



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CEYHAN (ADANA) İLÇESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ
KURULUMU için UYGUN ALANLARIN CBS YÖNTEMİ ile
BELİRLENMESİ**

REMZİYE ÖZDAR

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGILAMA ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
ŞUBAT-2025



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CEYHAN (ADANA) İLÇESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ
KURULUMU için UYGUN ALANLARIN CBS YÖNTEMİ ile
BELİRLENMESİ

REMZİYE ÖZDAR
ORCID:0009-0005-8412-7336

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGILAMA ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

Danışman
Doç. Dr. REŞAT GEÇEN
ORCID:0000-0002-4144-6645

HATAY
ŞUBAT-2025

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CEYHAN (ADANA) İLÇESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ
KURULUMU için UYGUN ALANLARIN CBS YÖNTEMİ ile BELİRLENMESİ

REMZİYE ÖZDAR

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGILAMA ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

Doç. Dr. Reşat GEÇEN danışmanlığında hazırlanan bu tez **06/02/2025** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Başkan

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

06/02/2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

REMZİYE ÖZDAR

ÖZET

CEYHAN (ADANA) İLÇESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMU için UYGUN ALANLARIN CBS YÖNTEMİ ile BELİRLENMESİ

Günümüzde Dünya’da ve Türkiye’de hâlâ büyük oranda fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Ülkelerin gelişmesiyle doğru orantılı olarak artan enerji ihtiyacı tükenen, çevre kirliliğini hat safhaya çıkararak, karbon ayak izini artıran ve küresel ısınmayı tetikleyen kaynaklardan ziyade; daha temiz, sınırsız, çevre dostu olarak nitelendirildiğimiz yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yönelmeyi mecbur kılmaktadır.

İthal enerji kaynaklarına bağımlılık, devletler için büyük ekonomik yük olmaktan çıkarılmalıdır. Ülkemizi dışa bağımlı olmaktan kurtarma adımlarından biri de yatırımları artırarak doğanın nimetlerinden sınırsız olarak kabul edilen ve diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının da doğrudan ya da dolaylı olarak oluşmasını sağlayan güneşten maksimum derecede faydalanmamızı gerektirmektedir. Günümüz teknoloji dünyasında değişim ve gelişim içerisinde olan kaynak kullanımından maksimum derecede fayda sağlamak yoğun araştırma ve çalışma eylemine dayanmaktadır. Kurulum maliyeti yüksek olan GES arazileri kurulumunda en uygun konumun belirlenmesi için bir çok kriter önem derecesine göre değerlendirilip sonuca ulaşılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma Adana ili Ceyhan ilçesinin yüksek potansiyel barındırması sebebiyle verimli arazileri haricinde kurulabilecek güneş enerji santrallerine en uygun alanı belirlemek için yapılmıştır. Sadece bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeline bakılarak santralleri kurmak yarardan çok zarar sağlayabileceği için rasyonel değildir. Sonuç için birçok kriter değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda uygun GES arazileri için analizin gerçekleştirilmesinde; güneş enerjisi potansiyeli, eğim, bakı, yollara yakınlık, iletişim hatlarına yakınlık, trafo merkezlerine yakınlık, yerleşim alanlarına yakınlık, akarsulara yakınlık, fay hatlarına yakınlık, taş ocaklarına yakınlık, bitki örtüsü-normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI), toprak kabiliyeti ve kuş göç yollarına yakınlık olmak üzere toplamda 13 parametre kullanılmıştır. Her bir kriter ayrı bir katman olarak kendi içerisinde 0-10 ölçeğinde uygunluğa göre puanlandırılmıştır. Puanlandırılan bu katmanlar çakıştırılarak çalışma sahasındaki en uygun alanlar tespit edilmiştir.

2025, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Güneş paneli, CBS, ÇÖKA, Güneş Enerjisi Santrali

ABSTRACT

DETERMINATION of SUITABLE AREAS for SOLAR ENERGY POWER PLANT INSTALLATION in CEYHAN (ADANA) DISTRICT USING GIS METHOD

Today, fossil fuels are still largely used in the world and in Turkey. The increasing need for energy in direct proportion to the development of countries necessitates turning more to cleaner, unlimited, environmentally friendly renewable energy sources rather than sources that will run out, increase environmental pollution, increase carbon footprints and trigger global warming.

Dependency on imported energy sources should no longer be a major economic burden for states. One of the steps to save our country from external dependency is to increase investments and make maximum use of the sun, which is considered to be one of the blessings of nature and which directly or indirectly provides the formation of all other renewable energy sources. In today's technological world, obtaining maximum benefit from the use of resources that are in a state of change and development is based on intensive research and study. In order to determine the most suitable location for GES lands with high installation costs, many criteria have been evaluated according to their importance and the aim has been to reach a conclusion.

This study was conducted to determine the most suitable area for solar power plants to be established outside of the fertile lands of Ceyhan district of Adana province due to its high potential. Establishing plants by only looking at the solar energy potential of a region is not rational as it may cause more harm than good. Many criteria were evaluated for the result. For this purpose, a total of 13 parameters were used in the analysis for suitable solar power plant lands, including solar energy potential, slope, aspect, proximity to roads, proximity to communication lines, proximity to transformer centers, proximity to residential areas, proximity to streams, proximity to fault lines, proximity to quarries, vegetation-normalized vegetation index (NDVI), soil capability and proximity to bird migration routes. Each criterion was scored according to suitability on a scale of 0-10 within itself as a separate layer. The most suitable areas in the study area were determined by overlapping these scored layers.

2025, 63 pages

Key Words: Solar panel, GIS, Multi-Criteria Analysis, Solar Power Central

TEŞEKKÜR

Tez alıŐma sűrecinde gerek yűksek lisans tez konumun belirlenmesinde gerekse alıŐmanın ilerlemesinde yardımını esirgemeyen danıŐman hocam Do. Dr. ReŐat GEEN'e sonsuz saygı ve teŐekkűrlerimi sunarım.

TaŐ ocakları verisine ulaŐmamı saėlayan deėerli Adana İl Tarım ve Orman Műdűrű Mehmet Nuri KŐKŐOėLU'na teŐekkűrlerimi sunarım.

Lisansűstű eėitimimi takip edip, dűzenleyen ve onaylayan Fen Bilimleri Enstitűsű Műdűrlűėű ve alıŐanlarına teŐekkűr ederim.

YaŐamım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, gűvenen ve daima yanımda olan aileme sonsuz minnet ve ūkranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı.....	2
1.2. Araştırmanın Önemi.....	3
1.3. Sınırlılıklar.....	3
1.4. Sürdürülebilirlik.....	4
1.5. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	4
1.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	6
1.6.1. Hidrolik Enerji.....	7
1.6.2. Güneş Enerjisi.....	7
1.6.3. Rüzgar Enerjisi.....	7
1.6.4. Jeotermal Enerjisi.....	8
1.6.5. Dalga Enerjisi.....	9
1.6.6. Biyoenerji.....	9
1.7. Dünya’da Güneş Enerjisi.....	11
1.8. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	12
1.9. Adana’nın Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	14
1.10. Güneş Teknolojileri.....	15
1.10.1. Isıl Güneş Teknolojileri.....	15
1.10.1.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları.....	15
1.10.1.2. Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler.....	15
1.10.2. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri.....	16
1.11. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	17
1.11.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları.....	17
1.11.2. Santral Kurulacak Alanların Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi’nin Avantajları.....	18
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. GES ile İlgili Çalışmalar.....	19
2.2. Diğer Çalışmalar.....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.1. Çalışma Alanı.....	24
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Çok Kriterli Karar Analizi.....	28
3.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	31
4.1. Santral Verimliliği ile İlgili Çalışma Verileri ve Kriterler.....	31
4.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	31
4.1.2. Eğim.....	32
4.1.3. Bakı.....	34

4.1.4. Yollara Yakınlık (m)	36
4.1.5. İletişim Hatlarına Yakınlık (km)	37
4.1.6. Trafo Merkezlerine Yakınlık (km)	39
4.1.7. Yerleşim Alanlarına Yakınlık (km)	40
4.1.8. Akarsulara Yakınlık	42
4.1.9. Fay Hatlarına Yakınlık (km)	43
4.1.10. Taş Ocakları Yakınlık (km)	45
4.1.11. Bitki Örtüsü (NDVI)	46
4.1.12. Toprak Kabiliyeti	48
4.1.13. Kuş Göç Yollarına Yakınlık (km)	49
4.1.14. AHP ile Kriterlerin Değerlendirilmesi	51
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	63



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. TEİAŞ'ın 2024 Mayıs ayı kurulu güç tablosu (TEİAŞ, 2024)	6
Çizelge 1.2. 2024 yılı Aralık Ayı Sonu İtibarıyla Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)	10
Çizelge 2.1. GES alanında daha önce yapılmış çalışmalardan bazıları.	21
Çizelge 4.1. Solar radyasyonun uygunluk puanları	31
Çizelge 4.2. Eğim sınıfları ve uygunluk puanları	33
Çizelge 4.3. Bakı sınıfları ve uygunluk puanları	35
Çizelge 4.4. Yollara yakınlık ve uygunluk sınıfları	36
Çizelge 4.5. İletişim hatlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması	38
Çizelge 4.6. Trafo merkezlerine yakınlık uygunluğu ve puanlaması.....	39
Çizelge 4.7. Yerleşim alanlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması	41
Çizelge 4.8. Akarsu yakınlık uygunluğu ve puanlaması.....	42
Çizelge 4.9. Fay hatlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması	44
Çizelge 4.10. Taş ocakları yakınlık uygunluğu ve puanlaması.....	45
Çizelge 4.11. Bitki örtüsü uygunluğu ve puanlaması	47
Çizelge 4.12. Toprak kabiliyeti sınıfları uygunluğu ve puanlaması	48
Çizelge 4.13. Kuş göç yolları yakınlık uygunluğu ve puanlaması.....	50
Çizelge 4.14. İkili karşılaştırma matris tablosu.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. BP'nin 2024 yılı Petrol Talebi (Günde milyon varil) (BP, 2024)	5
Şekil 1.2. Kurulu Güç ve Güneş Kapasitesi (Gigawatt) (BP, 2024)	8
Şekil 1.3. Jeotermal Kaynaklar (Anonim, 2024c).....	9
Şekil 1.4. Kaynak: Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2020 Yılı İstatistikleri, 2023	10
Şekil 1.5. Dünyanın Güneş Radyasyonu. (Solargis & Global Solar Atlas, 2024)	12
Şekil 1.6. Türkiye'de yıllık toplam güneş radyasyonu dağılışı (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2024).....	13
Şekil 1.7. Adana'da yıllık toplam güneş radyasyonu dağılışı (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2024).....	14
Şekil 1.8. Fotovoltaik Sistem (Anonim, 2025b)	16
Şekil 3.1. Ceyhan lokasyon haritası (Geçen, 2019)	24
Şekil 3.2. Ceyhan İlçesi Fiziki Haritası.....	26
Şekil 3.3. Adana-Ceyhan radyasyon değerleri (gepa, 2025).....	27
Şekil 3.4. Adana-Ceyhan güneşlenme süreleri (gepa.enerji.gov.tr, 2025).....	27
Şekil 3.5. ÇÖKA Modeli (Güçlüer, 2010)	29
Şekil 4.1. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından solar radyasyon özelliğinin etkisi ve uygunluğu	32
Şekil 4.2. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından eğim özelliğinin etkisi ve uygunluğu	34
Şekil 4.3. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından bakı özelliğinin etkisi ve uygunluğu	35
Şekil 4.4. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından yollara yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	37
Şekil 4.5. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından iletim hatlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	38
Şekil 4.6. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından trafo merkezlerine yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	40
Şekil 4.7. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından yerleşme alanlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	41
Şekil 4.8. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından akarsulara yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	43
Şekil 4.9. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından fay hatlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	44
Şekil 4.10. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından taş ocaklarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	46
Şekil 4.11. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından bitki örtüsü özelliğinin etkisi ve uygunluğu.	47
Şekil 4.12. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından toprak kabiliyet sınıflarının etkisi ve uygunluğu.....	49
Şekil 4.13. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından kuş göç yollarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu	50
Şekil 4.14. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali kurulumu için uygun alanlar	52
Şekil 4.15. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali kurulumu için uygun alanlar	53
Şekil 4.16. GES kurulumuna uygun yerlerden biri olan Dokuzteknede yakınlarında kurulmuş olan GES'lerin Google earth görüntüsü.....	54

