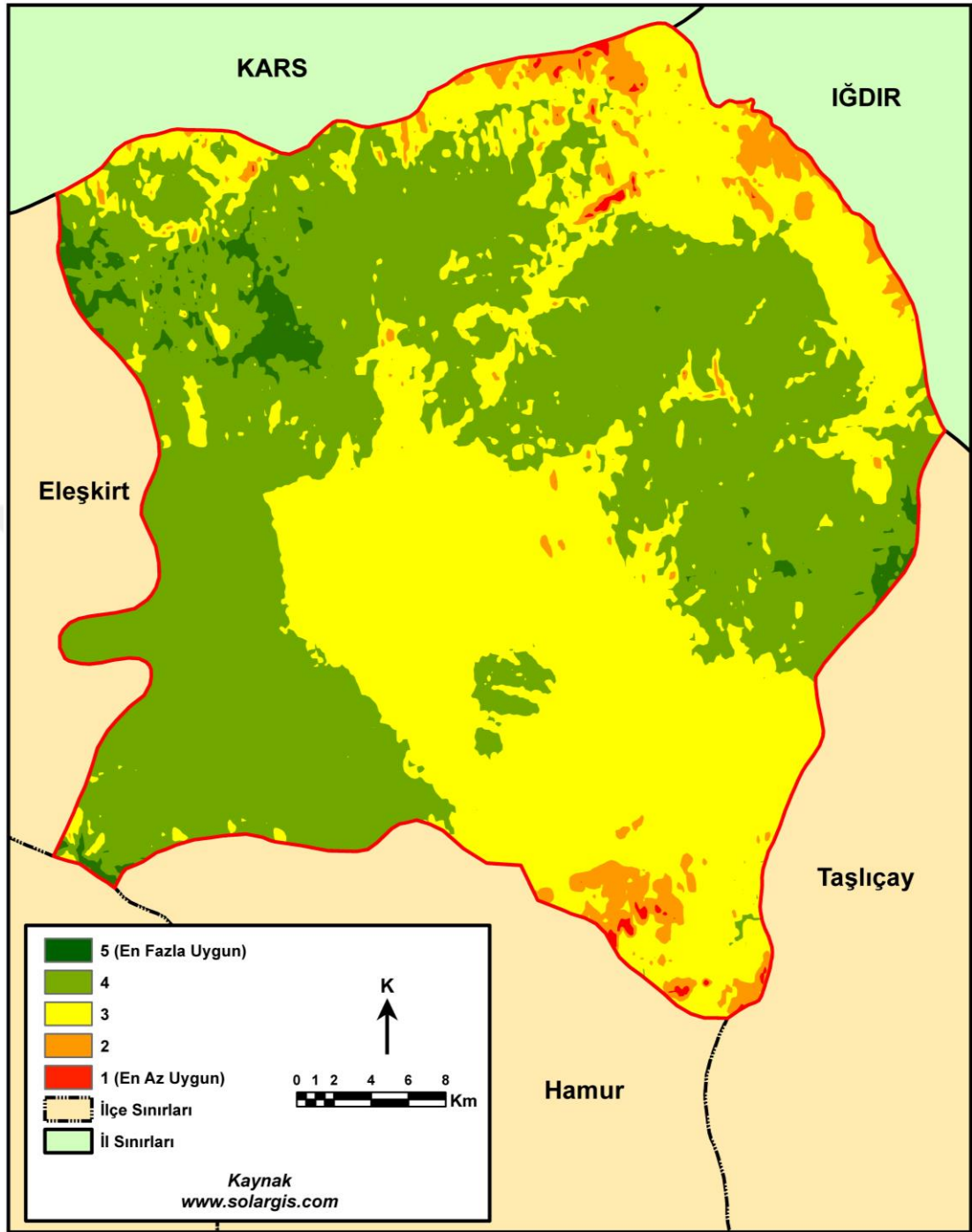
Ağrı merkez ilçenin CSP Güneş enerji sistemleri için dikkate alınması gereken güneş radyasyonu değerlerinin 1205,7 ile 1906,2 kWh/m² arasında değiştiği saptanmıştır. Elde edilen bu değerler sınıflandırılırken tablo 4-2’de belirtilen aralıklar kullanılmıştır.

DNI (kWh/m ²)	Sınıf	Alan
1205,7 – 1500	1	5,519
1500 – 1600	2	61,027
1600 – 1700	3	725,161
1700 – 1800	4	863,626
1800 – 1906,2	5	36,649

Tablo 4-2. Ağrı merkez ilçenin Doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-2. incelendiğinde Ağrı merkez ilçenin 1205,7 – 1500 aralığının 1, 1500 – 1600 kWh/m² aralığının 2, 1600 -1700 kWh/m² aralığının 3, 1700 -1800 kWh/m² aralığının 4, 1800 – 1906,2 kWh/m² aralığının 5 olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Radyasyon değeri en yüksek olan alanlara 5, en düşük alanlara 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-3. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 36,649 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 863,626 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 725,161 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 61,027 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 5,519 km²’lik alan kapladığı belirlenmiştir.



Harita 4-3. Ağrı Merkez İlçe Doğrudan Normal Işınım (DNI) Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 5,519 m²'lik alanı doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerleri bakımından en az uygunken, 36,649 m²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-3).

4.4. Ağrı merkez ilçenin Eğim derecelerini belirleme ve sınıflandırma

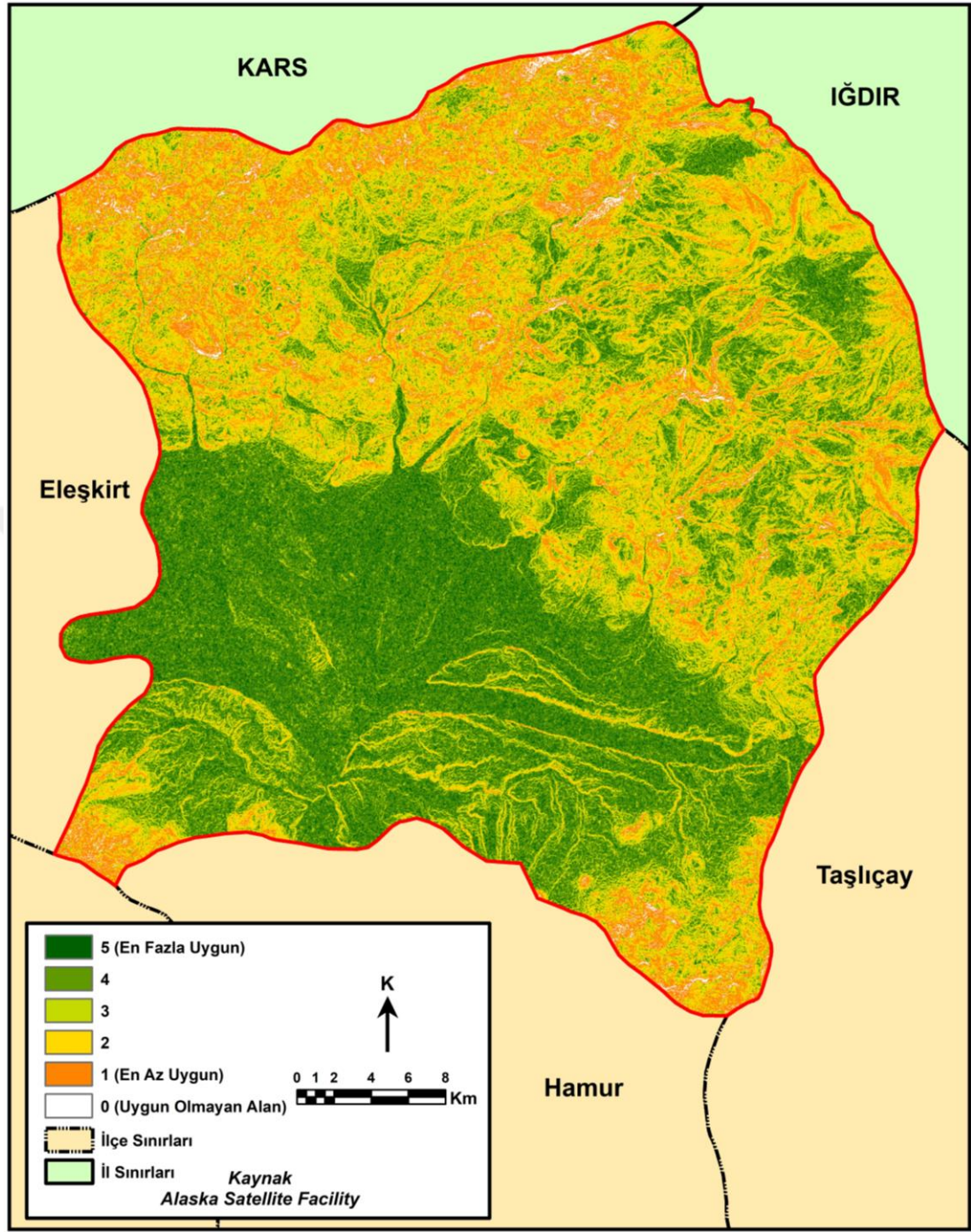
Ağrı merkez ilçenin eğim derecelerini belirlemek için adresinden temin edilen yüksek çözünürlüğe sahip dem verileri kullanılmıştır. ArcMap 10.8 yazılımında öncelikle dem verisinden eğim haritası oluşturulmuş daha sonra ise eğim dereceleri tablo 4-3'te belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Eğim (%)	Sınıf	Alan
0-1	5	172,45
0-3	4	543,61
3-5	3	307,825
5-10	2	451,47
10-20	1	200,54
20-100	0	16,135

Tablo 4-3. Ağrı merkez ilçenin eğim değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-3. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede %0 – 1 eğime sahip alanlar 5, %1 – 3 eğime sahip alanlar 4, %3 – 5 eğime sahip alanlar 3, %5 – 10 eğime sahip alanlar 2, %10 – 20 eğime sahip alanlar 1 olarak sınıflandırılırken %20 ve üzeri eğime sahip alanlar 0 olarak sınıflandırılarak GES için uygun olmayan alan olarak belirlenmiştir. GES kurulumu için eğim değeri en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1, uygun olmayan alanlar 0 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-4. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 172,45 km²'lik, 4 numaralı sınıfın 543,61 km²'lik, 3 numaralı sınıfın 307,825 km²'lik, 2 numaralı sınıfın 451,47 km²'lik ve 1 numaralı sınıfın 200,54 km²'lik, 0 olarak sınıflandırılan eğimin %20'den fazla olduğu alanlarında ise 16,135 alan kapladığı belirlenmiştir.



Harita 4-4. Ağrı Merkez İlçe Eğim Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 200,54 m²'lik alanı eğim değerleri bakımından en az uygunken, 172,45 m²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-4.).

4.5. Ağrı merkez ilçenin Bakı derecelerini belirleme ve sınıflandırma

Ağrı merkez ilçenin bakı değerlerini belirlemek için adresinden temin edilen yüksek çözünürlüklü dem verisi kullanılarak ArcMap 10.8 programında bakı haritası oluşturulmuş ve daha sonrasında bakı değerleri tablo 4-4'te belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

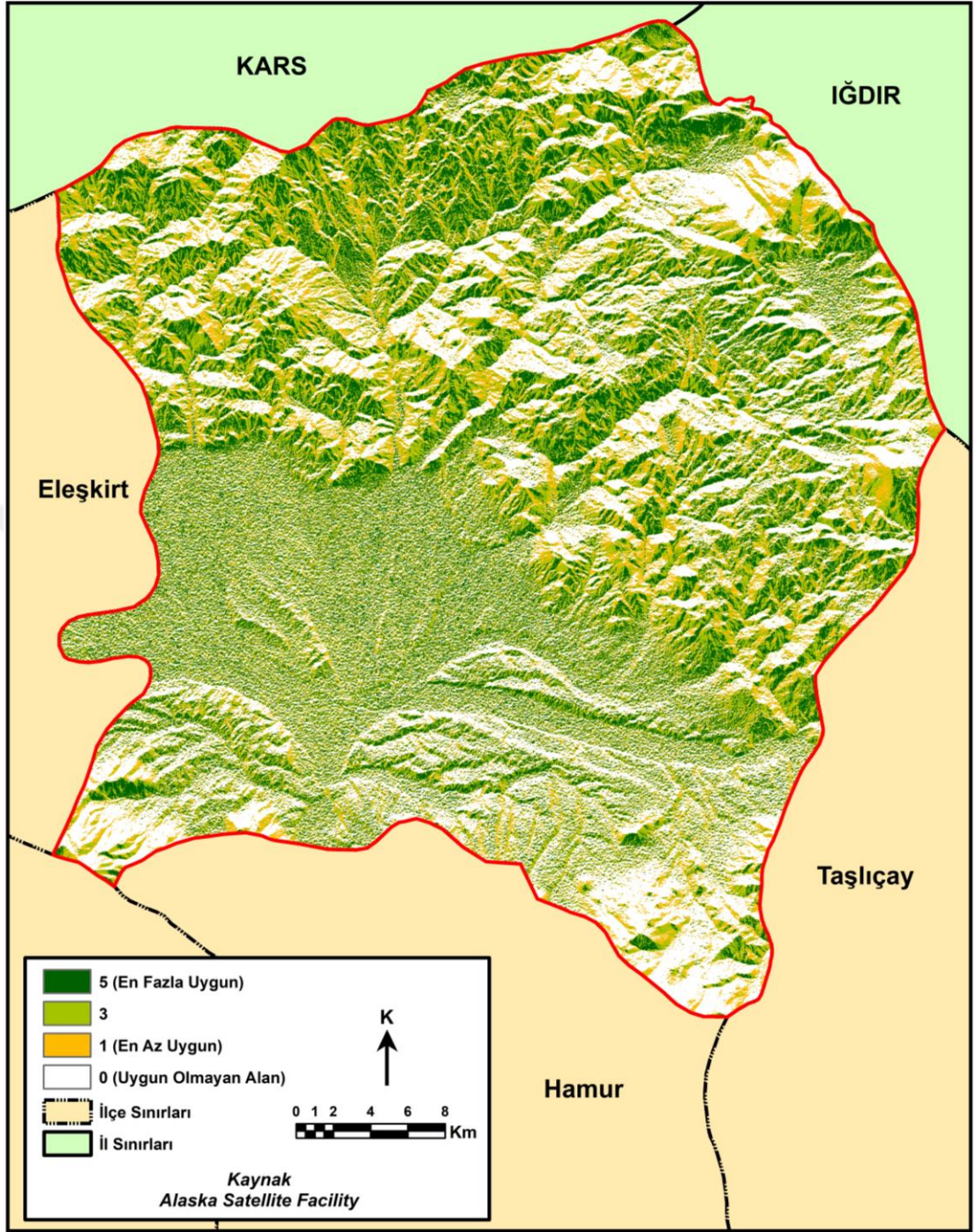
Bakı	Sınıfı	Alan
Güney, Düz	5	380,57
Güneydoğu, Güneybatı	3	433,32
Doğu, Batı	1	291,3
Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı	0	587,13

Tablo 4-4. Ağrı merkez ilçenin Bakı değerlerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-4. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede, 1 bakı değeri olarak adlandırılan alanlar en az uygun, 5 bakı değeri olarak adlandırılan alanlar ise en fazla uygun alan olarak sınıflandırılırken 0 bakı değerleri ise GES için uygun olmayan alan olarak belirlenmiştir.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 380,57 km²'lik, 3 numaralı sınıfın 433,32 km²'lik, 1 numaralı sınıfın 291,3 km²'lik, 0 numaralı sınıfın 587,13 km²'lik alan kapladığı belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 291,3 m²'lik alanı bakı değerleri bakımından en az uygunken, 380,57 m²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-5.).



Harita 4-5. Ağrı ili Merkez İlçe Bakı Haritası.