Şekil 4.17. GES kurulumuna uygun yerlerden biri olan Dokuztekne yakınlarında kurulmuş olan GES'in Google earth görüntüsü.	54
Şekil 4.18. Ceyhan ilçesinin Gündoğan Mahallesi'ndeki Gündoğan Güneş Enerji Santralleri	55



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°	: Derece
km	: Kilometre
m	: Metre
MMbpd	: Milyon varıl/gün
MW	: Megawatt
CO ₂	: Karbondioksit
PV	: Fotovoltaik
CH ₄	: Metan
N ₂ O	: Nitröz Oksit
O ₃	: Ozon gazı
CFC	: Kloroflorokarbon

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKV	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
ÇŞİDB	: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
NDVI	: Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletişim Anonim Şirketi
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

1. GİRİŞ

İnsan, tarih sahnesine çıktığı günden itibaren gelişim ve değişim içerisinde. Ekonomik, toplumsal ve siyasal dönüşümlere sebep olan Sanayi Devrimi 18. yüzyılda İngiltere’de başlayan bir makineleşme çağıdır. En temelindeki hammaddeler kömür ve demirdir. Başlangıçta Batı dünyasının gelişimine katkı sağlayan ve insan yaşamında kolaylık sağlayan bu atılım, bölgesel ve küresel anlamda olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Küresel iklim değişimi ve beraberinde gelen çevresel felaketlerin başlangıç noktası olarak görülmektedir.

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ile doğru orantılı olarak iklim sorununun merkezi konumunda olan enerji talebi de aynı ölçüde artış göstermektedir. Kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıtlar sınırlı kaynaklar olmakla birlikte yakın gelecekte tükenmesi beklenmektedir ve sürdürülebilir gelecek açısından olumsuz etkilere sahiptir.

Özellikle 1973 yılında meydana gelen dünya ekonomisini sarsan petrol krizi, diğer yandan 1990 yılları sonrasında tüm dünyayı etkileyen Körfez Krizleri, Arap Baharı, Ortadoğu ülkelerinin bazılarında meydana gelen devrimler ekonomik yapıyı ve küresel enerji piyasasını olumsuz olarak etkilemiştir. Bu doğrultuda farklı alternatif kaynakları değerlendirmeyi gerekli kılmış olup enerji görünümünün bugünkü halini almasını sağlamıştır (Yılmaz ve Kalkan, 2017). Yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan hidroelektrik, jeotermal, rüzgar, güneş, biyokütle, gel-git ve dalgadan elde edilen enerji daha temiz, çevre dostu, sürdürülebilirlik açısından daha kullanışlı ve sınırsız kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünya’nın atmosferi çeşitli gazlardan oluşmaktadır. Güneşten gelen ışınlar bu atmosferi aşır yeryüzünü ısıtır. Atmosferin varlığı ve içerisindeki gazlar (CO₂, CH₄, N₂O, O₃, CFC) güneşten gelen ısıyı belli bir oranda tutup yaşanılabilir bir sıcaklık derecesinde kalmasını sağlamaktadır. Fakat zamanla Sanayi Devrimi ve beraberinde artan nüfus faaliyetleri CO₂, CH₄, N₂O gibi gazların atmosfere fazla salınması sonucu aşırı sera etkisi oluşturup sıcaklığın artmasına sebep olmuştur (Akın, 2006).

Günümüzde iklim değişiminin olumsuz etkisini gözle görülür şekilde hissettiğimiz ani ve şiddetli yağışlar, kuraklık, aşırı sıcak hava dalgaları, sel gibi hava olayları hem bölgesel hem de küresel çapta ciddi artmış şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bunun başlıca sebeplerinden biri, Sanayi Devrimi’nde artan fosil yakıt kullanımı olarak belirtilmektedir. 1850 yılından 2020 yılına kadar geçen sürede ortalama küresel sıcaklık

1.1°C artmıştır. Bu şekilde devam etmesi halinde küresel sıcaklığın 3°C'yi bulması beklenmektedir. İklim değişikliği ile ilgili küresel ölçekte ülkeler bir araya gelip insan kaynaklı etkileri azaltmak için işbirliği yapmıştır. Anlaşmada küresel sıcaklığın 1.5°C ile sınırlandırılması hedeflenmektedir (ÇŞİDB, 2024).

İklim değişimi ile ilgili ortak mücadele kapsamında 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1997 yılında Kyoto Protokolü ve 2015 yılında Paris Anlaşması imzalanmıştır (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Paris'te 12 Aralık 2015'te düzenlenen BM İklim Değişikliği Konferansı'nda dünya liderleri toplanıp iklim değişikliği ve olumsuz etkileri üzerine anlaşma yapmıştır. Anlaşma içeriğinde uluslara rehberlik edecek uzun vadeli hedefler belirtilmektedir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Günümüz koşullarında artan enerji talebine karşı mevcut kaynakların sınırlı olması sebebiyle alternatif enerji kaynaklarına yönelim zorunlu bir hal almıştır. Bununla beraber artan enerji talebine bağlı olarak enerji üretim ve tüketimden kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması da önem arz etmektedir. Küresel iklim değişimine ve çevrenin kirlenmesine neden olan fosil yakıtlardan enerji üretmek yerine çevreye etkisi daha az olan, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji teknolojilerine, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme gerekliliği doğmuştur (Obut, 2016; Turan, 2022). Yenilenebilir enerji kaynakları dışa bağımlılığı azaltma konusunda daha fazla çalışma yürütülmesi gereken daha fazla yatırım yapılması gereken bir alandır. Son yıllarda ciddi derecede üzerinde durulan yenilenebilir enerji kaynakları gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke tarafından her geçen yıl daha fazla yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Küresel anlamda enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi sistemleri önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisinin kolay erişilebilir olması, sınırsız enerji kaynağına sahip olması ve yenilenebilir kaynak özelliklerine sahip olması çevre dostu olarak nitelendirilmesini sağlamıştır. Dünya'da birçok ülke enerji üretiminde güneş enerjisine ciddi bir pay ayırmaktadır. Türkiye'de bu açıdan, uluslararası kuruluşlar ile işbirliği içerisine girip güneş enerjisinin temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilmesini ve

kullanılmasını desteklemektedir. Bu doğrultuda, Türkiye’de birçok yatırımcı ve kuruluş güneş enerjisine kaynak ayırmaya başlamış ve çalışmalar yürütmeye başlamıştır (Şenlik, 2017; Kırbas ve Çiftci, 2019; Orhan ve Şahin, 2022; Demir, 2023).

1.2. Araştırmanın Önemi

Kömür ve Enerji Raporu’na göre, geleneksel enerji kaynağı olan fosil kaynakların ömrü oldukça kısalmaktadır. Bu hızla tüketilmeye devam edildikçe petrolün 50-60 yıl, linyitin 220 yıl, doğalgazın 60-70 yıl ve maden kömürünün ise 120 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir. Bu öngörüler doğrultusunda fosil enerji kaynaklarının tüenecek oluşu ülkeler için alternatif enerji kaynağı bulmalarına yönelik çalışmalar yapmalarını sağlamıştır (Durukan ve Yılmaz, 2021).

Ülkemizin dışa bağımlılığını azaltmak, temiz enerji kaynakları olarak adlandırılan yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımları artırmak ve olası bir güneş enerji santrali kurulumu için en uygun alanı belirlemek amacıyla yapılmıştır. İlk kurulum maliyeti yüksek olan güneş enerjisi santralleri için en uygun yeri belirlemek santrallerden alınan verimlilik açısından da büyük önem arz etmektedir.

1.3. Sınırlılıklar

Akdeniz Bölgesi’nin Doğu Akdeniz Bölümü içerisinde yer alan Adana ilinin Ceyhan ilçesi sınırları, çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Güneş enerjisi santralleri için arazi mülkiyet durumu verisi yatırım ve sürekliliği sağlama açısından önemli kriter olup özellikle özel mülkiyet alanları ve hazine-vakıf arazileri en uygun alanlar olarak tercih edilmelidir (Gül ve ark, 2017). Arazi üzerindeki haklar ve mülkiyet yapısı önemli görülmektedir. Çünkü kamu arazisi ya da mülkiyet arazisi gibi farklı mülkiyet çeşitleri, projenin izin, planlama ve uygulama süreçlerini doğrudan etkileyebilir (Wiser et al 2016; Demir, 2023).

Kriterler arasına özellikle dahil edilmek istenen arazi mülkiyet durumu verisini temin edemeyişimiz çalışmanın sınırlılığı olarak belirtilebilir.

1.4. Sürdürülebilirlik

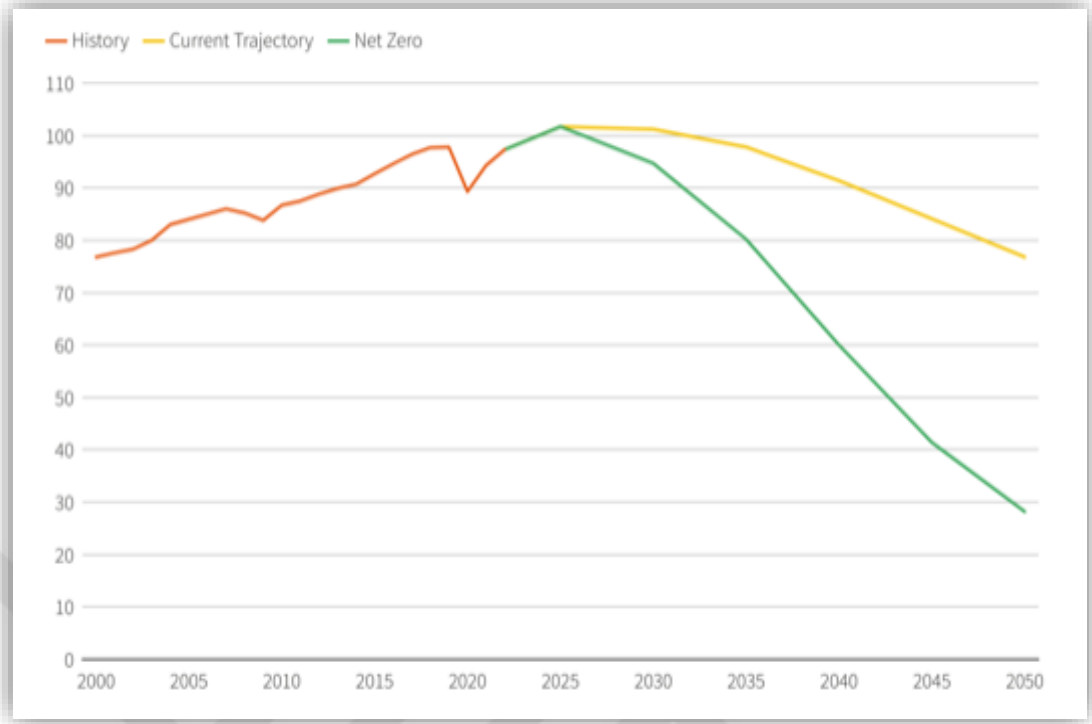
Sürdürülebilirlik kavramı ilk kez 1987 yılında “Ortak Geleceğimiz” olarak da bilinen Brundland Raporu’nda “Bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma” şeklinde ifade edilmiştir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024).

1.5. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Fosil yakıtlar olarak da adlandırılan petrol, doğalgaz, kömür ve nükleer enerji yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Sadece belli yerlerde olmaları, rezervlerinin sınırlı olması ve en önemlisi doğaya verdiği zarardan bahsedilebilir. Doğayı ve insan sağlığını her geçen gün daha fazla tehdit etmektedir. Fosil yakıtların yanması ile ortaya çıkan gazlar insan bağışıklık sistemini bozmakta kansere ve ölümlere sebep olmaktadır. Yine fosil yakıtların yanması ile açığa çıkan karbondioksit miktarı, ormanlarında azalması ile giderek artmaktadır. Atmosferdeki diğer gazlarla birlikte güneş ışınlarının yansımalarını engelleyip sera etkisi oluşturmakta ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Akusta ve Cergibozan, 2020).

Elektrik, modern toplumlarda ısıtma ve ulaşım başta olmak üzere genişleyen bir yelpaze alanına sahiptir. Elektrik üretmek için kullanılan fosil yakıtlar en büyük karbon emisyon kaynağıdır (Dulkadiroğlu, 2018).

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı 2021 verisine göre Orta Doğu’da petrolün rezerv ömrü 75 yıl, Orta ve Güney Amerika’da 144 yıl, Kuzey Amerika’da 27 yıl, Avrupa ve Asya’da 24 yıl, Afrika’da 41 yıl ve Asya- Pasifik’te 16 yıl rezerv ömrü kalmıştır (TPO, 2021).



Şekil 1.1. BP'nin 2024 yılı Petrol Talebi (Günde milyon varil) (BP, 2024)

Şekil 1.1'de görüldüğü üzere 2025 yılında petrol talebinde artış olup 102 MMbpd'ye ulaşması beklenmektedir. Fakat bir süre sonra her iki senaryoda şiddetli düşüş yaşanması beklenmektedir.

Mevcut yörüngede bir süre yataya sarıp 2035'ten sonra düşüş yaşanması beklenirken 2050 yılında 77 MMbpd seviyelerine düşecektir. Net sıfırda ise talepte 2025 sonrası ciddi bir düşüş yaşanıp 2050 yılında 28 MMbpd'ye düşecektir.

Çizelge 1.1. TEİAŞ'ın 2024 Mayıs ayı kurulu güç tablosu (TEİAŞ, 2024)

KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
Akarsu	642	8.327
Asfaltit Kömür	1	405
Atık Isı	170	330
Barajlı	100	23.885
Biyokütle	96	2.084
Doğal gaz	348	24.754
Fuel Oil	1	255
Güneş	13.132	14.800
İthal Kömür	1	10.374
Jeotermal	15	1.691
Linyit	13	10.207
LNG	1	1
Motorin	1	1
Nafta	5	5
Rüzgar	104	12.103
Taş Kömürü	841	841
Toplam	13.870	110.033

1.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları doğanın kendi işleyiş mekanizması doğrultusunda sürekli kendini yenileyen bir yapıya sahiplerdir. Mevcudiyeti, ulaşılabilirliği ve yerli kaynaklar olması bakımından dışa bağımlılığı azaltması, ülkenin kalkınmasına destek olması ile kendisine güçlü destek bulmuştur (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açığı kapatmak, dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla fosil kaynaklar harici kaynakları daha etkin kullanma zorunluluğu doğmuştur. Sadece ekonomik açıdan olmamakla birlikte yeryüzünün yaşanılabilir bir yer olmaya devamı açısından da son derece önem arz etmektedir. Çevre dostu olarak tanımlanan bu kaynaklar, ülkelerin iklim değişikliği kaynaklı felaketlerinin önüne geçmesi adına evrensel acil durum sinyallerini yakmıştır.

Türkiye'nin 2024 yılında yaklaşık toplam yenilenebilir kurulu gücü 62.883 MW'a yükselmiştir. 2024 Mayıs ayı kurulu güç raporuna göre, toplam kurulu gücü 110.033 MW'a ulaşmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

1.6.1. Hidrolik Enerji

Yüzeyde suyun düşüşüne ve akış hızına bağlı olarak elde edilen enerji türüdür. Suyun enerjisinden faydalanılarak elde edilen enerji, ülkelerin coğrafi konumuna bağlı olarak önem taşımaktadır. Dünyada hidrolik enerji alanında Çin lider ülke olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hidroelektrik enerji, Türkiye’de yenilenebilir enerjiler içerisinde en büyük paya sahip olan ve teknolojik gelişimi en iyi durumda olan kaynaktır. Bu kaynaktan yüksek verim alabilmek için bölgenin topoğrafya özellikleri belirleyici rol oynamaktadır. Bu doğrultuda bölgeleri kıyaslayacak olursak en az yükselti ve engebe özelliklerine sahip olup akış hızı düşük olan Marmara Bölgesi düşük potansiyel barındırırken en fazla yükselti ve engebe özelliklerine sahip olan, akış hızı yüksek olan Doğu Anadolu Bölgesi yüksek potansiyel barındırmaktadır (Kenet, 2020).

1.6.2. Güneş Enerjisi

Hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları sonucu oluşan ışıma enerjisi, güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin yaydığı ışınım kuvvetinin değeri yaklaşık olarak 1370 W/m^2 dir. Fakat bu ışınlar dünyaya girerken atmosfer içerisinde kayıplar yaşaması sebebiyle $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişebilmektedir. Atmosferi aşıp yerküreye ulaşan güneş ışınlarının küçük bir bölümü bile insanoğlunun tükettiği enerji miktarından çok daha fazladır. Güneş enerjisi fotovoltaiik sistemler olarak adlandırılan paneller aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır (Akcan ve ark., 2020).

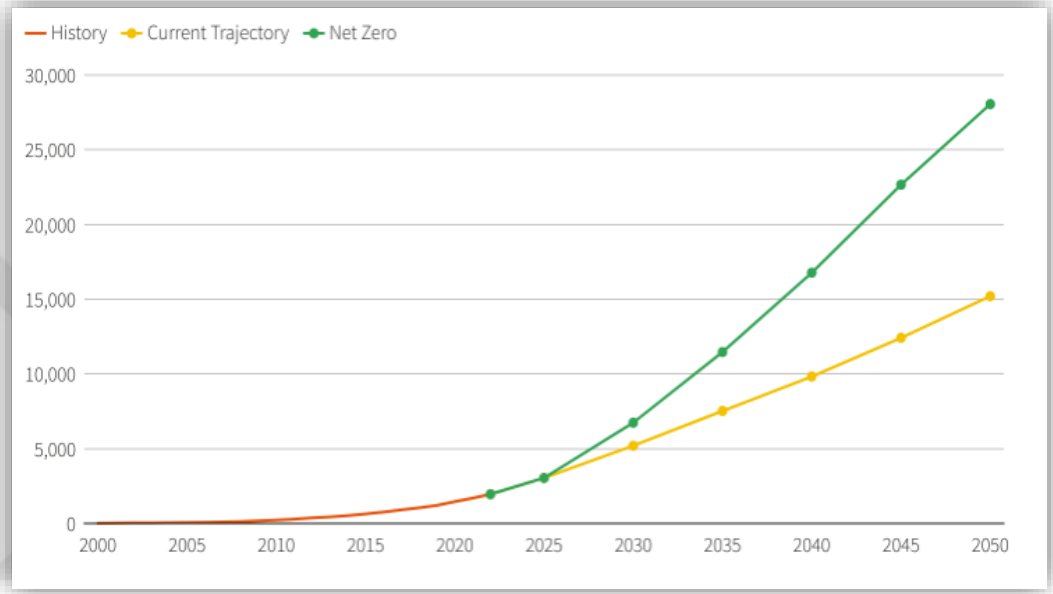
Güneş, enerjisini yitirmeyip ışınımını milyonlarca yıl sürdüreceğinden dolayı Dünya’ımız için sonsuz enerji kaynağı olarak görülmektedir.

1.6.3. Rüzgar Enerjisi

Tükenme olasılığı bulunmayan rüzgar enerjisinden elektrik üretmek oldukça pratik ve hızlı dönüştürülmesi açısından son derece önemlidir. Rüzgar hızının yıllık ortalamasının üzerinde olduğu ve yıl boyunca rüzgarın etkili olduğu bölgelere türbinlerin kurulması gerekmektedir.

Şekil 1.2 verilerine göre, mevcut yörünge senaryosunda rüzgar ve güneş kapasitesi 2050 yılına kadar artış gösterecektir. Özellikle net sıfır senaryosunda ciddi artış olması beklenmektedir.

Rüzgar ve güneş enerjisi yatırımlarının artması, teknolojilerin hızla gelişmesi artan talebi karşılama maliyet düşüşüyle desteklenmektedir (BP, 2024).