4.6. Ağrı merkez ilçenin enerji nakil hatlarının dağılışını belirleme ve sınıflandırma

Araştırmada öncelikle Ağrı merkez ilçenin Enerji Nakil Hatlarının dağılışı tespit edilmiştir. Daha sonra ise Enerji Nakil Hatlarına uzaklıklar tablo 4-5'te belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

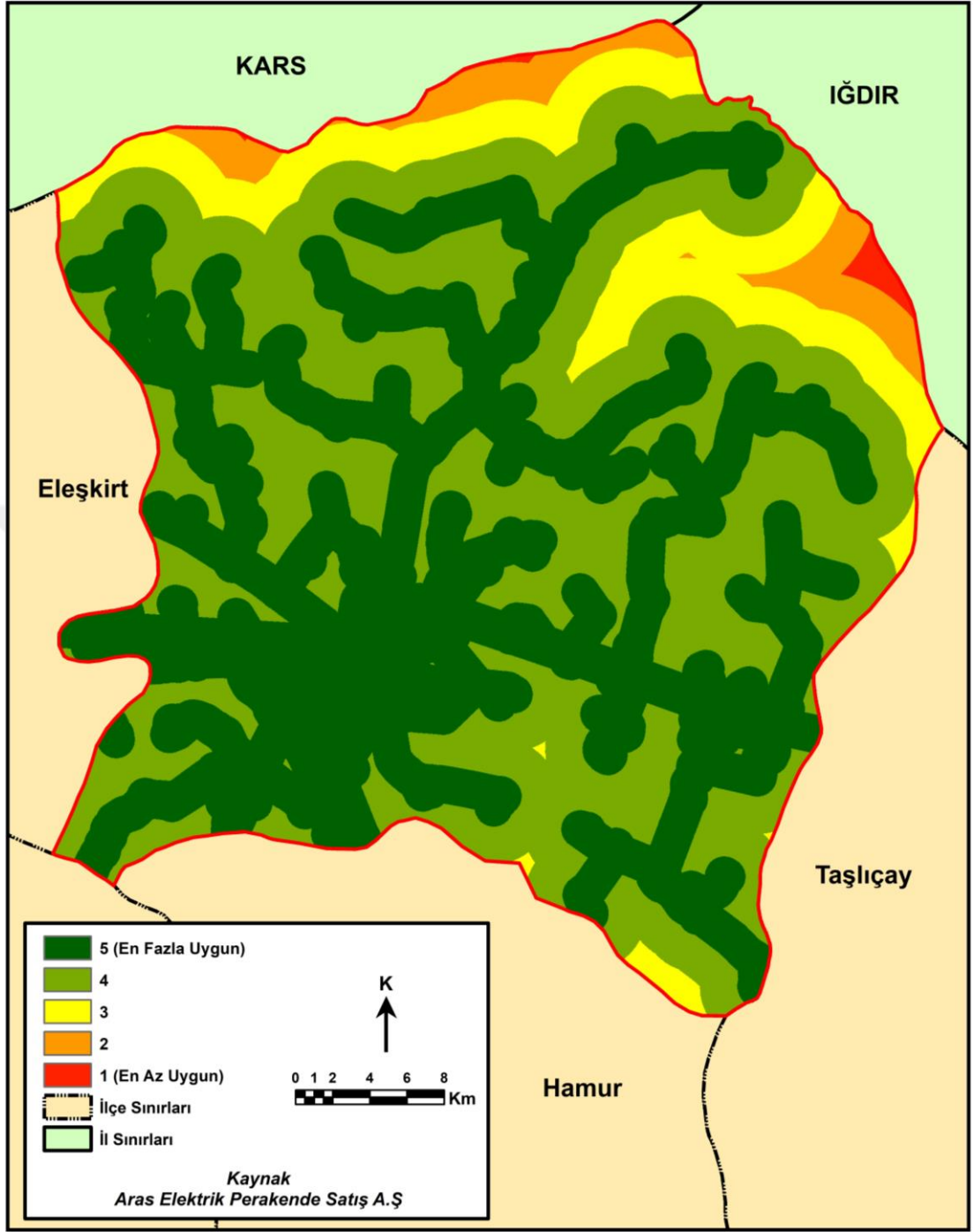
Enerji Nakil Hatlarına Mesafe	Sınıf	Alan
0-1000	5	804,994
1000-3000	4	655,345
3000-5000	3	164,136
5000-7000	2	60,775
7000-8521	1	6,784

Tablo 4-5. Ağrı merkez ilçenin enerji nakil hatlarının dağılışını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-5. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede Enerji Nakil Hatlarına 0 – 1000 m. mesafede bulunan alanlar 5, 1000 – 3000 m. mesafede bulunan alanlar 4, 3000 – 5000 m. mesafede bulunan alanlar 3, 5000 – 7000 m. mesafede bulunan alanlar 2, 7000 – 8521 m. mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. GES kurulumu için enerji nakil hattına mesafe olarak en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-6. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 804,994 km²'lik, 4 numaralı sınıfın 655,345 km²'lik, 3 numaralı sınıfın 164,136 km²'lik, 2 numaralı sınıfın 60,775 km²'lik ve 1 numaralı sınıfın 6,784 km²'lik alan kapladığı belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 6,784 km²'lik alanı enerji nakil hatlarına olan mesafe değerleri bakımından en az uygunken, 804,994 km²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-6.).



Harita 4-6. Ağrı ili Merkez İlçe Enerji Nakil Hatları Haritası.

4.7. Ağrı merkez ilçede trafo merkezlerinin dağılışıını belirlemek ve sınıflandırarak ağırlıklandırmak.

Araştırmada öncelikle Ağrı merkez ilçedeki Trafo Merkezlerinin dağılışıı tespit edilmiştir. Daha sonra ise Trafo Merkezlerine uzaklıklar tablo 4-6'da belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

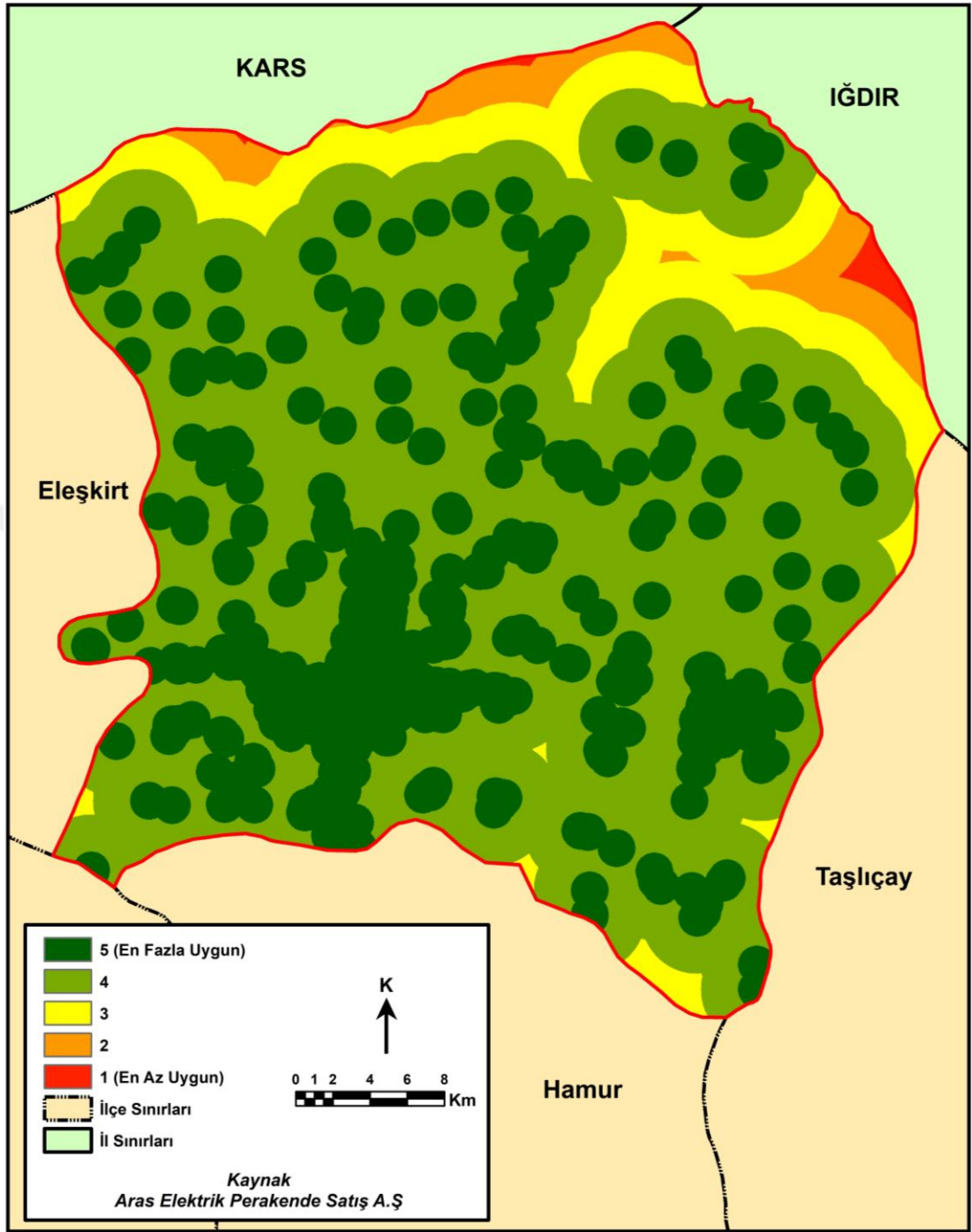
Trafo Merkezlerine Mesafe	Sınıf	Alan
0-1000	5	578,307
1000-3000	4	867,519
3000-5000	3	175,521
5000-7000	2	63,069
7000-8588	1	7,59

Tablo 4-6. Ağrı merkez ilçenin trafo merkezlerinin dağılışıını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-6. incelendiğinde Ağrı merkez ilçenin 0 – 1000 m. mesafede bulunan alanlar 5, 1000 – 3000 m. mesafede bulunan alanlar 4, 3000 – 5000 m. mesafede bulunan alanlar 3, 5000 – 7000 m. mesafede bulunan alanlar 2, 7000 – 8588 m. mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. GES kurulumu için trafo merkezlerine mesafe olarak en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-7. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 578,307 km²'lik, 4 numaralı sınıfın 867,519 km²'lik, 3 numaralı sınıfın 175,521 km²'lik, 2 numaralı sınıfın 63,069 km²'lik ve 1 numaralı sınıfın 7,59 km²'lik alan kapladığı belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 7,59 km²'lik alanı trafo merkezlerine olan mesafe değerleri bakımından en az uygunken, 578,307 km²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görölmektedir (Harita 4-7.).



Harita 4-7. Ağrı ili Merkez İlçe Trafo Merkezleri Haritası.

4.8. Ağrı merkez ilçedeki akarsuların dağılışı belirleme ve sınıflandırma

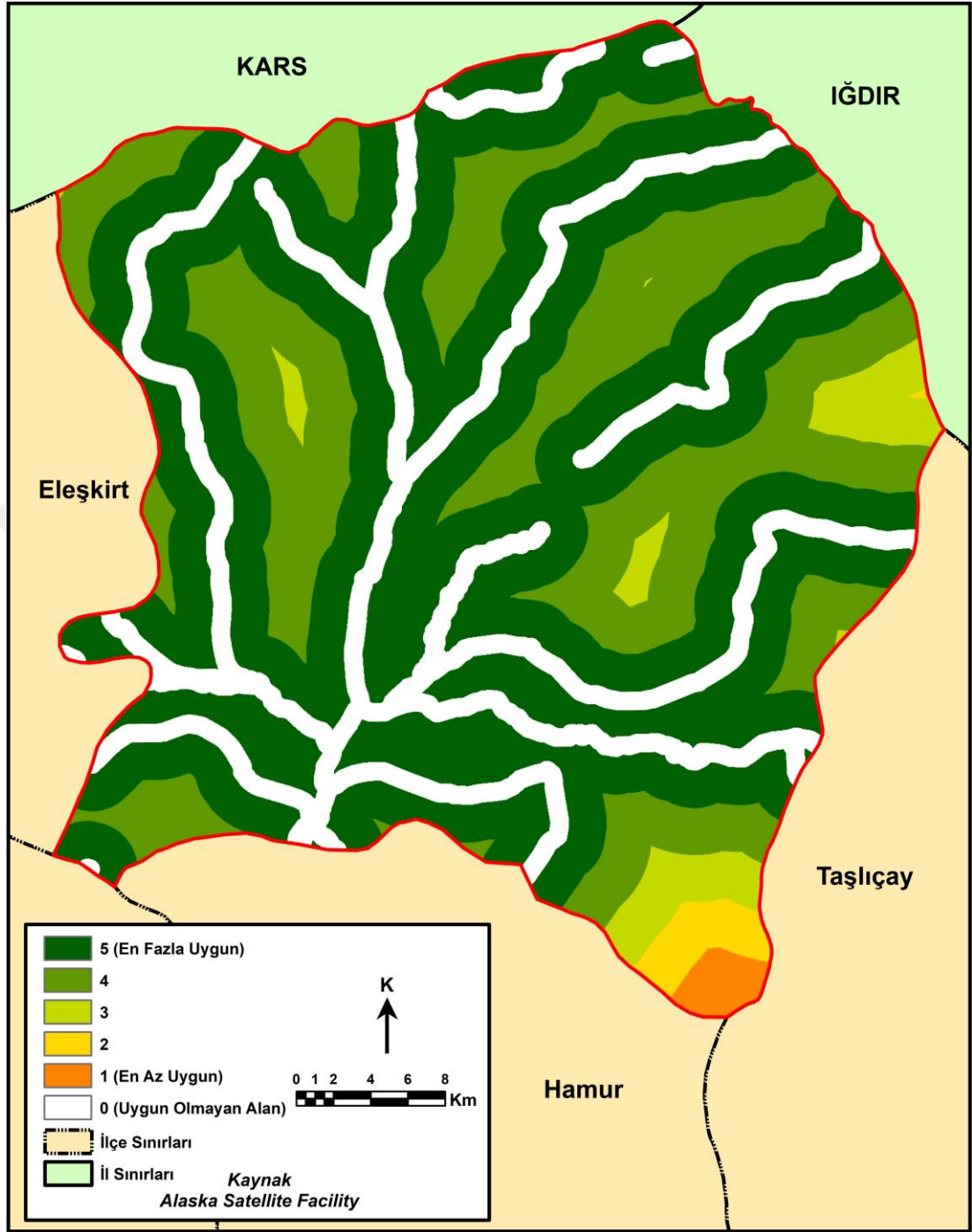
Araştırmada Ağrı merkez ilçedeki akarsuların dağılışı tespit edildikten sonra akarsuya olan mesafeler tablo 4-7’de belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Akarsu Mesafe	Sınıf	Alan
0-500	0	283,92
500-2500	5	868,12
2500-5000	4	445,26
5000-7500	3	61,5367
7500-10000	2	19,9748
10000-13,131	1	13,14

Tablo 4-7. Ağrı merkez ilçenin akarsuların dağılışı belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-7. incelendiğinde Ağrı merkez ilçenin 500 – 2500 m. mesafede bulunan alanlar 5, 2500 – 5000 m. mesafede bulunan alanlar 4, 5000 – 7500 m. mesafede bulunan alanlar 3, 7500 – 10000 m. mesafede bulunan alanlar 2, 10000-13,131 m. mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. 0 – 500 m. mesafede bulunan akarsuyun kendisine ait ve taşkın riski altındaki alanlar 0 olarak sınıflandırılıp GES kurulumu için uygun olmayan alan olarak değerlendirilmiştir GES kurulumu için akarsulara mesafe olarak en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-8. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 868,12 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 445,26 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 61,5367 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 19,9748 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 13,14 km²’lik alan kapladığı belirlenmiştir.



Harita 4-8. Ağrı ili Merkez İlçe Akarsu Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 13,14 km²'lik alanı akarsuların dağılışına olan mesafe değerleri bakımından en az uygunken, 868,12 km²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-8.).

4.9. Ağrı merkez ilçedeki karayollarının dağılışı belirleme ve sınıflandırma

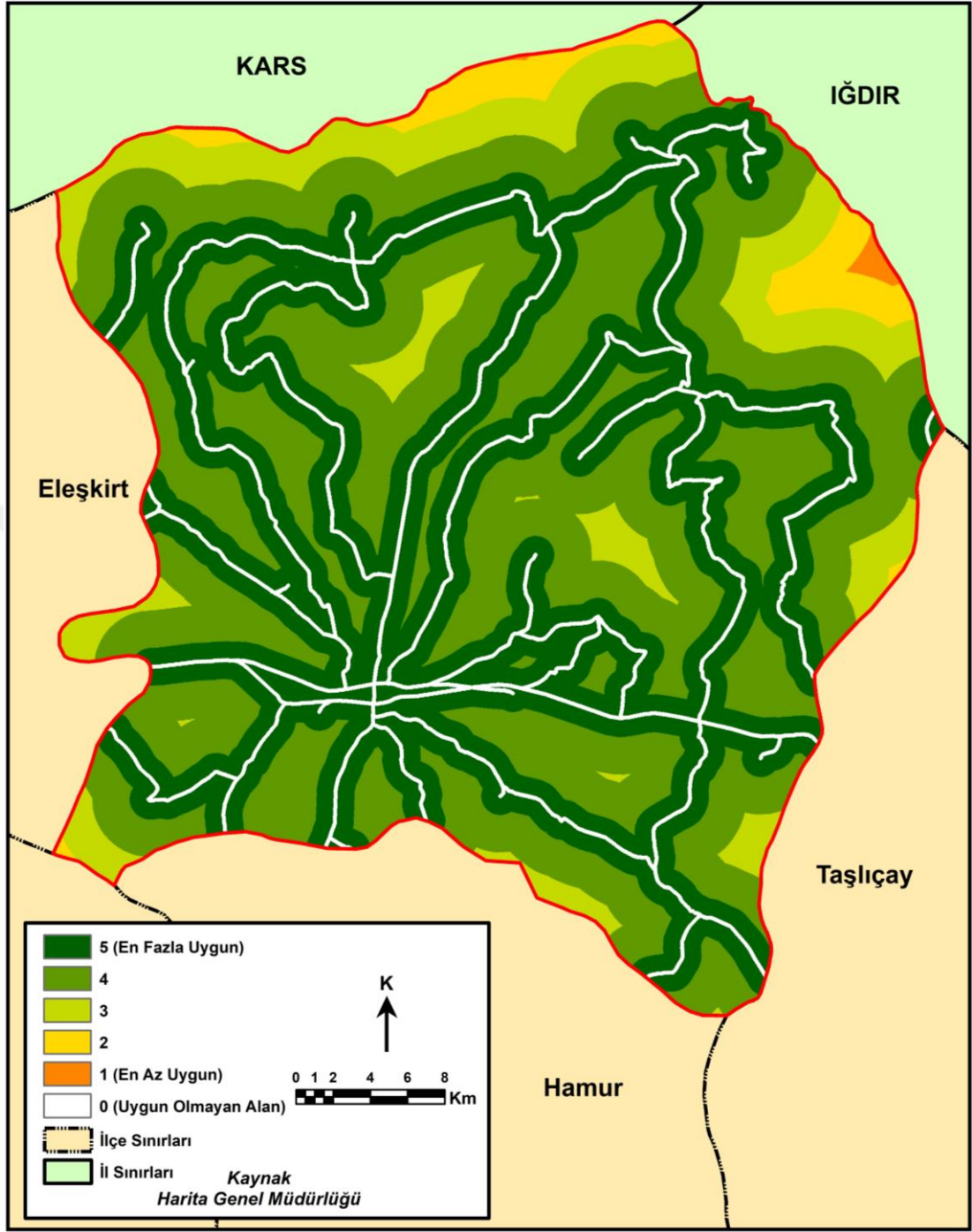
Ağrı merkez ilçenin karayollarının dağılışı Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen verilerden tespit edildikten sonra karayoluna olan mesafeler tablo 4-8’de belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Karayolları Mesafesi	Sınıf	Alan
0-100	0	89,01
100-1000	5	654,691
1000-3000	4	714,161
3000-5000	3	179,854
5000-7000	2	50,458
7000-8245	1	3,83

Tablo 4-8. Ağrı merkez ilçenin karayollarının dağılışı belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-8. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede 100 – 1000 m. mesafede bulunan alanlar 5, 1000 – 3000 m. mesafede bulunan alanlar 4, 3000 – 5000 m. mesafede bulunan alanlar 3, 5000 – 7000 m. mesafede bulunan alanlar 2, 7000-8245 m. mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. 0 – 100 m. mesafede bulunan alanlar karayolunun kendisi veya genişleme ihtimali olan yerler olarak düşünüldüğünden 0 olarak sınıflandırılıp GES kurulumu için uygun olmayan alan olarak değerlendirilmiştir. GES kurulumu için karayollarına mesafe olarak en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-9. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 654,691 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 714,161 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 179,854 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 50,458 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 3,83 km²’lik, 0 numaralı sınıfın 89,01 km²’lik alan kapladığı belirlenmiştir.



Harita 4-9. Ağrı ili Merkez İlçe Ulaşım Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 3,83 km²'lik alanı karayollarına olan mesafe değerleri bakımından en az uygunken, 654,691 km²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir. (Harita 4-9.).

4.10. Ağrı merkez ilçenin yerleşim alanlarını belirleme ve sınıflandırma

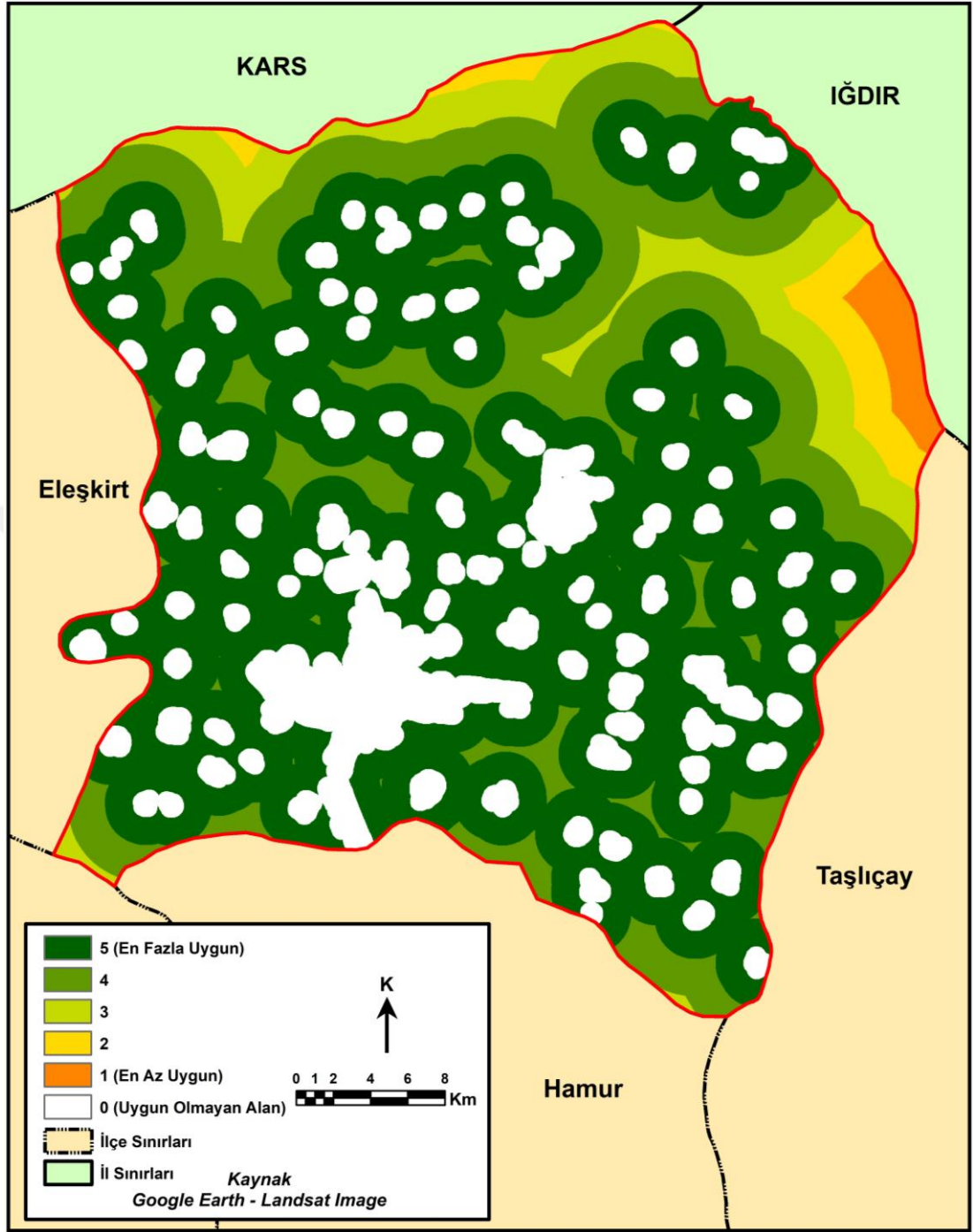
Ağrı merkez ilçenin yerleşim alanlarının dağılışı Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen verilerden tespit edildikten sonra karayoluna olan mesafeler tablo 4-9’da belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Yerleşme	Sınıf	Alan
0-100	0	313,09
100-1000	1	21,7
1000-3000	2	41,45
3000-5000	3	119,81
5000-7000	4	323,51
7000-8245	5	872,444

Tablo 4-9. Ağrı merkez ilçenin yerleşim alanlarını belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4.9: incelendiğinde Ağrı merkez ilçenin de 100 – 1000 m. mesafede bulunan alanlar 5, 1000 – 3000 m. mesafede bulunan alanlar 4, 3000 – 5000 m. mesafede bulunan alanlar 3, 5000 – 7000 m. mesafede bulunan alanlar 2, 7000-8245 m. mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. 0 – 100 m. mesafede bulunan alanlar yerleşim yerlerinin kendisi olacağından 0 olarak sınıflandırılıp GES kurulumu için uygun olmayan alan olarak değerlendirilmiştir. GES kurulumu için yerleşim yerlerine mesafe olarak en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-10. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 872,444 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 323,51 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 119,81 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 41,45 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 21,7 km²’lik alan kapladığı alan belirlenmiştir.



Harita 4-10. Ağrı ili Merkez İlçe Yerleşme Haritası.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 21,7 km²'lik alanı yerleşme alanlarının dağılışına olan mesafe değerleri bakımından en az uygunken, 872,444 km²'lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-10.).

4.11. Ağrı merkez ilçenin arazi niteliklerini belirleme ve sınıflandırma

Ağrı merkez ilçenin arazi nitelikleri [CLC 2018 — Copernicus Land Monitoring Service](#) adresinde bulunan yüksek çözünürlüğe sahip veriler kullanılarak belirlenmiş ve tablo 4-10’ da belirlenen aralıklar kullanılarak sınıflandırılmıştır.

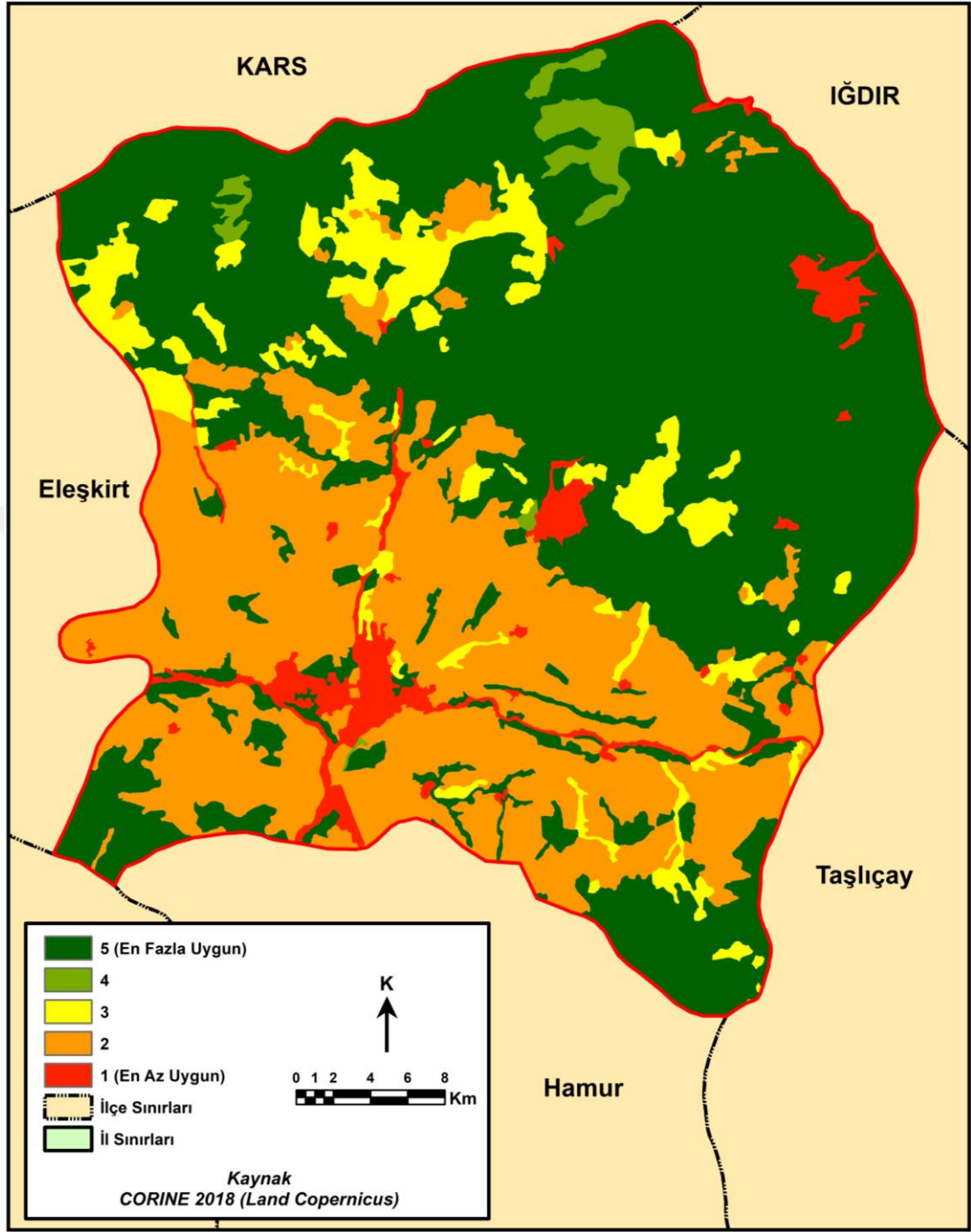
Arazi Nitelikleri	Sınıf	Alan
Yerleşim Alanları, Sanayi Alanları, Havaalanı, Maden Alanları, Sulak Alanlar (Akarsu, Göl Bataklık vs.)	1	66,806
Tarım Arazileri ve İnşaat Alanları	2	539,361
Doğal Bitki Örtülü Tarım Arazileri	3	130,474
Geçişli Orman Alanları	4	26,319
Seyrek Bitkili Araziler, Çıplak Kayalar, Doğal Otlak ve Çayır Alanları	5	929,069

Tablo 4-10. Ağrı merkez ilçenin arazi niteliklerini belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-10. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede Seyrek Bitkili Araziler, Çıplak Kayalar, Doğal Otlak ve Çayır Alanları 5, Geçişli Orman Alanları 4, Doğal Bitki Örtülü Tarım Arazileri 3, Tarım Arazileri ve İnşaat Alanları 2, Yerleşim Alanları, Sanayi Alanları, Havaalanı, Maden Alanları, Sulak Alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. GES kurulumu için arazi nitelikleri bakımından en fazla uygun olan alanlar 5, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak harita 4-11. oluşturulmuştur.

Sınıflandırma işlemi sonrasında her sınıfa ait kapladığı yüzölçümü hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde 5 numaralı sınıfın 929,069 km²’lik, 4 numaralı sınıfın 26,319 km²’lik, 3 numaralı sınıfın 130,474 km²’lik, 2 numaralı sınıfın 539,361 km²’lik ve 1 numaralı sınıfın 66,806 km²’lik alan kapladığı belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre Ağrı merkez ilçenin 66,806 km²’lik alanı arazi nitelikleri bakımından en az uygunken, 929,069 km²’lik alanı en fazla uygun alan olarak görülmektedir (Harita 4-11.).