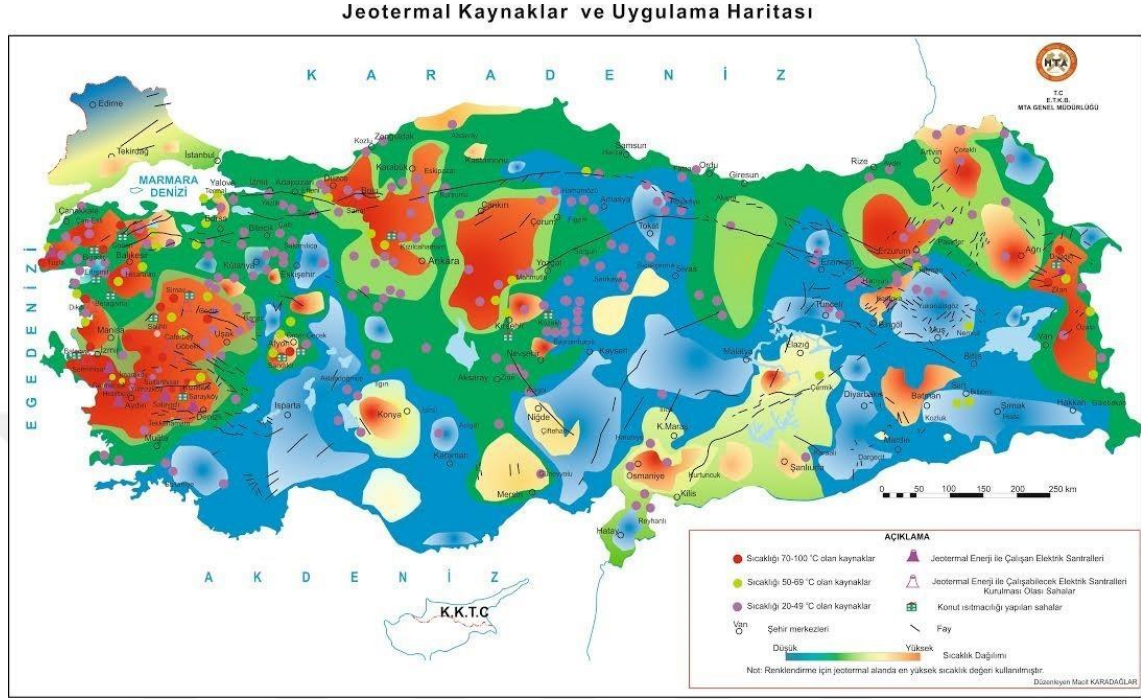
Şekil 1.2. Kurulu Güç ve Güneş Kapasitesi (Gigawatt) (BP, 2024)

1.6.4. Jeotermal Enerjisi

Yer kabuğunun derinliklerinden çıkan sıcak sudan ve sıcak suyun buharından sağlanan enerjidir. Elektrik üretmenin yanı sıra bölgesel konut ısıtma, kimyasal madde üretimi, kültür balıkçılığı, seracılık, tarım, termal turizm vb. alanlarda da kullanılmaktadır.

Türkiye genç oluşumlu bir arazi olması sebebiyle jeotermal potansiyeli oldukça yüksektir. Potansiyel alanların; %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından Avrupa'da birinci, kurulu güç bakımından dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni

Zelanda jeotermal enerjiden elektrik üreten ülkeler olarak sıralanabilir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).



1.6.5. Dalga Enerjisi

Denizlerde oluşan dalgaların yarattığı itme gücüyle oluşturulan enerji çeşididir. Denizdeki dalgalar temelde üç şekilde oluşmaktadır. Birinci olarak deniz dibinde meydana gelen depremler ve deniz altı heyelanları, ikinci olarak kuvvetli rüzgar ve fırtınalar, son olarak da gel-gitler sonucu oluşmaktadır (Özdamar, 2000).

1.6.6. Biyoenerji

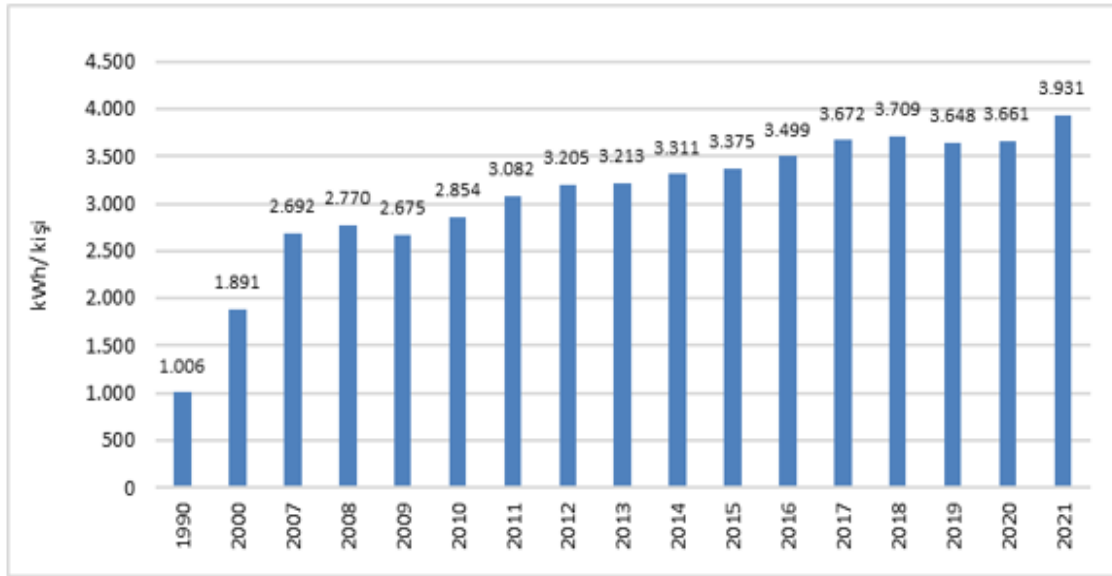
Kısa fosilleşmemiş canlı kalıntılarından elde edilen enerjidir. İklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve çevrenin korunmasının yanı sıra ısı ve elektrik odaklı potansiyel söz konusudur. Türkiye’de elektrik üretmedeki payı oldukça azdır. Haziran 2024 itibarıyla %2’lik paya sahip olmuştur.

Biyokütle enerji kaynağı farklı alternatiflerle elde edilen organik maddeler, yerli kaynaklar olduğu için enerji üretiminde biyokütle tabii olarak yerel üretim ve istihdamı

desteklemektedir. Böylelikle kırsal bölgedeki sosyal ve ekonomik yapının iyileşmesine katkıda bulunup kırsal bölgedeki göçleri önleyebilmektedir. Biyokütle enerjisinin modern işletilmesiyle enerji hatlarından uzak mesafede olan bölgelerin kendilerine yetecek enerjiyi sağlayabilmesi olanak dahilindedir. Elektrik üretimi başta olmak üzere ısıtma ve soğutmada sistemlerinde, taşımacılıkta, sanayide ve birçok alanda biyokütle enerjisi kullanılabilir. Çevre duyarlılığı ve sürdürülebilir kalkınma açısından dünyada ve Türkiye’de önem arz etmektedir (Türkşen, 2024).

Çizelge 1.2. 2024 yılı Aralık Ayı Sonu İtibarıyla Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

ENERJİ KAYNAĞI	BİRİM (%)
Hidrolik enerji	%27,8
Doğal gaz	%21,3
Kömür	%18,9
Rüzgar	%11,1
Güneş	%17,1
Jeotermal	%1,5
Diğer Kaynaklar	%2,3
Toplam	100



Şekil 1.4. Kaynak: Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2020 Yılı İstatistikleri, 2023

Kişi başı elektrik enerjisi tüketimi (kWh/kişi) grafiğini incelediğimizde, kişi başına düşen brüt elektrik tüketiminin 1990 yılında 1006 kWh seviyelerinde olduğu görülmektedir. 2021 yılına gelindiğinde ise bu değer 3931 kWh seviyelerine yükselmiştir.

1.7. Dünya’da Güneş Enerjisi

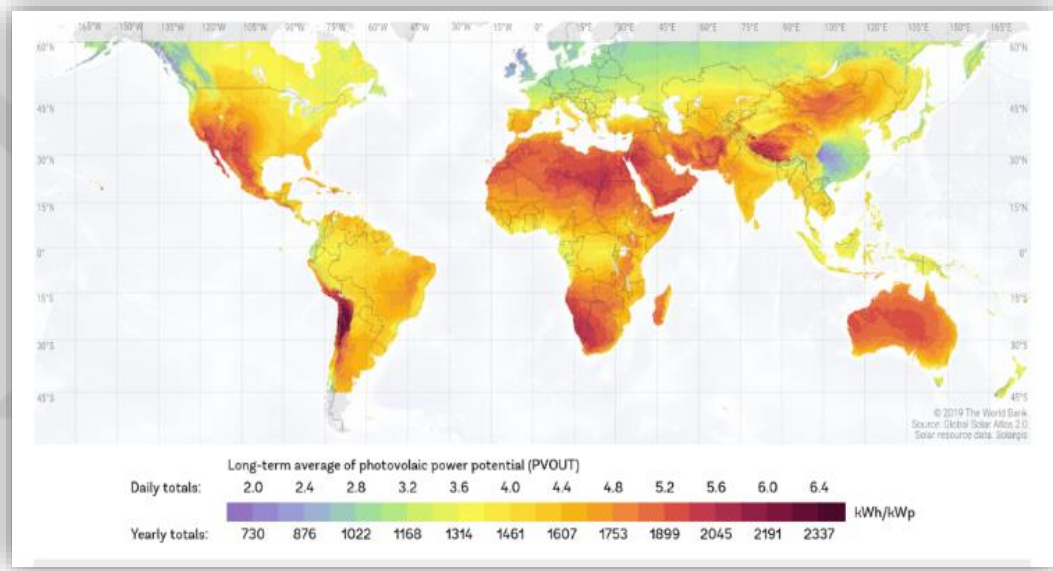
1860 yılında Fransa’da makineleri çalıştırmak ve buhar üretmek amacıyla ilk güneş enerji sistemi geliştirilmiştir. 1876 yılında bir Selenyum güneş pilinde doğrudan güneş ışığından elektrik üretmenin ilk gösterimi gerçekleştirilmiştir. 1958 yılında yörüngedeki ilk ABD uydusu güç için güneş pillerini kullanmıştır. 1700’lerde Güneş pillerinin fiyatı düşmeye başlamış ve arazi, kullanım için uygun maliyetli hale gelmiş. 1978 yılında ABD’de dünyanın ilk güneş enerjisiyle çalışan köyü kurulmuştur. 1981 yılında ilk büyük ölçekli güneş-termal enerji santrali Daggett, Kaliforniya’da faaliyete başlamıştır (Demir ve Yakışık, 2024). Geçmişten günümüze güneş enerjisinden farklı şekillerde yararlanılmış ve günümüzde kullanım alanları büyük oranda artmıştır.

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en geniş kapsamlı olanıdır. 19. yüzyılın sonlarında Amerika Birleşik Devletleri’nde su ısıtılmasının güneş enerjisi teknolojisi ile ticari boyuta dönüşmesi sonrası yaygınlaşmıştır. Zamanla gelişen teknoloji ile beraber güneş enerjisi ısı toplayıcıları daha verimli olarak geliştirilmiştir (Jelly, 2023:38; Saçlı, 2025).

Dünya üzerinde enerji tüketiminin büyük bir bölümü fosil kaynaklara dayanmaktadır ve bu durum var olan küresel karbondioksit temelli sera gazı emisyon salınımının artmasında büyük rol oynamaktadır (Moriarty & Honnery, 2007; Kurt, 2024). Uluslararası Enerji Ajansı’na göre dünyada en çok kullanım gösteren enerji kaynağı, kömür daha sonra doğal gaz gelmektedir. Güneş enerjisinin 2027 yılına kadar en çok kullanılan enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir (Öcül, 2024).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Dünya Enerji Yatırımı 2023 raporunda enerji talebinin karşılanmasında temiz ve sürdürülebilir enerjiye yatırımların, geleneksel enerji kaynaklarına olan yatırımlardan daha fazla olduğu ve rüzgar enerjisiyle birlikte güneş enerjisini bu isteği karşılayabilecek birincil yenilenebilir enerji kaynakları olarak belirtilmektedir (IEA, 2023; Rasouli ve ark., 2023; Kurt, 2024).

Dünya piyasası içerisinde Çin Halk Cumhuriyeti güneş enerjisi teknolojilerinde piyasanın yaklaşık üçte ikisini elinde bulundurmaktadır (Jelly, 2023:38; Saçlı, 2025). Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın kurulu güç istatistiklerine göre ilk sırada Çin, ABD ve Brezilya yer alıyor. Bu üçlüyü Hindistan, Almanya, Japonya, Kanada, İspanya, Fransa ve İtalya izliyor. Türkiye'de 58 bin 462 MW ile 11'inci sırada yer alıyor. Türkiye'nin ardından da Rusya, İngiltere, Avustralya ve Vietnam geliyor. Türkiye, daha önceki sıralamada 12'nci sırada yer almaktaydı (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).



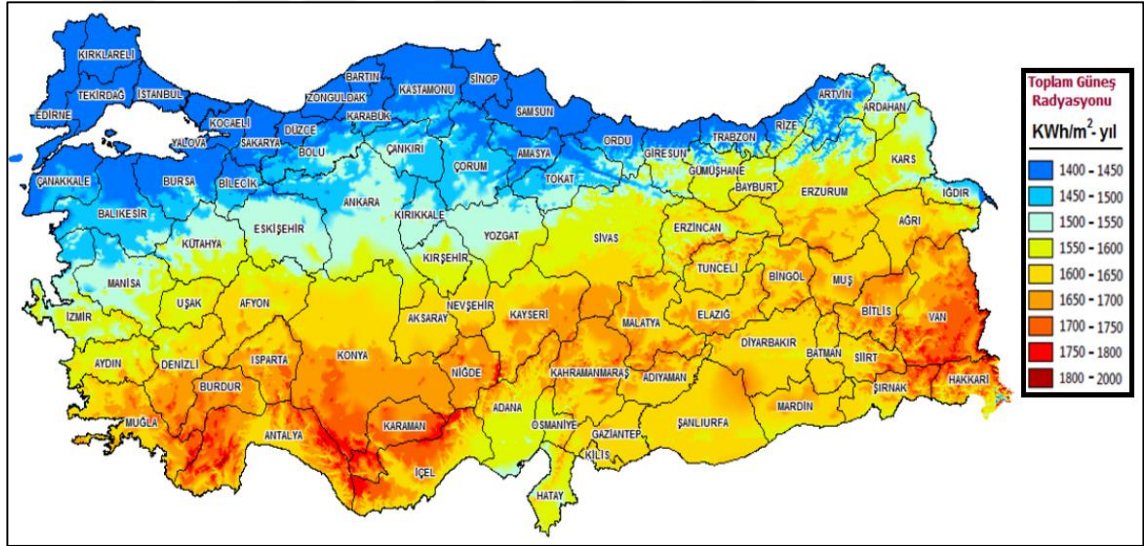
Şekil 1.5. Dünyanın Güneş Radyasyonu. (Solargis & Global Solar Atlas, 2024)

1.8. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'nin güneşlenme süresi metrekarede yıllık ortalama olarak 2.640 saat değerindedir. Ortalama ışınım şiddeti ise metrekarede toplam 1.311 kWh/yıl'dır. Türkiye'nin yüz ölçümü üzerinden düşünecek olursak bu miktar, 779.452 km²'lik alanda 1.021.861.572.000.000 kWh/yıl kadardır. Bu değer Türkiye'de kişi başına düşen enerji güneş enerjisi miktarının aşağı yukarı 14.000.000 kWh olduğunu gösterir. Türkiye'de yıllık tüketim miktarı kişi başına 2.700 kWh olan elektrik enerjisinin 5.000 katından fazladır (Güneş enerjisi, 2024).

Türkiye toprakları coğrafi konum olarak 36–42° kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Orta kuşakta yer alması yıl içerisinde güneş ışınlarının geliş açısında değişime sebep olmaktadır ve bu doğrultuda yıl içerisinde sıcaklık değişimi fazla olmaktadır. Coğrafi konumundan ötürü ülkemiz GES kurulumuna elverişli pek çok lokasyona sahiptir ve önemli oranda güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bakanlığımız tarafından hazırlanan Şekil 2.6’ da gösterilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası’nı incelediğimizde Türkiye’nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2.741 saat olup yıllık ortalama ışınım değeri 1.527kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Haritaya baktığımızda coğrafi konumumuzun etkisi ile güneyden kuzeye doğru güneş enerjisi potansiyelinin azaldığı görülür. En yüksek potansiyele sahip alanlar ise Türkiye’nin güney ve güneydoğu bölgeleri olduğu görülmektedir.

GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ATLASI (GEPA)



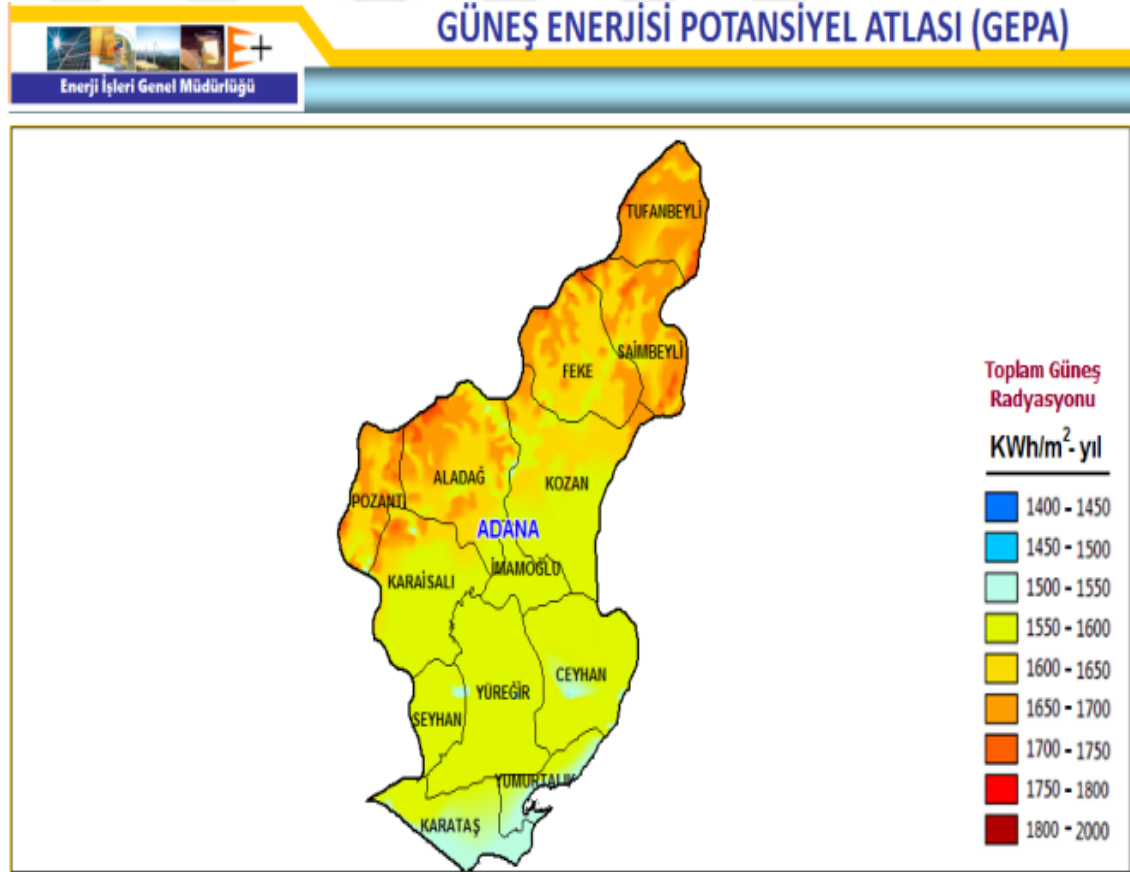
Şekil 1.6. Türkiye’de yıllık toplam güneş radyasyonu dağılışı (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2024)

Türkiye’nin ışınım değerlerinin güneyden kuzeye doğru azalması, daha kuzeyde kalan şehirlerimiz için dezavantaj gibi görünebilir fakat yapılan bir çalışmaya göre, ülkemizde hem güneşlenme süresi hem de güneşlenme şiddeti değeri bakımından potansiyeli en düşük bölgemiz Karadeniz Bölgesi’dir. Almanya’nın hem güneşlenme süresi hem de güneşlenme şiddeti bakımından potansiyelinin en yüksek olduğu Bayern eyaleti ile kuzeyde yer alan Sinop ilimiz karşılaştırılmış. Sonuç olarak Sinop ilinin Bayern eyaletinden daha yüksek potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda

ülkemin her bölgesinin GES arazileri açısından değerlendirilebilirliğini kanıtlamıştır (Alcan ve ark., 2018).

1.9. Adana'nın Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş'in doğduğu andan battığı ana kadar geçen sürede güneş ışınlarının yeryüzüne ulaştığı zaman aralığına güneşlenme süresi denir. Güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak Türkiye'nin güneyinde yer alan illerin radyasyon değeri daha yüksektir. Adana ili coğrafi konumu ve güneşlenme süresi bakımından Türkiye'nin birçok ilinden daha avantajlıdır. Adana, Şekil 1.7'de yer alan Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'nda da görüldüğü üzere radyasyon açısından büyük potansiyele sahiptir.