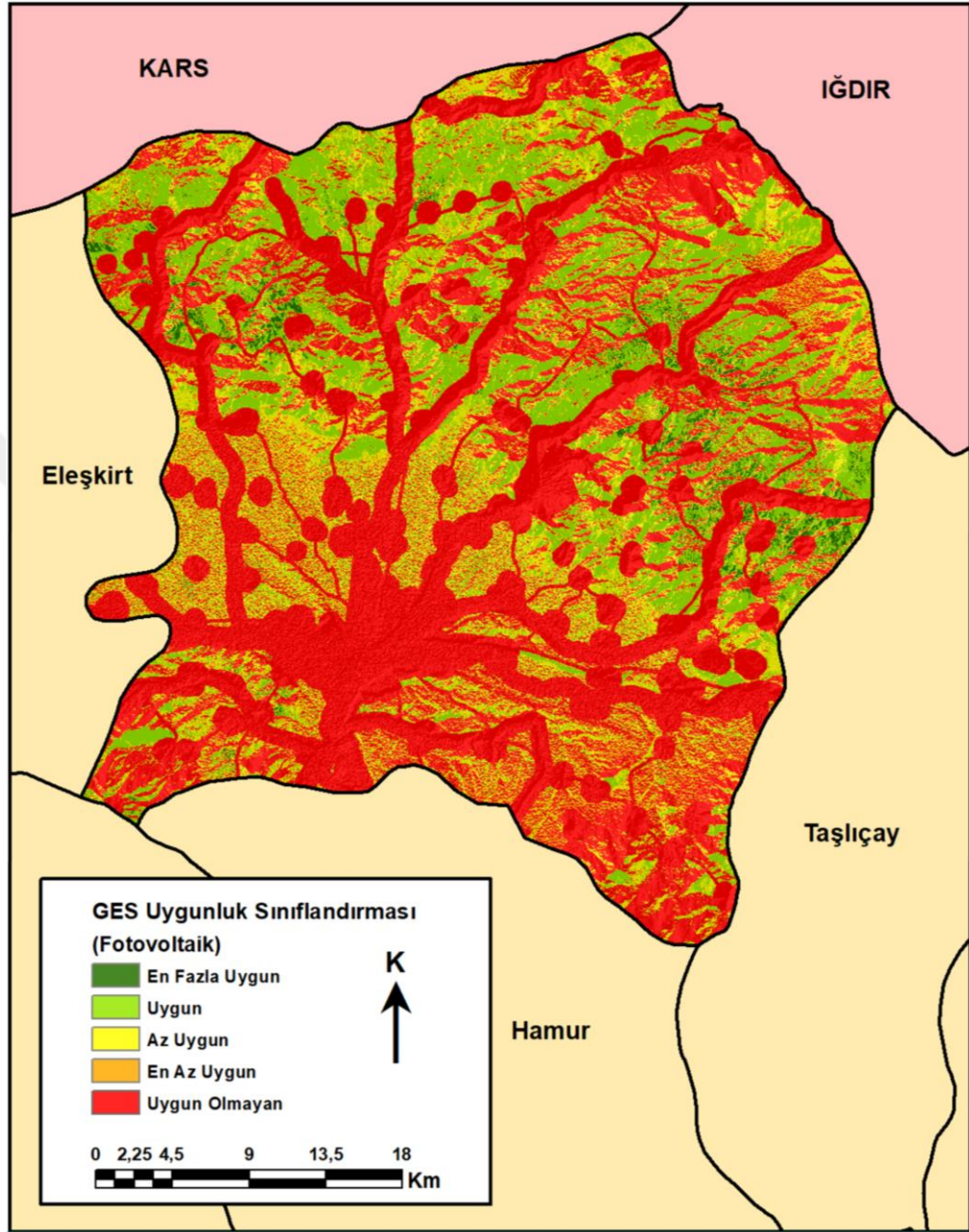


Harita 4-11. Ağrı ili Merkez İlçe Yerleşme Haritası.

4.12. Ağrı merkez ilçede güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanları ÇÖKA yöntemiyle belirleme

Araştırmada Ağrı merkez ilçede Fotovoltaik GES için uygun alanların belirlenebilmesi için gerekli olan verilere sınıflandırma işlemi yapıldıktan sonra

belirlenen kriter ağırlıkları dikkate alınarak ağırlıklandırılmış bindirme analizi yapılmış ve sonucu harita 4-12’de verilmiştir.



Harita 4-12. Ağrı ili Merkez İlçe Fotovoltaik GES Uygunluk Haritası.

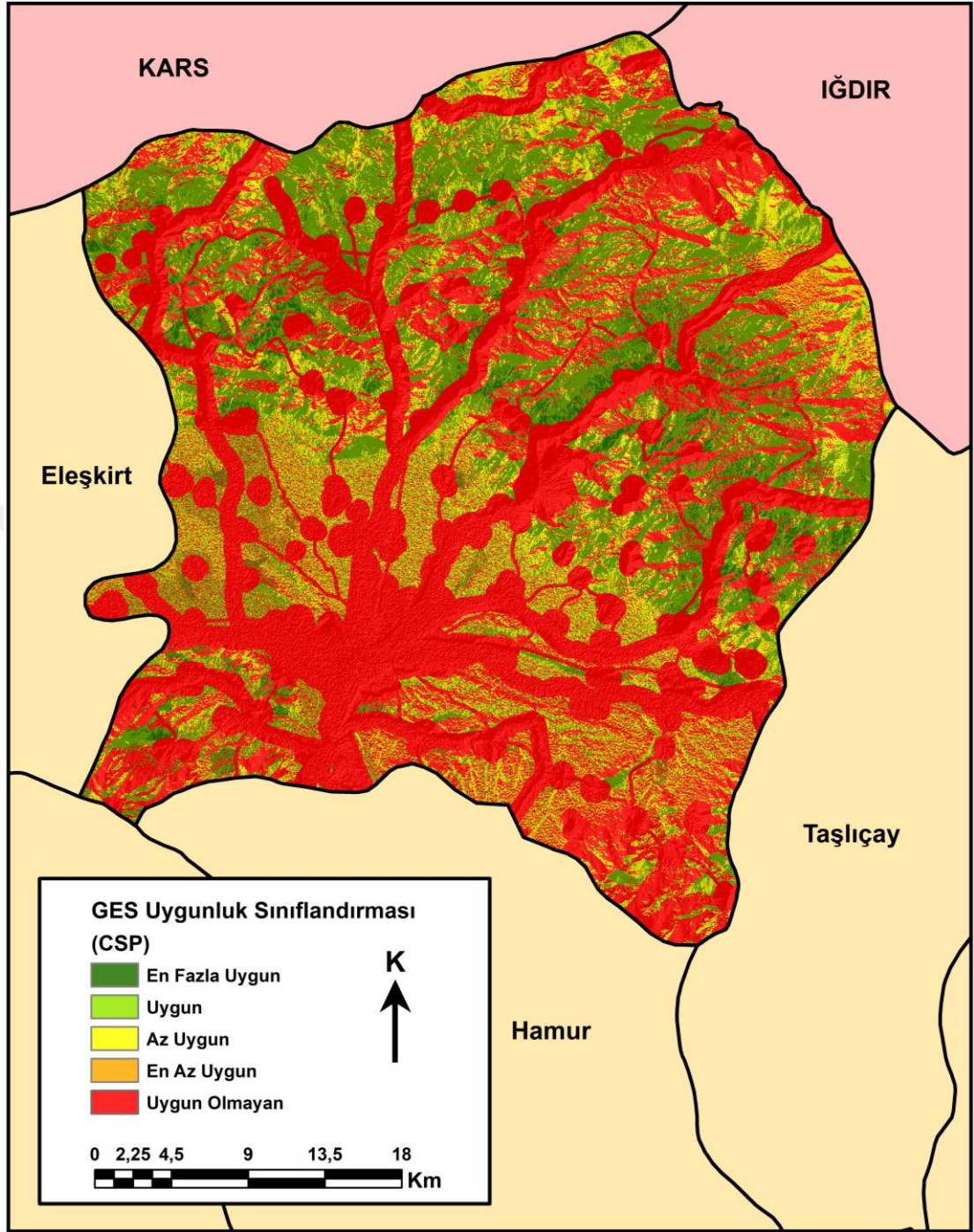
Harita 4-12. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede Fotovoltaik GES kurulumu için uygun alanların çoğunlukla şehir merkezinin kuzeyinde kalan bölgeler olduğu görülmektedir. Ağrı merkez ilçenin Fotovoltaik GES kurulumu için alanın uygunluğuna ilişkin alan hesaplaması yapılarak tablo 4-11’de verilmiştir.

Uygunluk	Alan
Uygun Olmayan	970,3
En Az Uygun	10,5
Az Uygun	284,1
Uygun	402,3
En Fazla Uygun	25

Tablo 4-11: Ağrı merkez ilçenin Fotovoltaik GES kurulumu için uygun alanların belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4-11: incelendiğinde Ağrı merkez ilçe alanın yarıdan fazlasının Fotovoltaik GES kurulumu için uygun olmadığı görülmektedir. En fazla uygun olarak belirlenen alan sadece 25 km²'dir. Ancak 402,3 km²'lik alan Fotovoltaik GES kurulumu için uygun bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde ise Ağrı ilçe merkezinin yaklaşık dörtte birinin Fotovoltaik GES kurulumu için uygun alan olduğunu söylemek mümkündür.

Araştırmada Ağrı merkez ilçede CSP GES için uygun alanların belirlenebilmesi için gerekli olan verilere sınıflandırma işlemi yapıldıktan sonra belirlenen kriter ağırlıkları dikkate alınarak ağırlıklandırılmış bindirme analizi yapılmış ve sonucu harita 4-13'te verilmiştir.



Harita 4-13. Ağrı ili Merkez İlçe CSP GES Kurulum Haritası.

Harita 4-13. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede CSP GES kurulumu için uygun alanların çoğunlukla şehir merkezinin kuzeyinde kalan bölgeler olduğu görülmektedir. Ağrı merkez ilçede CSP GES kurulumu için alanın uygunluğuna ilişkin alan hesaplaması yapılarak tablo 4-12’de verilmiştir.

Uygunluk	Alan
Uygun Olmayan	970,7
En Az Uygun	3,62
Az Uygun	246,1
Uygun	434,3
En Fazla Uygun	37,53

Tablo 4-12: Ağrı merkez ilçenin CSP GES kurulumu için uygun alanları belirlemek için kullanılan değer aralıkları.

Tablo 4.12 incelendiğinde Ağrı merkez ilçe alanın yarıdan fazlasının CSP GES kurulumu için uygun olmadığı görülmektedir. En fazla uygun olarak belirlenen alan sadece 37,53 km²'dir. Ancak 434,3 km²'lik alan CSP GES kurulumu için uygun bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde ise Ağrı ilçe merkezinin yaklaşık dörtte birinin CSP GES kurulumu için uygun alan olduğunu söylemek mümkündür.

4.13. Ağrı merkez ilçede var olan güneş enerji santrallerinin ÇÖKA sonuçlarına göre uygunluğunu değerlendirme

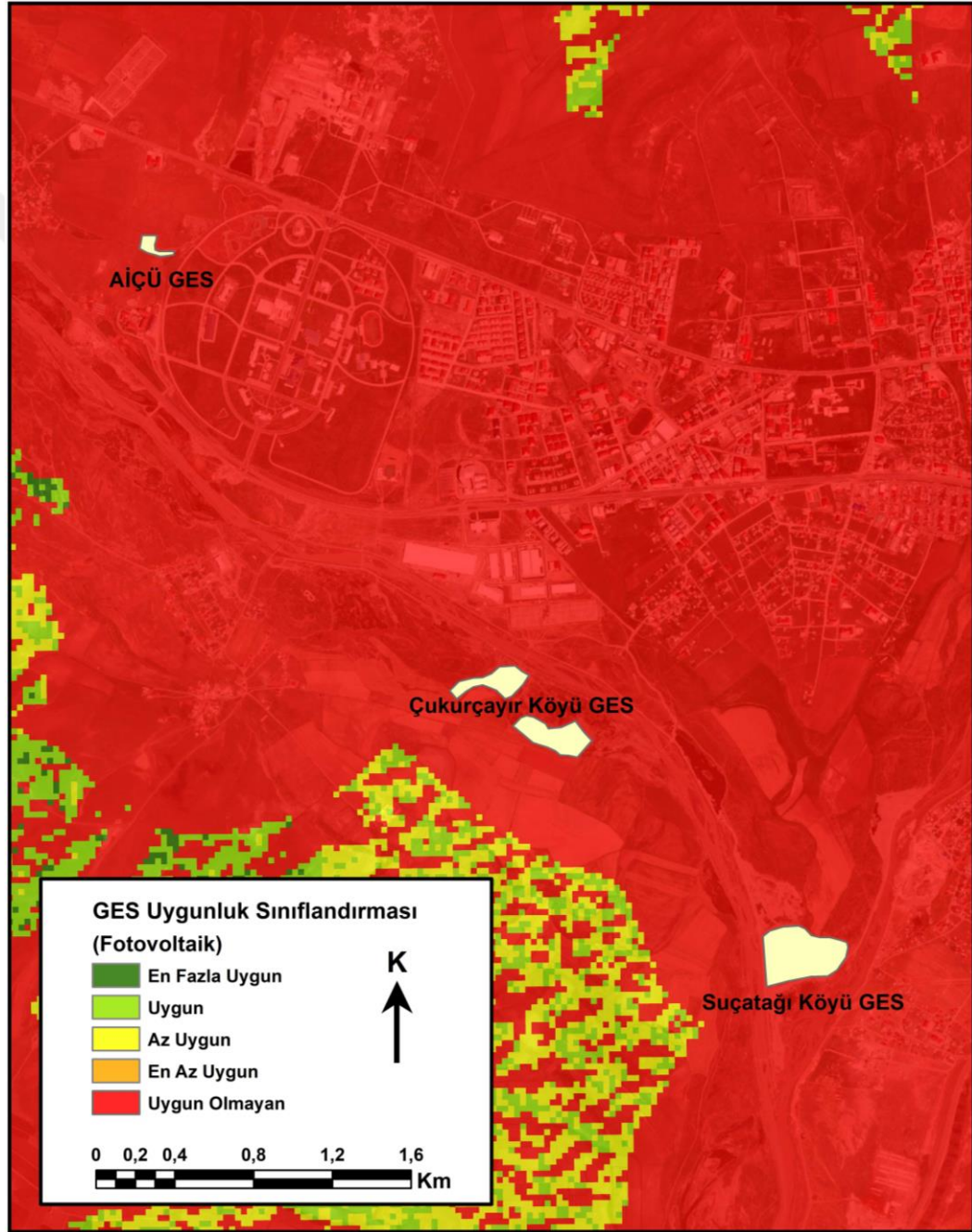
Ağrı merkez ilçede GES kurulabilecek alanları belirledikten sonra varolan GES'lerin yer seçimlerinin doğru olup olmadığı incelenmiştir. Ağrı merkez ilçede 2 ticari işletme 1 de Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi bünyesinde olmak üzere toplam 3 GES bulunmaktadır. Varolan GES'ler aynı bölgede bulunmakta olup GES'leri gösteren uydu görüntüsü harita 4-14' te verilmiştir.



Harita 4-14. Ağrı Merkez İlçede yer alan Çukurçayır GES ve Suçatağı GES’lerinin Uydu Görüntüleri.