Şekil 1.7. Adana'da yıllık toplam güneş radyasyonu dağılımı (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2024)

1.10. Güneş Teknolojileri

1.10.1. Isıl Güneş Teknolojileri

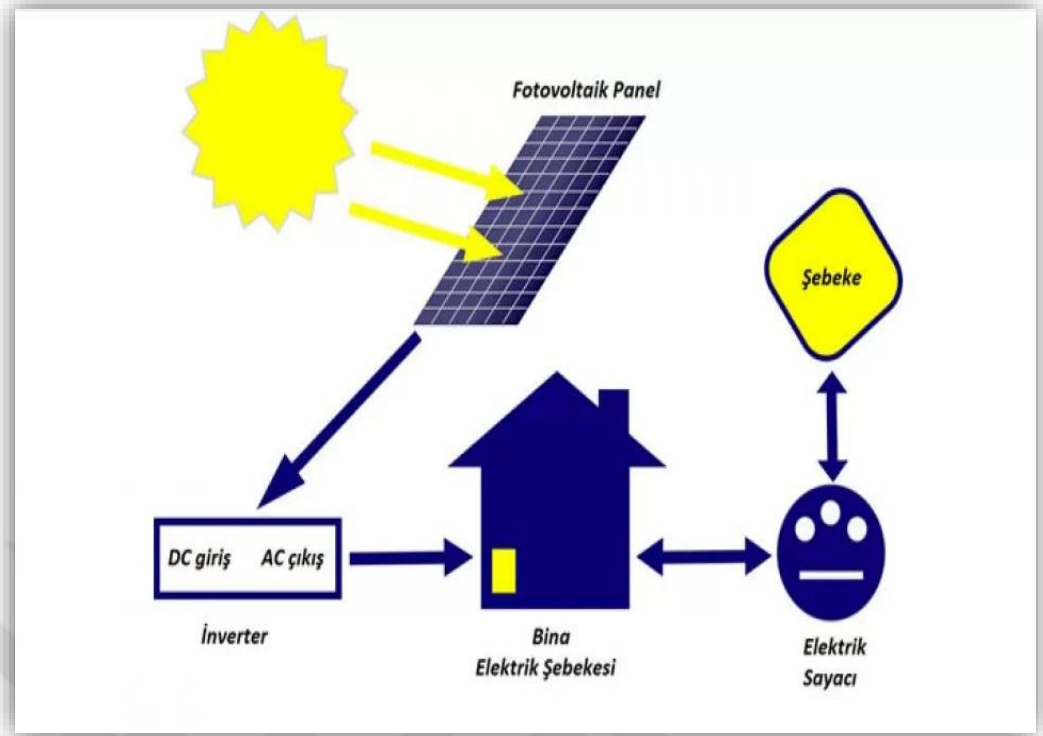
Edinilen sıcaklık değerine göre Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri, düşük sıcaklık uygulamaları ve yoğunlaştırıcı ısı sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

1.10.1.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları

Güneş enerjisinden düşük sıcaklık ile elde edilen uygulamalar, düzlemsel ve vakumlu güneş kolektörleri aracılığıyla sağlanır. Bu uygulamalar: su arıtma sistemleri, güneş havuzları, güneş mimarisi, güneş bacaları, sera ısıtma ve ürün kurutma sistemleridir. Uygulama türleri arasından düzlemsel kolektörler, ön cephesine gelmekte olan güneş enerjisinden en yaygın ve kolay yararlanma yöntemidir. Düzlemsel güneş kolektörleri, dış yüzeyine gelen güneş enerjinin havaya, suya ya da herhangi bir akışkana iletilmesi ilkesine göre çalışmaktadır. En fazla evlerde su ısıtma amacıyla kullanılan sistemler olarak nitelendirilebilir. Sıcaklıkları 70°C'ye kadar ulaşabilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

1.10.1.2. Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler

Yoğunlaştırıcı ısı güneş enerjisi teknolojileri daha çok elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Yoğunlaştırıcı ısı güneş enerjisi teknolojilerine dayalı üretim tesislerinde kurulu kapasite 10 MW ve üzerinde olmaktadır.



Şekil 1.8. Fotovoltaik Sistem (Anonim, 2025b)

1.10.2. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri

Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren teknolojik sistemdir. Fotovoltaik güneş sisteminde temel prensip fotovoltaik dönüşümdür. Dönüşüm iki aşamada meydana gelmektedir. Birinci aşama, negatif ve pozitif akım taşıyıcıları olan yük çiftlerinin oluşturulmasıdır; ikinci aşama ise çiftlerin bir elektrik alanıyla birbirinden ayrılmasıdır. İçinde fazla elektron bulunan n-tipi yarı iletken madde ile fazla pozitif yük bulunan p-tipi yarı iletken madde bir araya getirilip PN eklemi oluşturulur. Bu ekleme yapısal bir şekilde oluşturulan elektriksel bir alan vardır. Enerji dönüşüm olaylarının tümü bu bölgede olmaktadır. Bahsedilen ekleme gelen güneş fotonları, mevcut enerjisini eklem içerisindeki elektronlara aktarır ve bu enerji ile oluşmakta olan negatif–pozitif yükler, mevcut elektriksel alan ile birbirlerinden ayrılır. Böylelikle devrede doğru akım üretilmiş olur. Üretilen bu doğru akım istenildiği takdirde akü grubunda depolanabilmektedir ya da DC/AC invertörler aracılığıyla şebekeye verilebilmektedirler (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).

1.11. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); konuma dayalı grafik ve öznitelik verilerinin bilgisayar aracılığıyla toplanması, aktarılması, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatta çıktı alınabilmesi için oluşturulmuş bilgi sistemidir (Aranoff, 1991).

1.11.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojik gelişmelerle birlikte birçok uygulamayı içinde barındırmaktadır. İş ve hizmetlerin tıkanma eğiliminde olduğu sorunlar karşısında, var olan yerleşmelerde veya yerleşilmesi planlanan bölgelerde, yerel yöneticiler için çözüm olarak en fazla önerilen yöntemdir. Yerel yönetim ve belediyelerde kullanım alanları: havza yönetimi, çevre yönetimi, uygun yer seçimi, ulaşım planlama, çok kriterli karar analizi, akıllı harita üretmek, kazı ve dolgu çalışmaları, envanter çalışmaları alan planlama, senaryo-trend analizleri, üç boyutlu arazi modellemeleri, kirlilik modellemeleri, deprem hasar analizi, araç takibi, üç boyutlu arazi modellemesi ve vergi takibi gibi kullanım alanları bulunmaktadır. Bu kullanım alanları dışında:

Eğitim planlamalarında (öğrenci-öğretmen sayılarında, okuma ve yazma oranlarında, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve araştırma inceleme alanları),

Sağlık yönetim alanlarında (hastane kapasitelerinde, sağlık tarama hizmetlerinde, ambulans hizmetlerinde),

Turizm faaliyetlerinde (turizm tesislerinin kapasiteleri, arkeoloji çalışmaları),

Doğal kaynak yönetiminde (arazi yapısı, yer altı ve yer üstü doğal kaynakların yönetiminde, akarsular, madenler),

Savunma ve güvenlik (araç takibi, trafik, emniyet, suç haritaları),

Ormancılık ve tarımsal alanlarda (arazi örtüsü, toprak haritaları, eğitim ve bakım hesaplamaları, orman sınırları ve orman amenajman çalışmaları),

Belediye faaliyetleri (imar alanları, park ve bahçeler, TV kablolu, alt yapı, ulaştırma, kentsel faaliyetler),

Ulaşım planlamaları (kara-hava-deniz ulaşım ağları, enerji nakil hatları, doğal gaz boru hatları...) genel olarak bunlar ve daha birçok alanda Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalandığını söyleyebiliriz (Töreay ve ark., 2010).

1.11.2. Santral Kurulacak Alanların Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi'nin Avantajları

Bir enerji santralinde yer seçimi için en önemli unsurlar arasında seçilecek bölgedeki enerji kaynağının potansiyeli yer almaktadır. Fakat en yüksek potansiyele sahip bölgeler GES için her zaman uygun yer olmamaktadır; arazinin eğimi, toprak yapısı, yağış oranı gibi birçok farklı kriter de değerlendirilmeye alınmaktadır.

İlk yatırım ve kurulum maliyeti yüksek olan bu projelerde doğru yer seçimi projenin başarısını doğrudan etkilemektedir. Proje için etkin yer seçimi, maliyet ve zaman tasarrufu sağlamak amacıyla CBS tercih edilmektedir.

CBS'nin çalışma ilkesi temelde, belli bir coğrafi alan için grafik ve öznitelik verilerini ilişkilendirerek ayrı ayrı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanlar üzerinde çalışılarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır.

GES arazileri için en uygun alanların belirlenmesinde pek çok kriter rol oynamaktadır; tüm kriterlerin birbirleri ile uyumu göz önünde bulundurularak izlenmesi, yorumlanması ve yönetilmesi amacıyla CBS oldukça kullanışlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm kriterlerin analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında çoğu çalışmada CBS tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi kullanılmıştır.

CBS kullanılması bilgi akışını hızlandırıp veri güncelleme kolaylığı sunmasından dolayı zamandan tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Etkili ve doğru analizler yapmakta ve iş verimliliğini artırmaktadır (Töreayen ve ark., 2010).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. GES ile İlgili Çalışmalar

Matpay (2024), “Coğrafi Bakımdan Güneş Enerji Santrali (GES) için Uygun Yerlerin Belirlenmesi, Van İli Örneği” çalışmasında çok kriterli karar alma analizi yöntemlerinden analitik hiyerarşiyi kullanmıştır. Solar radyasyon, yükselti, göl, eğim, bakı, yol, akarsu, enerji hatları, fay hatları, yerleşim yerleri faktörlerini kullanarak uygunluk haritaları üretmiştir. Sonrasında kriterlerin ağırlıklı çakıştırılması yapılarak GES uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Öcül (2024), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Güneş Santrali için Yer Seçimi: Amasya Merzifon Örneği” adlı çalışmasında GES kurulumuna etkili olan on üç adet kriter belirlenip kriter haritaları üretmiştir. Uzman görüşü gerektiren FUCOM yöntemi ve uzman görüşü gerektirmeyen CRITIC yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmış kriterlerden faydalanmıştır. Bu iki farklı yöntemle elde edilen kriter haritaları birleştirilmiş ve GES kurulumu için uygunluk haritaları elde edilmiştir. Sonuç haritalarına göre FUCOM yöntemi ile çok uygun alanlar %4.4 olarak belirlenirken CRITIC yöntemi ile %0.3 olarak belirlenmiştir.

Göbeloğlu ve Ungan (2023), “AHP-VIKOR Hibrit Yöntemi ile Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi” adlı çalışmalarında AHP yöntemiyle birlikte farklı olarak VIKOR yöntemini de kullanmıştır.

Turan (2022), çalışmasında Adana ilinde güneş enerjisi santralleri kurulumu için uygun yer seçimi yapmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemini kullanarak en uygun alternatif alanları belirlemiştir.

Altınışik (2020), İzmir ilinde GES kurulumu için uygun yer seçiminde geliştirilen yöntem, CBS ile ÇKKA yöntemi ve AHP tekniğini kapsamaktadır.

Kaımbekova (2020), çalışmasında Kazakistan’ın coğrafi konumu ve yüksek güneş alma yüzdesi sebebiyle Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında analizi yapılmıştır. Çok Ölçütlü Karar Analizi olarak yaygın bir şekilde kullanılan Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile güneş enerjisi santrali kurulumu için uygun yer belirlenmiştir.