Harita 4-14. incelendiğinde Çukurçayır GES’in Murat Nehrinin hemen yanında yer aldığı, Suçatağı GES’in ise Murat Nehri ve Şeryan Çayı’nın birleştiği noktada yer aldığı görülmektedir. GES uygunluğu için kullanılan diğer kriterlerin

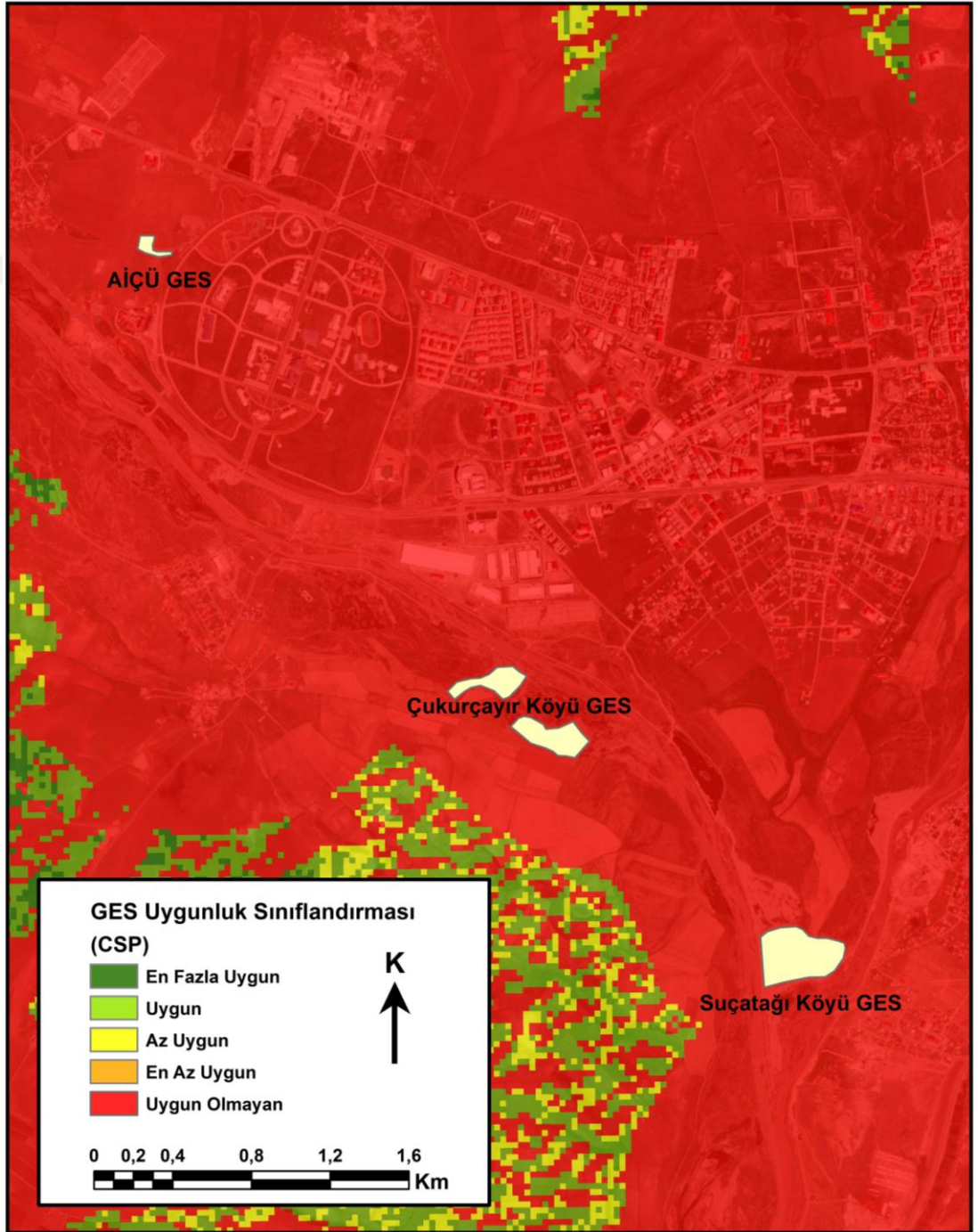
tamamı gözardı edilse bile bu iki ticari işletmeninde taşkın riski karşı karşıya olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca Murat nehri çevresinin özellikle kış aylarında şehrin en yoğun sisli bölgesi olduğu da düşünüldüğünde ticari işletmelerden alınabilecek verimin oldukça düşeceğini söyleyebiliriz. Ağrı merkez ilçede yer alan GES'lerin Fotovoltaik GES uygunluk ÇÖKA analizi sonucu üzerinde harita 4-15'te gösterilmiştir.



Harita 4-15. Ağrı İl Merkezinde kurulan GES'lerin Fotovoltaik GES için uygunluk Haritası.

Harita 4-15. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede kurulan GES'lerin tamamının Fotovoltaik GES için uygun olmayan alanlara kurulduğu görülmektedir.

Ağrı merkez ilçede yer alan GES'lerin CSP GES uygunluk ÇÖKA analizi sonucu üzerinde harita 4-16'da gösterilmiştir.



Harita 4-16. Ağrı İl Merkezinde kurulan GES'lerin CSP GES için uygunluk Haritası.

Harita 4-16. incelendiğinde Ağrı merkez ilçede kurulan GES'lerin tamamının CSP GES için uygun olmayan alanlara kurulduğu görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde Ağrı merkez ilçede daha verimli GES için uygun alanlar bulunmaktayken mevcut GES'lerin kurulumu için uygun olmayan alanların tercih edildiği görülmüştür. Bu durum GES'ler alınabilecek verimliliğin düşük olmasına neden olacaktır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar:

Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla ilgili şunları söyleyebiliriz:

Ağrı ilinde bir güneş enerji santrali kurma fikri hem coğrafi, hem de enerji potansiyeli açısından oldukça elverişli görünmektedir.

Coğrafi Konum ve Güneş Enerjisi Potansiyeli: Ağrı ili, coğrafi konumu ve güneşlenme süresi bakımından Türkiye'nin diğer birçok ilinden daha avantajlıdır. Yıllık 1750 kWh/m² civarı güneş ışıınım değeri, güneş enerjisi santralleri için yüksek verimli bir potansiyel sunmaktadır.

Güneşlenme Süreleri ve Mevsimsel Faktörler: Ağrı'da yaz aylarında güneşlenme süresi 10 saatten fazla iken, kış aylarında bu süre 4-5 saate düşmektedir. Bu değışkenlik, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğı ve enerji üretimi açısından önemli olup, yatırımların ve planlamaların bu değışkenlere göre yapılandırılması gerektiğini göstermektedir.

İlçe Bazında Farklılıklar: İlçe bazında yapılan değerdendirmelerde, en yüksek güneşlenme potansiyeline sahip ilçe Patnos iken, en düşük potansiyel Doğubeyazıt ilçesinde görölmektedir. Bu durum, yatırım planlamalarında ve yer seçiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Mevcut Santraller ve Yer Seçimi: Ağrı ilindeki mevcut güneş enerji santrallerinin (GES) kurulum alanlarının taşkın bölgelerinde olması ve yoğun sis alanlarında yer alması, maddi kayıplara ve verimlilikte önemli düşüşlere neden olabilir. Bu nedenle, yeni GES'lerin kurulumu için yapılacak yer seçiminde bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Yerel Kullanım ve Potansiyel: Ağrı ilinde güneş enerjisi kullanımı çoğunlukla çatı sistemleri ile su ısıtmada gerçekleştirilmektedir. Ancak, bölgedeki yüksek güneş ışıınım değeri, daha geniş kapsamlı enerji üretimi için büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu, hem kamu hem de özel sektör yatırımcıları için önemli bir fırsat olabilir.

Ağrı merkez ilçe için sunulan güneş enerjisi santrali (GES) kurulumu verilerine dayanarak, birtakım önemli sonuçlara ulaşabiliriz.

Fotovoltaik enerji potansiyeline ilişkin güneş radyasyonu değerleri: Ağrı il merkezinin 54,848 m²'lik alanı, güneş radyasyonu değerleri açısından fotovoltaik enerji potansiyeli en düşük alan olarak belirlenmiştir. Bu, bu alandaki güneş enerjisi santrali kurulumunun nispeten daha az verimli olabileceğini göstermektedir. Diğer yandan, 40,517 m²'lik alan, güneş radyasyonu değerleri bakımından en yüksek potansiyele sahip olarak görülmüştür. Bu, bu alandaki güneş enerjisi santrali kurulumunun daha verimli olabileceğini göstermektedir. Genel olarak, Ağrı il merkezinin kuzeybatı ve kuzeydoğu bölgeleri, güneş radyasyon değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bölgeler, güneş enerjisi santrali kurulumu için en uygun bölgeler olarak değerlendirilebilir. Güney bölgelerinde ise güneş radyasyon değerleri daha düşük bulunmuştur. Ancak bu bölgeler, gelişmiş teknolojiler veya hibrit enerji sistemleri kullanılarak yine de değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, Ağrı merkez ilçedeki güneş enerjisi santrali kurulumu için en uygun bölgeler, yüksek güneş radyasyon değerlerine sahip olan kuzeybatı ve kuzeydoğu bölgeleri olmalıdır. Ancak, düşük radyasyon değerlerine sahip olan diğer bölgeler, uygun teknolojik çözümlerle enerji üretimi için değerlendirilebilir.

Ağrı merkez ilçenin Doğrudan normal ışıınım güneş radyasyon değerleri: Ağrı il merkezindeki CSP güneş enerji sistemleri için dikkate alınan güneş radyasyonu değerlerinin 1205,7 ile 1906,2 kWh/m² arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu, CSP sistemlerinin kurulumu ve işletilmesi için geniş bir potansiyel sunduğunu gösterir. Ağrı il merkezinin 5,519 m²'lik alanı, doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerleri bakımından en düşük uygunluk seviyesine sahip olarak belirlenmiştir. Bu, bu alanda CSP sistemlerinin kurulumunun belki de ek maliyetler veya teknolojik adaptasyonlar gerektireceğini gösterir. Öte yandan, 36,649 m²'lik alanın, doğrudan normal ışıınım güneş radyasyonu değerleri bakımından en uygun alan olduğu görülmüştür. Bu da, bu bölgede CSP sisteminin kurulumunun daha verimli ve etkili olabileceğini gösterir. Genel olarak, Ağrı il merkezinin CSP güneş enerji sistemleri için geniş bir potansiyeli olduğu, ancak kurulumun alanın spesifik özelliklerine ve güneş radyasyonu değerlerine bağlı olarak değişebileceği sonucuna varılabilir.

Sonuç olarak, en uygun güneş radyasyonu değerlerine sahip olan 36,649 m²'lik alanın, CSP sistemlerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Diğer yandan, daha düşük radyasyon değerlerine sahip olan 5,519 m²'lik alanın da uygun teknolojik çözümlerle değerlendirilmesi düşünülebilir.

Ağrı merkez ilçenin eğim dereceleri: Yapılan hesaplamalara göre, Ağrı il merkezindeki 200,54 m²'lik alanın eğim değerleri bakımından en az uygun olduğu belirlenmiştir. Bu, bu alanda güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için potansiyel zorlukları ifade edebilir. Öte yandan, 172,45 m²'lik bir alanın eğim değerleri bakımından en fazla uygun olduğu görülmüştür. Bu, bu bölgede güneş enerjisi santrali kurulumunun daha kolay ve etkili olabileceğini gösterir. Eğim değerleri, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunda önemli bir faktördür. Panelin eğimi, güneş ışınlarının paneller üzerindeki etkisini belirler. Optimal eğim, maksimum güneş ışığı alımını sağlar. Eğim değerleri, aynı zamanda santralin yapım maliyetini ve işletme verimliliğini de etkiler. Daha düşük eğimli alanlar genellikle kurulum için daha az maliyetlidir ve sistemlerin bakımı daha kolaydır. Bu nedenle, en uygun eğim değerlerine sahip olan 172,45 m²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Diğer yandan, daha düşük eğim değerlerine sahip olan 200,54 m²'lik alanın da özel teknolojik çözümler veya tasarım stratejileri ile değerlendirilmesi düşünülebilir.

Ağrı merkez ilçenin Bakı dereceleri: Yapılan hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezindeki 291,3 m²'lik alanın bakı değerleri bakımından en az uygun olduğu belirlenmiştir. Bu, bu alanda güneş enerjisi panellerinin etkin bir şekilde güneş ışığı toplamasının daha zor olabileceğini gösterir. Diğer taraftan, 380,57 m²'lik bir alanın bakı değerleri bakımından en fazla uygun olduğu görülmüştür. Bu, güneş enerjisi santrali kurulumu için bu bölgenin daha uygun olabileceğini gösterir. Bakı değerleri, güneş enerjisi panellerinin güneş ışığından en iyi şekilde yararlanabilmesi için önemlidir. Panellerin Güneş'e olan açısı, ışınların panellere olan etkisini belirler ve bu nedenle enerji üretimini doğrudan etkiler. Bakı değerleri ayrıca panellerin montaj ve bakım maliyetlerini de etkileyebilir. Daha uygun bakı değerlerine sahip alanlar, genellikle panellerin montaj ve bakımının daha kolay olduğu yerlerdir. Bu verilere dayanarak, en uygun bakı değerlerine sahip olan 380,57 m²'lik alanın, güneş enerjisi

santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Diğer yandan, daha düşük bakı değerlerine sahip olan 291,3 m²'lik alanın da özel teknolojik çözümler veya tasarım stratejileri ile değerlendirilmesi düşünülebilir.

Ağrı merkez ilçenin enerji nakil hatlarının dağılışı: Yapılan hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezindeki 6,784 km²'lik alanın enerji nakil hatlarına olan mesafe değerleri bakımından en az uygun olduğu belirlenmiştir. Bu, güneş enerjisi santrali kurma maliyetlerinin bu alanda yüksek olabileceği anlamına gelir, çünkü enerji nakil hatlarına olan bu uzaklık, enerji iletim maliyetlerini artırabilir. Diğer yandan, 804,994 km²'lik alan enerji nakil hatlarına olan mesafe değerleri bakımından en uygun bölge olarak belirlenmiştir. Bu, enerji iletim maliyetlerinin bu bölgede daha düşük olabileceğini gösterir, çünkü santral ve enerji nakil hatları arasındaki mesafe daha kısa olacaktır. Enerji nakil hatlarına olan mesafe, güneş enerjisi santrali kurma maliyetlerini ve verimliliğini büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle, bu faktörün projenin başlangıcında dikkate alınması önemlidir. Bu sonuçlar, planlama aşamasında, enerji nakil hatlarına olan mesafeyi dikkate alarak en uygun yerlerin belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu, hem enerji iletim maliyetlerini düşürür hem de enerji kayıplarını en aza indirir. Bu verilere dayanarak, enerji nakil hatlarına en yakın olan 804,994 km²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Diğer yandan, enerji nakil hatlarına daha uzak olan 6,784 km²'lik alanın da özel çözümlerle veya belki de küçük ölçekli, yerel enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir.

Ağrı merkez ilçenin trafo merkezlerinin dağılışı: Yapılan hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezindeki 7,59 km²'lik alanın trafo merkezlerine olan mesafe değerleri bakımından en az uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu, güneş enerjisi santrali kurma maliyetlerinin bu alanda yüksek olabileceğini göstermektedir, çünkü trafo merkezlerine olan bu uzaklık, enerji dağıtım maliyetlerini ve zamanını artırabilir. Diğer yandan, 578,307 km²'lik alan trafo merkezlerine olan mesafe değerleri bakımından en uygun bölge olarak belirlenmiştir. Bu, enerji dağıtım maliyetlerinin ve zamanının bu bölgede daha düşük olabileceğini gösterir, çünkü santral ve trafo merkezleri arasındaki mesafe daha kısa olacaktır. Trafo merkezlerine olan mesafe, güneş enerjisi santrali kurma maliyetlerini ve verimliliğini büyük ölçüde etkiler. Bu

nedenle, bu faktörün projenin başlangıcında dikkate alınması önemlidir. Bu sonuçlar, planlama aşamasında, trafo merkezlerine olan mesafeyi dikkate alarak en uygun yerlerin belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu, hem enerji dağıtım maliyetlerini düşürür hem de enerji kayıplarını en aza indirir. Bu verilere dayanarak, trafo merkezlerine en yakın olan 578,307 km²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Diğer yandan, trafo merkezlerine daha uzak olan 7,59 km²'lik alanın da özel çözümlerle veya belki de küçük ölçekli, yerel enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir.

Ağrı merkez ilçedeki akarsuların dağılışı: Yapılan hesaplamalar göstermektedir ki, Ağrı il merkezinin 13,14 km²'lik alanı akarsuların dağılışına olan mesafe değerleri bakımından en az uygun alan olarak görülmektedir. Bu durum, bu alandaki potansiyel güneş enerjisi projelerinin, akarsu kaynaklarına erişim konusunda zorluklar yaşayabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan, 868,12 km²'lik alan akarsuların dağılışına olan mesafe değerleri bakımından en uygun bölge olarak belirlenmiştir. Bu, bu alanın potansiyel güneş enerjisi projeleri için su kaynaklarına daha kolay erişim sağlayabileceğini gösterir. Akarsuların dağılımına olan mesafe, güneş enerjisi santrallerinin operasyonel ve bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Su kaynaklarına yakın olan alanlar, soğutma işlemleri ve ekipman temizliği gibi işlemler için gerekli suya daha kolay erişim sağlar. Bu sonuçlar, güneş enerjisi santrali planlamasında su kaynaklarına olan mesafenin önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Bu verilere dayanarak, akarsulara daha yakın olan 868,12 km²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Ancak, akarsulara daha uzak olan 13,14 km²'lik alan, su kaynaklarına erişim için alternatif çözümler bulunabilirse, yine de güneş enerjisi projeleri için uygun olabilir.

Ağrı merkez ilçedeki karayollarının dağılışı: Hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezinin 3,83 km²'lik bir alanı karayollarına olan mesafe değerleri bakımından en az uygun olarak tespit edilmiştir. Bu, bu belirli alanda güneş enerjisi santrali kurulumu ve işletilmesi sırasında lojistik ve taşımacılıkla ilgili zorluklar yaşanabileceğini göstermektedir. Öte yandan, Ağrı il merkezinin 654,691 km²'lik bir alanı karayollarına olan mesafe değerleri bakımından en uygun olarak belirlenmiştir.

Bu alanın, malzeme ve ekipman taşımacılığı ve santral çalışanlarının ulaşımı için daha elverişli olduğu düşünülebilir. Karayollarına olan mesafe, güneş enerjisi santrallerinin inşa ve bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Karayollarına yakın olan alanlar, malzemelerin ve ekipmanın taşınması açısından daha düşük lojistik maliyetlerine sahip olabilir. Bu verilere dayanarak, karayollarına yakın olan 654,691 km²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Ancak, karayollarına daha uzak olan 3,83 km²'lik alan, uygun lojistik ve taşımacılık planlaması ile yine de güneş enerjisi projeleri için uygun olabilir. Bu durum, projenin toplam maliyeti ve verimliliği üzerinde etkili olabilir.

Ağrı merkez ilçedeki yerleşim alanları: Hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezinin 21,7 km²'lik alanı yerleşme alanlarına olan mesafe değerleri bakımından en az uygun olarak belirlenmiştir. Bu, bu belirli alanda güneş enerjisi santrali kurulumunun, yerleşim yerlerine uzaklık nedeniyle altyapı, iş gücü erişimi ve bakım çalışmaları gibi faktörler açısından zorluklar doğurabileceğini göstermektedir. Öte yandan, Ağrı il merkezinin 872,444 km²'lik alanı yerleşim alanlarına olan mesafe değerleri bakımından en uygun olarak belirlenmiştir. Bu, bu belirli alanda güneş enerjisi santrali kurulumunun, yerleşim alanlarına yakınlığı sayesinde iş gücüne erişim, altyapı ve bakım gibi faktörler açısından daha uygun olabileceğini göstermektedir. Öte yandan, Ağrı il merkezinin 872,444 km²'lik alanı yerleşim alanlarına olan mesafe değerleri bakımından en uygun olarak belirlenmiştir. Bu, bu belirli alanda güneş enerjisi santrali kurulumunun, yerleşim alanlarına yakınlığı sayesinde iş gücüne erişim, altyapı ve bakım gibi faktörler açısından daha uygun olabileceğini göstermektedir. Bu verilere dayanarak, yerleşim alanlarına yakın olan 872,444 km²'lik alanın, güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi önerilebilir. Ancak, yerleşim alanlarına daha uzak olan 21,7 km²'lik alan, uygun altyapı ve taşımacılık planlaması ile yine de güneş enerjisi projeleri için uygun olabilir. Bu durum, projenin toplam maliyeti ve verimliliği üzerinde etkili olabilir.

Ağrı merkez ilçedeki arazi nitelikleri: Hesaplamalar sonucunda, Ağrı il merkezinin 66,806 km²'lik alanı arazi nitelikleri bakımından en az uygun olarak

belirlenmiştir. Bu alan, güneş enerjisi santrali kurulumu için uygun olmayan arazi koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, eğimli, kayalık veya verimsiz topraklara sahip olabilir. Öte yandan, Ağrı il merkezinin 929,069 km²'lik alanı arazi nitelikleri bakımından en uygun olarak belirlenmiştir. Bu alan, güneş enerjisi santrali kurulumu için uygun arazi koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Düz, verimli ve uygun toprak yapısına sahip olabilir. Arazi nitelikleri, güneş enerjisi santrallerinin kurulum maliyetleri, verimliliği ve bakımı üzerinde etkili olabilir. Düz ve verimli araziler, panel yerleşimi ve güneş ışığının optimum şekilde kullanılması açısından avantaj sağlayabilir. Bu verilere dayanarak, 929,069 km²'lik alanın güneş enerjisi santrali kurulumu için öncelikli olarak düşünülmesi ve detaylı bir arazi incelemesi yapılması önerilebilir. Bununla birlikte, 66,806 km²'lik alanın da güneş enerjisi potansiyeli için tamamen elverişsiz olmadığı unutulmamalıdır. Bazı uyarılama önlemleri alınarak, bu alanlarda da güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve işletimi mümkün olabilir. Ancak, bu durumda daha fazla maliyet ve teknik zorluklarla karşılaşılabilir. Genel olarak, arazi niteliklerinin değerlendirilmesi, güneş enerjisi santrali kurulumu için en uygun alanların belirlenmesinde önemli bir faktördür. Detaylı arazi incelemeleri, projelerin başarılı bir şekilde planlanması ve uygulanması için gereklidir.

Ağrı merkez ilçede güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanları ÇÖKA yöntemiyle belirleme: Ağrı il merkezinde Fotovoltaik GES (Güneş Enerji Santrali) kurulumu için uygun alanlar genellikle şehir merkezinin kuzeyinde yer almaktadır. Ağrı il merkezinin yarısından fazlası, Fotovoltaik GES kurulumu için uygun olmayan alanları kapsar. En fazla uygun alan olarak belirlenen bölgenin büyüklüğü sadece 25 km²'dir. Buna rağmen, toplamda 402,3 km²'lik bir alanın Fotovoltaik GES kurulumu için uygun olduğu tespit edilmiştir. Genel bir değerlendirmeye dayanarak, Ağrı il merkezinin yaklaşık dörtte birinin Fotovoltaik GES kurulumu için uygun alanları içerdiği söylenebilir.

Ağrı merkez ilçede Konsantre Güneş Enerjisi Santrali (CSP GES) kurulumu için en uygun alanların çoğunluğu şehir merkezinin kuzeyinde yer alıyor. Bu, güneş ışığının bu bölgelere daha direkt geldiği, dolayısıyla enerji toplama kapasitesinin daha yüksek olduğu anlamına gelebilir. Ağrı merkez ilçenin yarısından fazlasının CSP

GES kurulumu için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, belirli bir yükseklik, eğim, arazi kullanımı ve diğer fiziksel ve yapısal koşulları karşılayamayan alanların varlığından kaynaklanabilir. En fazla uygun olarak belirlenen alanın yalnızca 37,53 km² olduğu görülmektedir. Bu, optimum koşulları karşılayan ve güneş enerjisi potansiyeli maksimum olan alanların sınırlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın, 434,3 km²'lik bir alanın genel olarak CSP GES kurulumu için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu alanın büyüklüğü, önemli bir güneş enerjisi kapasitesine işaret edebilir. Genel değerlendirme sonucunda, Ağrı il merkezinin yaklaşık dörtte birinin CSP GES kurulumu için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu, ilerideki planlamalar ve enerji politikaları açısından önemli bir bulgudur.

Sonuç olarak, Ağrı merkez ilçe, güneş enerjisi santralleri için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ancak, bu potansiyelin en iyi şekilde kullanılabilmesi için, GES kurulum alanlarının dikkatlice seçilmesi ve tüm relevant faktörlerin (radyasyon değerleri, eğim, bakı, enerji nakil hatlarına ve trafo merkezlerine olan mesafeler, akarsuların dağılışına olan mesafeler, karayollarına olan mesafeler, yerleşim alanlarının dağılışına olan mesafeler ve arazi nitelikleri) dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışmayı, bu alanda yapılmış diğer çalışmalar ile karşılaştırdığımızda benzer yönler bulunmakla birlikte farklı yönleri de bulunmaktadır. Çalışma, bu alanda yapılan birçok çalışmada olduğu gibi güneş enerjisinin önemi, solar teknolojilerinin tarihsel gelişimi, dünyada ve ülkemizde enerji potansiyeli ve kullanım durumları ve bu alanda yapılan çalışmaların mevzuat açısından teşvik ve kısıtlayıcı yönden değerlendirilmesi gibi başlıklarda benzerlik taşımaktadır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran durumlara baktığımızda incelenen birçok çalışmada hali hazırda kurulu olan santrallere pek değinilmediği daha çok kurulacak santraller üzerinde durulduğu fark edilmiştir. Bu çalışmada Ağrı merkez ilçede kurulu olan santrallere de değinilmiş, kurulum alanları değerlendirilmiş ve bu şartların enerji üretimleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmayı, diğer çalışmalardan ayıran bir diğer husus; ÇÖKA yönteminin kullanıldığı çalışmalarda ağırlıklandırma işleminin genellikle araştırmacı tarafından yapıldığı görülmüştür. Bu durum araştırmanın güvenilirliğini düşürmekle birlikte bilimsel dayanağını da zayıflatmaktadır. Bu sebeple

araştırmayı daha güvenilir kılma ve araştırmaya bilimsel bir perspektif kazandırmak için AHP ile kriterleri ağırlıklandırır iken uzman görüşlerine başvurulmuştur.

Saydığımız bu maddeler ile çalışmanın diğer çalışmalara benzer ve farklı yönleri sıralanmıştır.

5.2. Öneriler:

Ağrı ilinde güneş enerjisi santrali kurulumu için öneriler aşağıda detaylandırılmıştır:

Yer Seçimi ve Topoğrafya: Yukarıda belirtildiği gibi, Ağrı ilinde güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Ancak, coğrafi konum, iklim ve topoğrafya gibi faktörler enerji üretimi üzerinde etkili olacaktır. Bu nedenle, güneş enerjisi santrali kurulumunda bu faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Özellikle, güneş enerjisi panelleri için uygun eğim ve yönlendirmenin sağlandığı, sis oluşumunun ve taşkın riskinin düşük olduğu bölgeler tercih edilmelidir. Ayrıca, enerji nakil hatlarına ve trafo merkezlerine olan mesafeler de düşünülmelidir.

Sezonsal Değişikliklere Uygun Teknoloji Seçimi: Ağrı'da kış aylarında güneşlenme süreleri azalmaktadır. Bu durum, güneş enerjisi santrallerinin verimliliğini etkileyebilir. Bu nedenle, santrallerin bu değişkenlere göre planlanması ve uygun teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Örneğin, çift eksenli takip sistemleri, güneşin pozisyonuna göre panelin konumunu ayarlayarak enerji verimliliğini artırabilir.

Fizibilite Çalışmaları ve Planlama: Yatırımların ve planlamaların etkili olabilmesi için, proje öncesi kapsamlı bir fizibilite çalışması yapılması gerekmektedir. Bu çalışma, yer seçiminden teknoloji seçimine, enerji üretim kapasitesinden çevresel etkilerin azaltılmasına kadar bir dizi faktörü içermelidir.

Kamu ve Özel Sektör İşbirliği: Güneş enerjisi yatırımlarının başarılı olabilmesi için kamu ve özel sektörün işbirliği yapması önemlidir. Kamu sektörü, düzenleyici ve teşvik edici rolü ile özel sektör yatırımlarını destekleyebilir. Özel sektör ise, teknoloji ve finansman konularında deneyimi ve yetenekleri ile projelere değer katabilir.

Toplum Katılımı ve Farkındalık: Ağrı halkının güneş enerjisi yatırımlarına katılımı ve farkındalığının artırılması da önemlidir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji konularında eğitimler düzenlenebilir, halka açık güneş enerjisi tesisleri kurulabilir. Bu, hem enerji tüketiminin düşürülmesine yardımcı olabilir, hem de yerel halkın bu tür projelere karşı tutumunu olumlu yönde etkileyebilir.

Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi: Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu, çevreye ve yerel topluluklara potansiyel etkileri olabilir. Bu nedenle, proje başlamadan önce bir Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi (ÇSED) yapılmalıdır. Bu değerlendirme, proje planlaması ve uygulaması sırasında olumsuz etkileri en aza indirmek için stratejiler geliştirmeye yardımcı olabilir.

Güneş Paneli Atığı Yönetimi: Güneş panellerinin ömrü sona erdiğinde, bu panellerin düzgün bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, güneş enerjisi santrali kurulumu planlanırken, panel atığı yönetimi için bir planın da hazırlanması önemlidir.

İş Sağlığı ve Güvenliği: Güneş enerjisi santrali kurulumu ve işletilmesi sırasında, işçi sağlığı ve güvenliği önemli bir husustur. İşçi sağlığı ve güvenliği konularında uygun standartlar ve uygulamalar benimsenmelidir.

Finansman ve Ekonomik Faktörler: Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu ve işletilmesi, önemli bir mali yatırım gerektirir. Bu yüzden, projenin finansmanı ve ekonomik sürdürülebilirliği dikkatlice planlanmalıdır. Bu, hükümet teşviklerini, özel sektör yatırımlarını ve potansiyel gelir kaynaklarını içerebilir.

Sonuç olarak, Ağrı ilinde güneş enerjisi santrali kurulumu için birçok faktör dikkate alınmalıdır. Bu faktörler, projenin başarısı ve sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Acar, B. ve Sönmez, İ. , 2020 Güneş Enerji Santralleri Kurulum Aşamasında Alınacak Olan İş Sağlığı Ve Güvenliği Önlemleri. Doğu Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), 95-108.
- Akbana, A. ve Yurtcan M., 2021. Bingöl Üniversitesi Öğrencilerinin Atık Yönetimi – Geri Dönüşüm ve Çevre Konusundaki Bilinç ve Uygulama Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. Türk Doğa Ve Fen Dergisi, 10(2), 132-140.
- Akdağa, M. ve Gözen, M. 2020. Güneş Enerjisi Santralleri ve Türkiye'deki Durum. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Dergisi, 10(2), 23-32.
- Akdağa, V. ve Gözen, M., 2020. Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18 (Armağan Sayısı), 139-156.
- Akdoğan, B. ve Kovancılar B., 2022. Avrupa Birliği ve Türkiye’de Çevre Dostu Yenilenebilir Enerji Politikalarının Teşvik Türleri Açısından Değerlendirilmesi. Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, 29(1), 69-91.
- Akşit, I. 2004. Ağrı Dağı ve çevresi. İstanbul: Akşit Kültür ve Turizm Yayıncılık.
- Akusta E. ve Cergiboza R., 2020. Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Çevre İlişkisi: Türkiye Örneği. Öneri Dergisi.
- Al Garni, H. & Awasthi, A. 2017. Solar power potential of Saudi Arabia: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78, 868-878.
- Alkan, M., Karsıdag, S. ve Murat, S. 2012. An Investigation on Cadastre and Property Tax Management in Turkey: A Case Study in Istanbul. FIG Working Week.
- Alpdemir, A. E. ve Çabuk, A. 2005. Eskişehir Kenti Suç Kaynaklarının Bilgi Sistemleri Destekli Tespiti Ve Planlamaya Esas Teşkil Eden Verilerle İlişkilendirilmesi. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu. İstanbul.

- Alsema, E. A., Wild-Scholten, M. J. & Fthenakis, V. M. 2006. Environmental impacts of PV electricity generation - a critical comparison of energy supply options. ECN-RX--06-016, 25pp.
- Altay Topcu B., 2022. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Enerji İthalatının Cari Açık Üzerindeki Etkisi: Enerji İthalatında Lider Ülkeler Örneği. Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi (AKAD).
- Altınöz M. ve Mıhlayanlar E., 2019. Aktif Güneş Sistemlerinin Bina Enerji Verimliliği Üzerindeki Katkısının İncelemesi. Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Ve Yaşam Dergisi, 323–335.
- Arsan, M. 2022. Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı. Enerji Araştırmaları Dergisi, 3(1), 56-78.
- Arslan Z. F., 2022. Yenilenebilir Enerjinin Türkiye Ekonomisine ve İşletmelerde Üretim Stratejilerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Aslan E., Aydın H. ve Taşkın S. , 2021. The role of international collaboration and technology transfer in the development of renewable energy: The case of Turkey. Energy Policy, 149.
- Ataman A. R., 2007. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ateş, A. ve Topal, M. 2021. Selection of suitable sites for the installation of Concentrated Solar Power (CSP) systems. Renewable Energy Research and Applications, 5(3), 150-165.
- Avila, R., Pierotti, M. and Mills, D. 2012. Potential glare interference with air traffic at the Ivanpah Solar Electric Generating System. Proceedings of the Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) Workshop.
- Aydın H., Çelik O. ve Şahin D., 2011. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Geçmişi ve Bugünkü Durumu. Mühendis ve Makine, 52(619), 54-61.