Geçen (2019), bu çalışmada Hatay ilinin güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmektedir. Çalışmanın amacı Hatay ilinde güneş enerji santrali kurulacak en uygun alanların ve alternatif alanların belirlenmesidir. Çalışmada Coğrafi Bilgi

Sistemleri kapsamında kullanılan yöntem, Çok Ölçütlü Karar Analizi'dir. Bu yöntem ile uygun alanlar ve alternatif alanlar tespit edilmiştir. Uygun alanların tespiti kapsamında 13 kriter değerlendirilmiştir. Bu kriterler; eğim, bakı, yollara uzaklık, trafo merkezine uzaklık, elektrik iletim hatlarına uzaklık, göllere uzaklık, akarsulara uzaklık, yerleşmelere uzaklık, taş ocaklarına uzaklık, fay hatlarına uzaklık, bitki örtüsü, toprak grupları ve kuş göç yollarına uzaklıktır.

Mwanza (2019), "Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Sürdürülebilir Sahaların Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi" adlı çalışmada Zambiya'nın sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji hasadı için uygun alanlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Uzar ve Koca (2019), güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde uygunluk haritasının oluşturulması için klasik ve bulanık mantığı yöntemlerini kullanmıştır. Çalışma alanı olarak İzmir ilinin Menemen ilçesini seçmiştir.

Gürbüz ve Obut (2015), "Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi" çalışmasıyla Kahramanmaraş ilinin Göksun ilçesinde GES kurulumu için uygunluk analizini CBS ortamında güneş enerji potansiyeli, eğim, bakı, arazi kullanımı, arazi örtüsü alanları, hidrografik özellikler, yerleşim ve ulaşım ağı, deprem fay hattı, maden alanları, koruma alanları, elektrik hattına ve trafo hattına yakınlık kriterleri değerlendirilip karşılaştırılarak en uygun alanlar belirlenmiştir.

Güçlüer (2010), çalışmayı ortaya çıkaran ilk kişi olarak kendinden sonraki çalışmalara referans olmuştur. Güçlüer'in çalışmasındaki amaç, bir ilde kurulacak olan güneş enerjisi santrali için en uygun alanların CBS ortamında belirlemeye çalışmaktır. En uygun alanların belirlenmesi amacıyla CBS ve Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemini Konya ili için uygulanmıştır. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA), sayısal yükseklik modeli, il sınırları, çevre koruma alanları, kuş göç yolları, eğim, nehirler, göller, trafo merkezleri deprem fay hattı, enerji nakil hattı, kara yolu, demir yolu, hava limanları, rüzgar elektrik santralleri (RES) gibi parametreler kullanılarak Konya ili için en uygun alan belirlenmiştir.

Bu alanla ilgili diğer çalışmalar ve kullanılan yöntemler Çizelge 2.1'de yer almaktadır:

Çizelge 2.1. GES alanında daha önce yapılmış çalışmalardan bazıları.

Yöntem	Çalışma Bölgesi	Yazar
CBS-UA-AHP	Irak	Allaq, 2024
CBS-AHY	Van	Halifeoğlu, 2024
ÇKKV-AHP	Mardin	Tekdamar ve Tekdamar, 2024
CBS-ÇKKV-AHY	Kilis	Kurt, 2024
CBS-ÇKKV-BAHP	Batı Akdeniz	Yılmaz, 2024
ÇKKV-FUCOM-CRITIC	Amasya ili Merzifon ilçesi	Öcül, 2024
CBS –AHP	Ağrı	Demir, 2023
ÇKKV-AHP	Kars	Demir, 2023
CBS –AHP	Elazığ	Beycur, 2022
CBS-ÇKKA-AHY	Karabük	Çıtıroğlu ve Arca, 2022
ÇKKV-AHP	Mersin	Güner, Tekin, Çilek ve Çilek, 2021
ENTROPİ, TOPSIS, MOOSTRA, ARAS	KOP Bölgesi	Ateş ve Topal, 2021
CBS-ÇKKV-AHY	İzmir	Altınışık, 2020
AHY-Bulanık	İzmir ili Menemen ilçesi	Uzar ve Koca, 2020
CBS-UA-AHP	Burdur	Yalçın ve Yüce, 2020
CBS- ÇKKV	Karaman	Salıhoğlu, Seyrek ve Kaymakçioğlu,2020
CBS	Isparta ili	Karakoç, 2019
CBS-AHP	Yunanistan- Girit	Giamalaki ve Tsoutsos (2019)
UA- CBS-ÇKKV	Antalya	Kırcalı, 2019
CBS- ÇÖKA	Hatay	Geçen, 2019
CBS-ÇKKV-AHY	Kayseri	Aslan, 2019
CBS-ÇKKV-AHY	Eskişehir	Türkseven, 2019
CBS-ÇKKV-AHY	Malatya	Gerçek, 2018
ÇKKV-TOPSIS- MOORA	Batı Akdeniz	Duman, 2018
CBS-AHP	Suudi Arabistan	Al Garni ve Awasthi,2017
CBS- ÇÖKA	Kahramanmaraş ili Göksun ilçesi	Obut, 2016
CBS-ÇKKV	Konya	Güçlüer, 2010

2.2. Diğer Çalışmalar

Balcı (2024), “Hatay İlinde Duyarlılık Analizi” adlı çalışmasında CBS ve UA tekniklerini kullanarak afetlerin duyarlılık analiz çalışması yapmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci, ICONA ve CBS gibi yöntemler kullanılarak çalışmasını tamamlamıştır. AHS

yöntemi ile farklı doğal afetlerin önem derecelerini belirlemiş, ICONA yöntemini özellikle toprak erozyonu ve diğer farklı afetlerin duyarlılık analizi için tercih etmiştir. CBS ve UA ile elde ettiği veriler ve bu yöntemleri entegre edip afetlerin mekânsal dağılışını tespit etmiştir.

Çevik (2024), çalışmasında Hatay ilinde ormanlık alanlarda yangın havuzları ve göletleri için uygun yer seçimi yapmayı amaçlamıştır. Çalışmasını Coğrafi Bilgi Sistemleri temelli Çok Ölçütlü Karar Analizi yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci ile yapmıştır. Belirlenen ölçütler ışında yangın havuzları ve göletler için uygun yerlerin haritası oluşturulmuştur.

Dursun (2022), çalışmasında Bilecik ili Osmaneli ilçe sınırları için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak taşkın risk analizi yapmıştır. Çok Ölçütlü Karar Analizi yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak taşkına sebep olan parametreler (akarsuya uzaklık, yağış, yükseklik, eğim, bakı, arazi kullanımı, jeoloji ve sıcaklık) ağırlık derecesine göre hesaplanmıştır. Sonuç itibariyle %11.94 oranında çok yüksek riskli, %35.98 yüksek riskli, %28.72 riskli, %20.61 az riskli ve %2.75 oranında risksiz alanlar tespit etmiştir. Ve genellikle akarsu havzalarına yakın alanlar riskin fazla olduğu alanlar olarak tespit edilmiştir.

Delice (2022), çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Ölçütlü Karar Analizi tekniklerinden olan Analitik Hiyerarşi Yöntemini kullanarak Bursa ili arazilerinde süt sığırı kurulabilecek alanları değerlendirmiştir.

Mercan (2020), “Aydın İli Uygun Örtüaltı İşletme Yerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Belirlenmesi” çalışmasında ÇÖKA yöntemlerinden AHP tekniğini kullanmıştır. Topoğrafya, iklim, su, toprak ve ekonomi olmak üzere beş ana ölçüt belirlemiş ve yer üstü su kaynaklarına uzaklık ile arazi kullanım kabiliyet sınıfı dikkate alınmıştır.

Açık (2019), çalışmasında Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden TOPSİS, AHP ve CBS’ den faydalanarak Niğde, Aksaray, Karaman ve Konya illerinde arıcılık faaliyetlerinin yürütüleceği uygun yerlerin tespiti amaçlanmıştır.

Tanrıverdi (2019), “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Şanlıurfa İl Merkezinin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi” çalışması Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA), Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmıştır. CBS

aracılığıyla taşkın alanları belirlenip oluşacak risk gruplarının arazi kullanımları çıkarılmıştır.

Güney ve Turoğlu (2018), “Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Erozyon Yüzeyleri Envanter Verisinin Kullanımı, Selendi Çayı Havzası Örneği” adlı çalışmalarında Çok Ölçütlü Karar Analizi yöntemindeki sübjektif atama değerlerin yanında Erozyon Yüzeyleri Envanteri yöntemi de uygulanmıştır.

Girgin (2017), çalışmasında Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Harita-Geomatik Mühendisliği Bölümü mezunlarının özel sektördeki işe alımlarında aranan temel özelliklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Tüfekçi (2016),” Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Çok Ölçütlü Karar Analiziyle Tsunami Risk Değerlendirmesi, Bakırköy, İstanbul” çalışmasında İstanbul’un Marmara kıyılarının çok kez depremlerle tsunamiye maruz kalması sebebi ile tsunami risk analizi yapmıştır. ÇÖKA yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi İşlemi’ni seçmiştir

Yalçın (2016), yaptığı çalışmada Afyonkarahisar-Akarçay Havzası’nın potansiyel jeotermal alanlarını CBS tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi ve UA yöntemleriyle belirlemiştir.

Yücel (2015), “Atık Su Arıtma Tesisleri için Uygun Alanların CBS Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi” çalışmasında atık su arıtma tesisinin yerinin en uygun şekilde belirlenebilmesi amaçlanmıştır.