- Aydın R. A., Baykal A., Terciyanlı A. ve Çam E., 2020. Şebeke Seviyesinde Enerji Depolama Uygulamaları için Uygun Teknoloji Seçimi Metodolojisi Önerilmesi. Uluslararası Mühendislik Arastırma Ve Gelistirme Dergisi. 145.
- Aydın, H. 2009. Güneş enerjisi santralleri: Dünya'da ve Türkiye'de durum, potansiyel ve geleceği. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, 30(1), 61-75.
- Bahçeci S. ve Daldaban F., 2017. Dağıtım Şebekelerinde Güneş Panelleri ve Enerji Depolama Sistemi Uygulaması. El-Cezeri Fen Ve Mühendislik Dergisi, 4(3), 308–313.
- Başay V., Akyüz C. ve Yılmaz G., 2019. Uludağ Çevresinde Ormanlık ve Orta Yükseklikte Dağlık Bölgelerde Kurulan Güneş Enerjisi Santralının Verimliliğine Belirleyen Etkenler. Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering, 24(1), 181–192.
- Batuk F., Öztürk D. ve Emem O., 2007. Türkiye Ulusal Konumsal Veri alt Yapısı Veri Altyapısı için Temel Veriler Jeodezi. Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1(96), 3-12.
- Bayazıt, Y., 2021. Hidroelektrik ve Termik Santrallerin Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması: Eskişehir İli Örneği. Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (2), 442-452.
- Bayrakçı H., C. ve Gezer, T., 2019. Bir Güneş Enerjisi Santralının Maliyet Analizi: Aydın İli Örneği. Teknik Bilimleri Dergisi, 9(2), 46-54.
- Bekar N., 2020. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği. Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi. 3(1), 37-54.
- Bilgili M., Yasar A. ve Simsek E., 2016. Solar energy potential and environmental indicators for land use planning in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 978-990.
- Bilgin Z., 2006. Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Bor, N. 1982. Ağrı il tarihçesi. Ağrı: Ağrı Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları.
- Borouhaki, S. and Malczewski, J. 2010. Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, 36(4), 412-419.
- Bozkurt K. ve Yanardağ Z. , 2017.Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Panel Eşbütünleşme Analizi. *Yönetim Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 194–194.
- BP Energy Outlook (2021). Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023.
- Braun, B. 2002. The Intemperate Rainforest: Nature, Culture, and Power on Canada's West Coast. University of Minnesota Press.
- Buluç A. ve Yıldız Ö., 2019. An overview of renewable energy policies for Turkey: Climate change and sustainable development. *Energy Reports*, 5, 1048-1057.
- Calabro P.S., D'Agostino D. and Marino B., 2017. The role of renewable energy in the global energy transformation: A focus on photovoltaic power. *International Journal of Energy Sector Management*, 11(4), 468-484.
- Cengiz M. S. ve Mamiş M. S., 2016. Termal Güneş Enerjisi Kullanımı ve CSP Sistemlerin Verimlilik Analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1). 1-13.
- Chafiou H. and Üçgül B., 2022. Energy Generation With Parabolic Trough Solar Collector In Comoros Islands. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 14(1), 30–39.
- Chen, Y., Yu, J. & Khan, S. 2018. Spatial decision support for solar farm location using analytic hierarchy process: A case study of southwestern Ontario, Canada. *Sustainability*, 10(6), 1924.
- Chow, T. T. 2010. A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology. *Applied Energy*, 87(2), 365-379.
- Chowdhury, S., Sumita, U., Islam, A. and Bedja, I. 2011. Importance of policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany. *Energy Policy*, 39(4), 2147-2155.

- Cihan, E., 2019. Yenilenebilir Enerji ve Türkiye'de Güneş Enerjisi. Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
- Clarke, J. I. 1965. Population Geography. Pergamon Press.
- Cömertler S. ve Cömertler N., 2021. Akıllı Kentlerde Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Sürdürülebilirlik, Kopenhag Örneği. Mimarlık Bilimleri Ve Uygulamaları Dergisi (MBUD), 6(1), 178–194.
- Çağlayan N., 2019. Bir sera işletmesi için şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız rüzgâr, fotovoltaik ve jeneratör sistemlerinin teknik ve ekonomik değerlendirmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 32(2), 175-184.
- Çetin M. ve Eğrican N., 2019. The impact of renewable energy consumption on employment in Turkey. Renewable Energy, 139, 1311-1322.
- Çetin, M. 2009. GIS-based solar radiation analysis. Energy Education Science and Technology, 23(1), 21-34.
- Çiğın A., 2020. Doğal Enerji, Sürdürülebilir Kalkınma ve Mimarlık Politikaları. Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 554–571.
- Dal A. R., 2021. Yat Limanlarındaki Güneş Enerji Santralleri Panel Eğim Açısı Değişiminin Elektrik Üretimi Açısından İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi.
- Doğan E. ve Dursun B., 2020. The effect of renewable energy consumption on CO2 emissions in Turkey. Environmental Science and Pollution Research, 27(7), 7336-7347.
- Doğan M., 2011. Enerji Kullanımının Coğrafi Çevre Üzerine Etkileri. Marmara Coğrafya Dergisi, 23, 36-52.
- Doğanay, H. 1995. Ağrı ve çevresi tarih ve coğrafya. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü.

- Doğanay, H. 1995. Nüfus Coğrafyası: İnsanların Dağılışı ve Yerleşmesi. Üniversite Kitabevi.
- Doğanay, H. 1995. Nüfus ve Yerleşme İlmi. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası.
- Dönmez, A. 1984. Türkiye'nin Enerji Politikaları. Enerji Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Duman S., Yörükeren N.ve Altaş İ.H. 2014. Fotovoltaik Enerji Sistemlerinin Modellenmesi, Benzetimi ve Uygulaması. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3(1), 9-23.
- Duran G. ve Çelikkaya S., 2019. Batı Akdeniz Bölgesi Güneş Enerji Sistemleri Kümelenme Düzey Analizi. İktisadi İdari Ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 171–187.
- Dursun B. ve Gökcol C., 2021. The effect of renewable energy policies on renewable energy investments in Turkey. Energy Policy, 156, 112520.
- Durukan A. ve Yılmaz M.,2021. Yenilenebilir Enerjinin Önemi ve Latin Amerika Coğrafyasındaki Yeri: Brezilya Örneği. DTCF Dergisi 61(1), 339-358.
- Effat, H. A. 2013.Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, 2(1), 205–220.
- EIA 2020.Solar Explained: Where solar is found. U.S. Energy Information Administration.Erişimtarihi:10Mayıs2023<https://www.eia.gov/energyexplained/solar/where-solar-is-found.php>
- El-Kordy, M. N., Badr, M. A. and Abed, K. A. 2012. Economic feasibility of a solar energy project using life cycle assessment approach: A case study in Cairo, Egypt. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(9), 6267-6272.
- Emrahoğlu N. ve Yeğingil L., 2019. Çukurova Üniversitesi'nde Ölçülen Güneş Işınım Verileri Analizi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 87–96.

- EPDK (2022). Türkiye Güneş Enerjisi Haritası. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023.
- EPIA 2011. Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2015. European Photovoltaic Industry Association.
- Ercan, İ. ve Komesli, O. T. 2008. Türkiye'd e CBS eğitimi ve uygulamaları. Türkiye Kadastro ve Harita Dergisi, 91(91), 5-16.
- Ercan, T. ve Komesli, M., 2008. Kent Bilgi Sistemlerindeki Veritabanı Farklılıklarının İyileştirilmesi..Journal of Yaşar University, 3(9), 1081-1092.
- Erden M. ve Coşkun A., 2011. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve rüzgar enerjisi: mevcut durum ve politikalar. Ege Academic Review, 11(2), 251-262.
- Erden ,T. ve Coşkun, M. Z., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Erden, T. ve Coşkun, M. Z. 2011. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve belediyeler. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2(3).
- Eren A., İkinciogulları D., Bilgili M., 2020. Türkiye'nin güneş enerjisi politikaları ve uygulamaları. Enerji, Ekonomi ve Politika, 2(2), 16-35.
- Eren, M.E. 2019. Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulacağı Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Eroğlu, H. 2018. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi ve çevresel etkileri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(1), 7-17.
- Eroğlu, H. 2018. Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Kurulum Süreçleri. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18(1), 81-96.

- Eroğlu, H., 2018. Güneş Enerji Santralleri İçin Uygunluk Haritasının Elde Edilmesi: Bir Uygulama. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(4): 97-106.
- Escobar R., Morales-Pinzón T., Lora E.S., Oltra-Badenes R. 2018. Solar energy development in Latin America and the Caribbean: Analysis of the current situation and future perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 89, 465-476.
- Fthenakis, V. and Kim, H. C. 2009. Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6-7), 1465-1474.
- Gagnon, P., Belanger, C. and Uchiyama, Y. 2016. Life-cycle assessment of electricity generation options: The status quo and potential contribution of multi-criteria decision analysis. Energy Policy, 96, 130-140.
- Gaines, L. 2014. The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. Sustainable Materials and Technologies, 1-2, 2-7.
- Gençoğlu MT., 2002. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 57-64.
- Gerçek, Y., 2018. Güneş Enerji Santralleri İçin CBS ile En Uygun Yer Tayini:Malatya İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Goetzberger A., Hebling C. and Schock H. W., 2003. Photovoltaic materials, history, status and outlook. Materials Science and Engineering: R: Reports, 40(1), 1-46.
- Gökcol C., Dursun B. and Alagöz B. B., 2020. The role of R&D for the adoption of solar energy technologies in Turkey. Renewable Energy, 145, 2194-2204.
- Gökçek M., Bekdemir Ş. ve Yıldız Y., 2017. Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kırklareli, Turkey. Renewable Energy, 107, 587-598.
- Gökçen Serpil, A. 2006. Türkiye'nin Mineral Kaynakları. Mineral Research & Exploration Bulletin, 131, 131-140.

- Gude V. G., Nirmalakhandan N. and Deng S. 2015. Renewable and sustainable approaches for desalination. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1507-1524.
- Güçlüer K., 2010. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve uygulamaları. *Tesisat Mühendisliği*, 120, 29-39.
- Güçlüer D., 2010. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Güçlüer, B. 2010. İstanbul'da Kentsel Dönüşüm Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemlerinin Kullanımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güllülü, İ., Şen, B. ve Sarı, M. 2007. Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yerleşme ve Nüfus Hareketleri: Ağrı İli Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 137-160.
- GÜNDER (2021). Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Yatırım Olanakları. Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü. Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023.
- Güner E. D. ve Turan E. S., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 48-48.
- Güneş H., Bicakci S., Orta E. ve Akdaş D., 2019,. Akıllı evlerde kullanılan yapay zekâ teknikleri için simülasyon geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji*, 7(3), 554-563.
- Güven A. F. ve Mete M. K., 2021. Balıkesir'in Erdek İlçesi için Şebeke Bağlantılı Hibrit Enerji Sistemi Fizibilite Çalışması ve Ekonomik Analizi. *Mühendis Ve Makina*, 63(706), 138-158.
- Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B. and Allen, M. F. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 766-779.

- Hernández-Moro J. and Martínez-Duart J. M. 2014. Solar energy as an alternative to nuclear energy: The Spanish case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 990-998.
- Hudson, J. C. 2006. *Plains Country Towns*. University of Minnesota Press.
- İnan İ., Akbulut İ.ve Aslan E. 2018. Enerji Sorunun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi. *Türk Dünyası Araştırmaları dergisi*, 120 (237),11-40.
- İnan, S., Keskin, H. ve Kanat, İ. E. (2018). Türkiye'nin enerji talebi ve enerji politikaları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (51), 23-48.
- Janke, J. R. 2010. Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. *Renewable Energy*, 35(10), 2228-2234.
- Jiang, B. & Eastman, J. R. 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 173-184.
- Kaldellis J. K., Kapsali M. and Kaldelli E. I.,2018. Comparative assessment of the solar energy potential in central Europe and the circum-Mediterranean area. *Energies*, 11(4), 915.
- Kaldellis, J. K. and Kapsali, M. 2012. Simulating the optimum tilt angle of photovoltaic panels at island locations in the Aegean Sea, Greece. *Renewable Energy*, 37(1), 324-330.
- Kaldellis, J. K. and Kapsali, M. 2013. Simulating the dust effect on the energy performance of photovoltaic generators based on experimental measurements. *Energy*, 57, 634-644.
- Kaldellis, J. K. and Kapsali, M. 2013. Simulating the optimum electricity generation mix for remote communities: Case study of a Mediterranean island. *Energy Conversion and Management*, 65, 22-32.

- Kaldellis, J. K., Kapsali, M. and Kavadias, K. A. 2014. Temperature and wind speed impact on the efficiency of PV installations. Experience obtained from outdoor measurements in Greece. *Renewable Energy*, 66, 612-624.
- Kalogirou S. A., 2004. Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(3), 231-295.
- Kamel Boulos, M. N., Curtis, A. J. and AbdelMalik, P. 2011. Musings on privacy issues in health research involving disaggregate geographic data about individuals. *International Journal of Health Geographics*, 8(1), 1-12.
- Kanat İ. E. ve Keskin H., 2018. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'nin enerji politikaları. *Ege Academic Review*, 18(2), 233-248.
- Kanat Z. ve Keskin A., 2018. Dünyada İklim Değişikliği Üzerine Yapılan Çalışmalar ve Türkiye'de Mevcut Durum. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49 (1), 67-78.
- Kapluhan E., 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 29, 70-98.
- Karabağ H., Yılmaz A. K. ve Demir M. H., 2021. An overview of the solar energy potential and solar power plants in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135.
- Karabağ N., Çobanoğlu Kayıkcı C.B. ve Öngen A. 2021. %100 Yenilenebilir Enerjiye Geçiş Yolunda Dünya ve Türkiye. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 230-240.
- Karabaş A. ve Mengi O. Z., 2019. Fotovoltaik Güneş Panelleri İçin Bir Şarj Regülatörü Tasarımı ve İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 152–175.
- Karadeniz H., 2019. Gama ile Işınlanmış Fotovoltaik Hücrelerin Elektriksel Parametrelerinin Araştırılması. *Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 136–142.
- Karamanav M., 2007. Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Sakarya.

- Karampelas P., Haralambopoulos D. and Voumvoulakis E., 2010. On the feasibility of using a stand-alone photovoltaic system for the electrification of a mountain shelter. *Renewable Energy*, 35(10), 2236-2244.
- Karimi, H. A. and Akinci, B. 2014. Geospatial data integration for asset management. *GeoCarto International*, 29(1), 1-6.
- Kaya D., 2006. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi, ETKB-Ankara.
- Kaya, F. 2001, Ağrı Ovası ve Çevresinin Coğrafi Etüdü. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayımlanmamış Doktora Tezi.
- Kaya, S. ve Peker, I. 2019. Türkiye’de Güneş Enerjisi Santralleri İçin Yer Seçimi Kriterlerinin Belirlenmesi ve Uygulanması: Afyonkarahisar İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(1), 242-256.
- Kayabaşı R. ve Kaya M., 2019. Fotovoltaik Modüllerin Atık Isılarından Termoelektrik Jeneratör İle Elektrik Üretimi. *European Journal of Science and Technology*, 310–324.
- Kelen F., 2014. Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2),80-87.
- Kelen, M. 2014. Hava kirliliğine neden olan faktörler ve etkileri. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Enerji ve Çevre Seminerleri*, 47-57.
- Khan M. J., Atiq M. J. and Yasmin N., 2015. Solar energy for irrigation in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 237-248.
- Kılıç F., Ç., 2015. Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makine dergisi*, 56,671.
- Kırbaş B. ve Çiftci A.,2019. Bir Güneş Enerji Santrali Kurulumunun Yapılabilirlik Çalışması: Burdur Gölü, Türkiye Örneği. *El-Cezeri Fen Ve Mühendislik Dergisi*.

- Kocabaldır, C.,2021. Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi ile Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralleri için Yer Seçimi: Çanakkale İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.
- Kocakuşak, R., 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye'deki Önemi ve GES Kurulum Araştırması. Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Koç M., 2021. Güneş Enerjisi ve Ekonomik Büyüme. Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi, 515–533.
- Koç, E. ve Kaya, K. 2015. Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. Mühendis ve Makina, 56(668),36-47
- Kon O. ve Sandal K., 2022. Çevresel Sürdürülebilirlik için Konutların Isıtma Enerji Tüketimlerine Bağlı Emisyonların Yaşam Çevrimi Çevresel Etki Değerlendirmesi ile İncelenmesi. Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Dergisi, 66–91.
- Koyuncu, I. ve Karabulut, A. 2021. Sürdürülebilir Enerji Kaynakları ve Ekonomik Etkileri. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi.
- Köprülü, M. F. 1931. Türk edebiyatında ilk mutasavvıflar. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Kreith, F., and Goswami, D.Y. 2007. Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. CRC Press.
- Kumaran,S.S., Iniyan,S.and Goic, R. 2014. A review of Indian solar photovoltaic energy status, barriers and recommendations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 516-527.
- Kurt, B. 2009. Urartular ve Ağrı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi.
- Külekçi,Ö.C., 2009.Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi,,Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 1(2), 83-91.

- Lai, P. C., Wong, C. M., Hedley, A. J., Lo, S. V., Leung, P. Y., Kong, J. and Leung, G. M. 2013. Understanding the spatial clustering of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Hong Kong. *Environmental Health Perspectives*, 111(12), 1550-1556.
- Lewis, M. 2002. *Wagering the Land: Ritual, Capital, and Environmental Degradation in the Cordillera of Northern Luzon, 1900-1986*. University of California Press.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rhind, D. W. 2011. *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons.
- Lopez-Pellicer, F. J., Renteria-Agualimpia, W., Béjar, R., Muro-Medrano, P. R. and Zarazaga-Soria, F. J. 2011. An ontology for environmental planning and monitoring. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(9), 1515-1531.
- Mercan Y., Yılmaz E., Sezgin F. ve Ünal H.B., 2017. Tarımsal İşletme Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi Uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 6(özel sayı), 88-102.
- Mercan, H., Mercan, N. ve Akpınar, B. 2017. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çevre Sorunlarına Uygulama. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 243-258.
- Morrison, R., Olsen, R. and O'Toole, R. 2013. An analysis of the operational impact of 50/60Hz electric and magnetic fields on land and naval military equipment. *QinetiQ report for MOD*.
- Mutlu Y., 2012. Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2012. *Best Research-Cell Efficiency Chart*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Nişancı, R. 1979. *Türkiye'nin Enerji Potansiyeli*. Enerji Bakanlığı Yayınları, Ankara.

- Ongondo, F. O., Williams, I. D. and Cherrett, T. J. 2011. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, 31(4), 714-730.
- Orhan N. ve Şahin S., 2022. Bir Besi Çiftliğinde Güneş Enerji Sisteminin Uygulanması ve Ekonomik Analizi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*.
- Ölmez Y. C., 2017. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Karapınar Bölgesine Kurulması Planlanan Güneş Enerjisi Santralının Şebekeye Etkisi.Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öner M. A., Bektaş S. ve Arat H. T., 2020. Assessing the renewable energy education needs in Turkey: A case study for the solar energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109-598.
- Özbek S., 2022. Enerji İthalatçısı Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Yoğunluğunun Belirleyicileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*.
- Özcan, N. 1999. Ağrı ve çevresi tarih ve coğrafya. Ankara: Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Özcan, O., 2019. Organize Sanayi Bölgelerinde Güneş Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması ve Yatırım Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Özdemir E. D., Dincer I. and Rosen M. A., 2017. The role of renewables in meeting Turkey's energy demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1235-1247.
- Özel M. ve Kılıç S.,2006. Küresel Bir Sorun Olarak İklim Politikaları. *I.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi* 34, 137-169.
- Özen A., Şaşmaz M. N. ve Bahtiyar E., 2015.Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2015(1), 85.

- Özgüç, N. 1988. Hititler ve Hurriler. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Özmen H., Bakkal M. ve Bakkal S., 2020. Dünya Enerji Aktarım Hatları ve Hegomonya Savaşları: Türkiye'nin Enerji Aktarım Hatları Pozisyonu Üzerine Bir İnceleme. İnsan Ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 9(3), 2595–2617.
- Öztürk, D. ve Batuk, F. 2007. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) ile çalışma alanından bilgi almak ve düzenlemek. Coğrafi Bilimler Dergisi, 5(1), 20-35.
- Öztürk, D. ve Batuk, O. 2007. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Ölçütlü Karar Analizinin Uzaklık İşlevleri ve Yöntemleri Üzerine Uygulaması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası XIII. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Öztürk, H. H., (2021). Yenilenebilir Enerji Kaynakları . Birsen Yayınevi. İstanbul
- Palmer, P. I., Smith, M. J. and Ekins, P. 2013. The challenge of greening London's black cabs. Energy Policy, 59, 283-293.
- Parida B., Iniyani S. and Goic R., 2011. A review of solar photovoltaic technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(3), 1625-1636.
- Pasqualetti, M. J. 2011. Opposing wind energy landscapes: a search for common cause. Annals of the Association of American Geographers, 101(4), 907-917.
- Pearce, J. M. (2002). Photovoltaics: a path to sustainable futures. Futures, 34(7), 663-674.
- Pitz-Paal R., Dersch J. and Milow B., 2005. European concentrated solar thermal road-mapping. Solar Energy, 80(10), 1231-1240.
- Pope III, C. A. and Dockery, D. W. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. Journal of the Air & Waste Management Association, 56(6), 709-742.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. and Travasso, M.I. 2014. Food security and food production systems. Climate

Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Cambridge University Press.

Pulliam, H. R. (1988). Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist*, 132(5), 652-661.

Ramos, A., Gomes, J. and Oliveira, A. 2016. Environmental impacts of photovoltaic solar plants: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 26-38.

Razykov T. M., Ferekides C. S., Morel D., Stefanakos E., Ullal H. S. and Upadhyaya H. M., 2011. Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar Energy*, 85(8), 1580-1608.

REN21. (2021). Renewables 2021 Global Status Report. Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023.

Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J. and Qiang, Z. 2009. Managing water in rainfed agriculture. The need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97(4), 543-550.

S. Rüstemli, F. Dinçer, M. Çelik ve M.S. Cengiz 2013. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), 141-147.

Saaty, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

Sarı V., Özyiğit F. Y., 2020. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesinde Güneş Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi. *Deu Muhendislik Fakultesi Fen Ve Muhendislik*, 22(65), 517-526.

Schleicher-Tappeser, R., Narodslawsky, M., Kranzl, L., Strasser, H., Tost, M. and Fink, C. 2019. How renewables will change the energy system. *Energy Strategy Reviews*, 24, 1-13.

Seydioğullar H.,S., 2013. Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. Süleyman Demirel Üniversitesi Planlama,23(1), 19-25.

- Sivri N., Kılıç Ü. ve Önder E., 2019. A comprehensive review on solar energy and solar photovoltaic systems in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 76-87.
- Şeker A., 2016. Yenilenebilir Enerji, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Yeşil Pazarlama ve Yenilenebilir Enerjinin Pazarlanması. *Journal of International Social Research*, 9(46), 809–809.
- Şenlik, B. 2017. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi üzerine bir değerlendirme. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(2), 235-251.
- Şenpınar A. ve Gençoğlu M.T. 2006. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri Açısından Karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Doğu Anadolu Araştırmaları Dergisi*, (49-54).
- Taktak F. ve Ilı N., 2019. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi santrallerinin enerji dönüşümü. *Mühendis ve Makine*, 60(716), 65-72.
- Taktak, F. ve Ilı, M., 2018. Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 1-21.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K. and Sutton, D. J. 2012. Heavy metals toxicity and the environment. *EXS*, 101, 133-164.
- TEİAŞ (2022). Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Ağustos 2022 Raporu. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023.
- Tekir, O., 2015. Küresel Güç Mücadelesinde Enerji Faktörü. *Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu*, İzmir.
- Tomlin, C.D. 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice-Hall.
- Toprakçı, N., S., 2021. Güneş Enerjisi Santralleri için Çok Kriterli Yaklaşım ile Uygun Alanların Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Belirlenmesi ve Arazi Kararlarının

Değerlendirilmesi: İzmir Örneği.Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N. and Gekas, V. 2005. Environmental impacts from the solar energy technologies. Energy Policy, 33(3), 289-296.

Turoğlu, H. 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulamaları. İstanbul, Türkiye: Nobel Yayınları.

Tükenmez, M., Erol, M. ve Şahin, Ü. 2020. Türkiye'deki Güneş Enerjisi Sektöründeki Büyüme: Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu Politikaları Perspektifinden Bir İnceleme. Enerji Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi, 4(2), 85-96.

Tümertekin, E ve Özgüç, N., 2004, Beşerî Coğrafya. Çantay Kitabevi, 592 s,İstanbul.

Tür M. R. ve Yaprakdal F., 2020. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji.

Varınca K.B. ve Varank, G. 2005.Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel.

Varınca, B. ve Varank, İ. 2005. Güneş enerjisi santrallerinin çevre üzerine etkileri ve Türkiye için değerlendirme. Enerji ve Çevre Sempozyumu, 23-25 Haziran 2005, İstanbul, Türkiye.

Varınca,K.B. ve Gönüllü,M.T.,2006. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi,yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma.I.Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi, Eskişehir, Türkiye.

Varlı H., Tuna M. ve Tombul P. M., 2022. Bölgesel Güneş Enerji Potansiyeli ve Enerji Santrali Yatırımı Değerlemesi: Sincan Örneği. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.

- Wang Q., Zhang C. and Yang X., 2020. The prospect of solar energy in the era of energy Internet. *Energy Reports*, 6, 1-5.
- Wang, X., Gaustad, G. and Babbitt, C. W. 2014. Targeting high value metals in lithium-ion battery recycling via shredding and size-based separation. *Waste Management*, 34(12), 2580-2588.
- Wibowo, A. and Giessen, L. 2015. Global administrative units layers in geographic information systems: a review of global boundary datasets for land use modeling and planning. *Land Use Policy*, 47, 267-280.
- Wiser, R., Barbose, G. and Bolinger, M. 2016. Tracking the Sun IX: The Installed Price of Residential and Non-Residential Photovoltaic Systems in the United States. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M. and Bürer, M. J. 2007. Social acceptance of renewable energy innovation: an introduction to the concept. *Energy Policy*, 35(5), 2683-2691.
- Yağlı H. ve Koç Y., 2020. Gaziantep Bölgesi İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kurulacak Panellerin Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi. *European Journal of Science and Technology*, 475–483.
- Yalçın H., 2016. Türkiye'de güneş enerjisi ve önemi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 333-353.
- Yalçın L. 2016. Iğdır İli Güneş Enerjisinden Elektrik Üretme Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme Faaliyeti: Iğdır ve FV Güneş Elektrikliği. Serhat Kalkınma Ajansı (SERKA), - (mgm.gov.tr)(01.02.2023).
- Yalılı Kılıç M. ve Adalı S., 2021. Bir Apartmanın Elektrik İhtiyacının Fotovoltaik Enerji Sistemiyle Karşılanması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.
- Yang, D., Peng, J., Sun, M. and Cong, R. 2018. Impacts of shading on the energy production of different photovoltaic module technologies. *Applied Energy*, 230, 1083-1095.

- Yeşilbudak M., Çolak M. ve Bayındır R., 2018. Ankara İlinin Uzun Dönem Global Güneş Işınım Şiddeti, Güneşlenme Süresi ve Hava Sıcaklığı Verilerinin Analizi ve Eğri Uydurma Metotlarıyla Modellenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji, 6(1), 189–203.
- Yıldırım O. ve Nuri F.İ.,2018. Yenilenebilir Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi. Journal of International Banking Economy And Management Studies 1.(1),105-143.
- Yıldız, B., Bostancı, B. ve Sağlam, R. 2016. Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Kriterlerinin Belirlenmesi ve Uygulanması: Karaman İli Örneği. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 18(32), 29-43.
- Yılmaz D. ve Korkmaz F., 2021. Havalimanlarında Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanılması İle İşletme Maliyetinin Azaltılması. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları Ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi.
- Yılmaz S. ve Kalkan D.K.,2017. Enerji Güvenliği Kavramı: 1973 Petrol Krizi Işığında Bir Tartışma. Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırmaları Dergisi (ANKASAM), 1 (3), 169-199.
- Yolcan E. ve Köse U., 2020., Evaluation of solar energy potential and applications in Turkey: A review. Journal of Cleaner Production, 253, 119959.
- Yolcan, O.,O. ve Köse, R. 2020. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler. Kırklareli University Journal of Engineering and Science 6(2), 196-215.
- Yomralıoğlu, T. ve Çolak, E. H. 2003. Coğrafi bilgi sistemleri ile kadastro bilgilerinin yönetimi. Türkiye Kadastro ve Harita Dergisi, 79(79), 3-11.
- Younas U., Bakir H. ve Kulaksız A. A., 2019. Şebeke-bağlantılı Solar NNK İnverterde Güç ve Harmonik Kayıplarının İyileştirilmesi için Etkin Modülasyon Yöntemlerinin Gerçekleştirilmesi. Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 120–129.
- Zhang S. and Wu Y., 2019. A review of A review of the global solar energy development and policy recommendations. Energy Policy, 126, 14-28.

Zhang X., Wang J. and Xie D., 2016. A review on the recent research progress in the compound parabolic concentrator (CPC) for solar energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 166-186.



MEVZUAT

T.C. Resmî Gazete. (2005). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. Sayı: 5346.

T.C. Resmî Gazete. (2013). Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği. Sayı: 28784.

T.C. Resmî Gazete. 2014). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. Sayı: 28944.

T.C. Resmî Gazete. (1983). Orman Kanunu. Sayı: 18132.

T.C. Resmî Gazete. (1983). Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu. Sayı: 18132.

T.C. Resmî Gazete. (1983). Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu. Sayı: 18132.

2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu, R.G. 22.12.1981 / 17552.

2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu, R.G. 16.03.1982 / 17635.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, R.G. 23.07.1983 / 18113.

2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu, R.G. 11.08.1983 / 18132.

2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu, R.G. 14.10.1983 / 18196.

3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu, R.G. 01.12.1984 / 18592.

4342 Sayılı Mera Kanunu, R.G. 28.02.1998 / 23272.

4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu, R.G. 19.01.2002 / 24645.

4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu, R.G. 11.07.2003 / 25165.

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun, R.G. 10.05.2005 / 25819.

5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, R.G. 19.07.2005 / 25880.

644 Sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun
Hükmünde Kararname, R.G. 04.07.2011 / 27984.

6831 Sayılı Orman Kanunu, R.G. 08.09.1956 / 9402.



URL

URL-1= -(Norm Enerji, 2014. Türkiye de Güneş Enerjisi, http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=11738, (Erişim Tarihi: 04.04.2015)

URL-2= www.enerjiatlası.com

URL-3= <http://www.guyad.org//Kasım,2022>

URL-4=[Global Solar Atlas](#)

URL-5= [GEPA \(enerji.gov.tr\)](http://enerji.gov.tr)

URL-6= [Clean energy investment in the Stated Policies Scenario, 2015-2030 – Charts – Data & Statistics - IEA](#)

URL-7=Helioviewer.org - Solar and heliospheric image visualization tool

URL-8 [Tarihsel Süreçte Güneş Enerjisi | Ekolojist.net](#)

URL-9 [Alessandro Volta - Vikipedi \(wikipedia.org\)](#)

URL-10 [Güneş - Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı](#)

URL-11 [Güneş Enerji Sistemleri – Erkates Mühendislik \(erkatesmuhendislik.com.tr\)](#)

URL-12 [Mevzuat Bilgi Sistemi](#)

URL-13 [CLC 2018 — Copernicus Land Monitoring Service](#)

URL-14 www.search.asf.alaska.edu

URL-15 www.solargis.com

URL-16 [Ayna Kullanarak Gemi Yakmak • Kozmik Anafor](#)

URL-17 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Uygulamaları. Retrieved from <https://www.enerji.gov.tr/yenilenebilir-enerji-politikalar-ve-uygulamalar>

URL-18 [Yesilodak.com](https://www.yesilodak.com). Güneş enerjisi kulesi nedir?

.