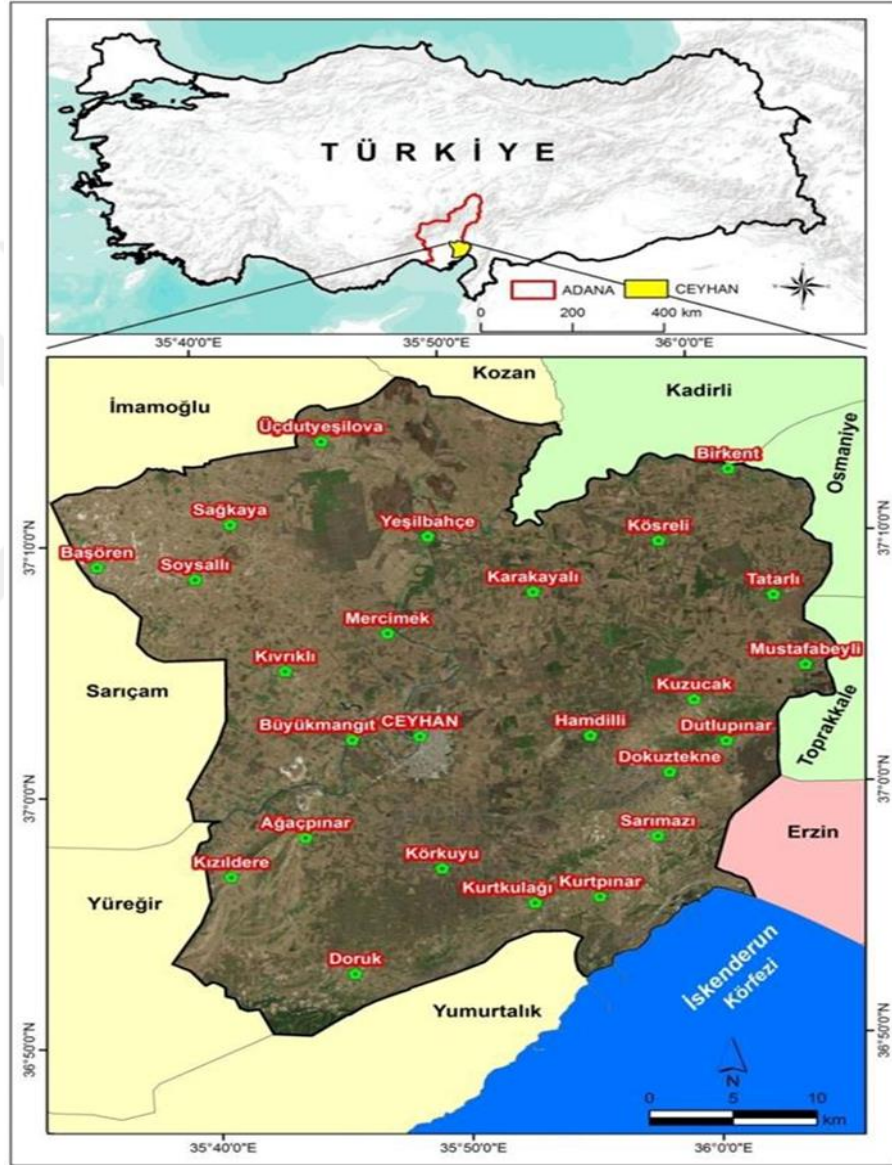
Toraman (2009), “Mekansal Çok Ölçütlü Karar Analizi: Ulaştırma için Güzergah Seçenekleri” çalışması ile ulaşım ağının planlanmasında karşılaşılan karar verme problemlerine ÇÖKA ile çözümler sunulması amaçlanmıştır.

Akgün (2007), bu tez çalışmasında laboratuvar ve arazi verileri kullanılarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Ayvalık ve yakın çevresine ait 424 km² lik bir alanın heyelan ve erozyon duyarlılık değerlendirilmesi yapmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı



Şekil 3.1. Ceyhan lokasyon haritası (Geçen, 2019)

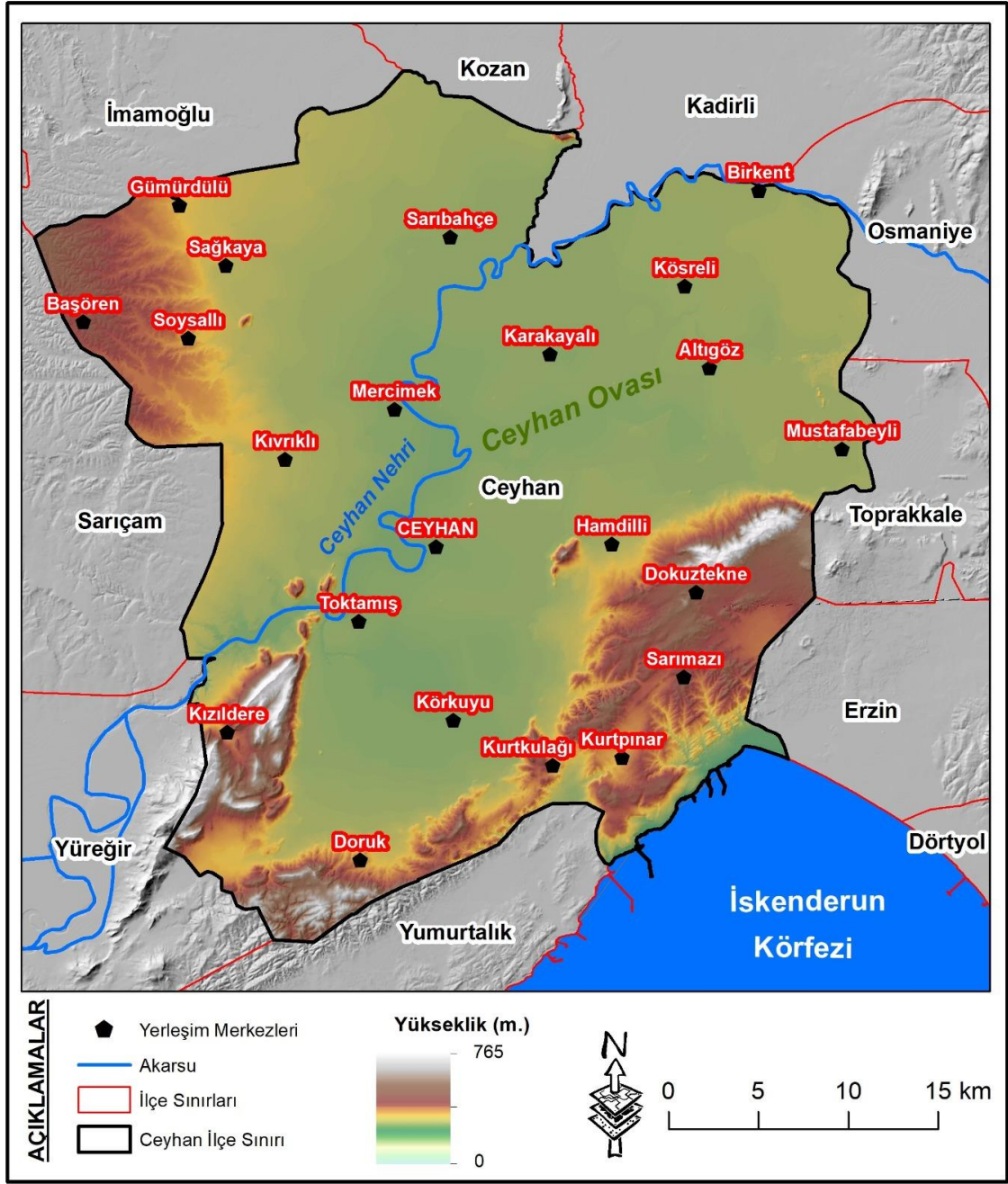
Çalışma alanı olarak belirlenen Ceyhan, Türkiye'nin güneyinde, 37°1'42''K-35°48'50''D koordinatları arasında yer almaktadır. Akdeniz Bölgesi'nin Doğu Akdeniz Bölümü içerisinde yer almaktadır. Ceyhan ilçesi; yükseltisi fazla olmayan dağlık,

tepelik alanlar ve geniş oranda da ovalık diyebileceğimiz bir topoğrafik özelliğe sahiptir (Anonim, 2024a). Doğusunda Hatay ilinin Erzin ilçesi ve Osmaniye ili, kuzeydoğusunda Osmaniye ilinin Kadirli ilçesi, kuzeyinde Adana ilinin Kozan ilçesi, kuzeybatıda İmamoğlu, batısında Sarıçam, güneybatısında Yüreğir, güneyinde ise Yumurtalık ve İskenderun Körfezi yer almaktadır.

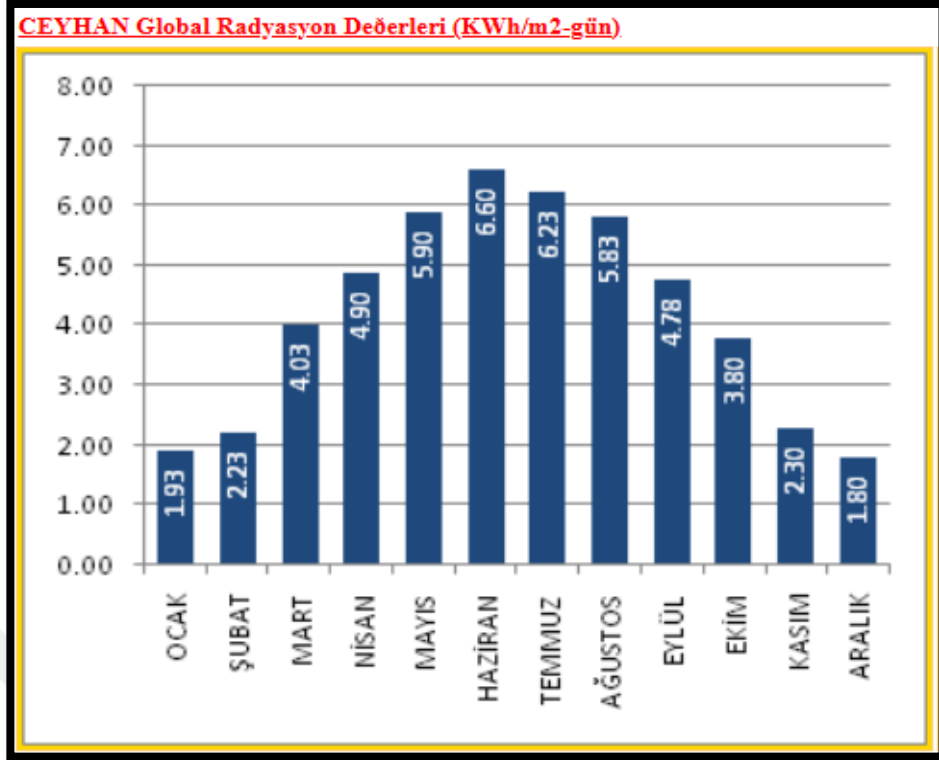
Ceyhan ilçesi Türkiye'nin en önemli en verimli ovası olan Çukurova'nın önemli bir bölümünde yer almaktadır. İlçenin içerisinde Türkiye'nin önemli nehirlerinden biri olan Ceyhan nehri geçmektedir. Bitki örtüsü makidir. Ceyhan ovası ormanların tahrip edilmesiyle tarım alanlarına çevrilmiştir. Yer yer çam ormanlarına rastlanılmaktadır. Tipik bir Çukurova ilçesi olan Ceyhan'ın temel geçim kaynağı tarımdır. Daimi olmayıp zaman zaman değişmekle beraber buğday, mısır, karpuz, yer fıstığı ve soya üretimine sık rastlanır. Ayrıca BTC (Bakü-Tiflis- Ceyhan) Boru Hattı olan Bakü'den Yumurtalık'a uzanan Petrol Boru Hattı'na, Yumurtalık- Sugözü Termik Santrali'ne, Yumurtalık Serbest Bölgesi'ne, Adana ve Osmaniye Organize Sanayi Bölgelerine ve Toros Gübre Sanayisi'ne yakın olması ekonomisini etkilemiştir (Anonim, 2024a).

Bir bölge her ne kadar yüksek ışınım değerine sahip olsa da gölgelenme ve olumsuz iklim koşulları verimliliğin düşük olmasına sebep olacaktır. Aşırı hava olayları da olumsuzluk yaratacak faktörlerden biridir. Kar yağışının yoğun olduğu, karın yerde kalma süresinin uzun olduğu alanlarda panellerin üzeri örtüleceği için verim düşecektir. Yine aşırı kurak ve çöl bölgeleri yüksek ışınım değeri almalarına rağmen kum fırtınalarıyla panellerin zarar görmesine sebep olacaktır.

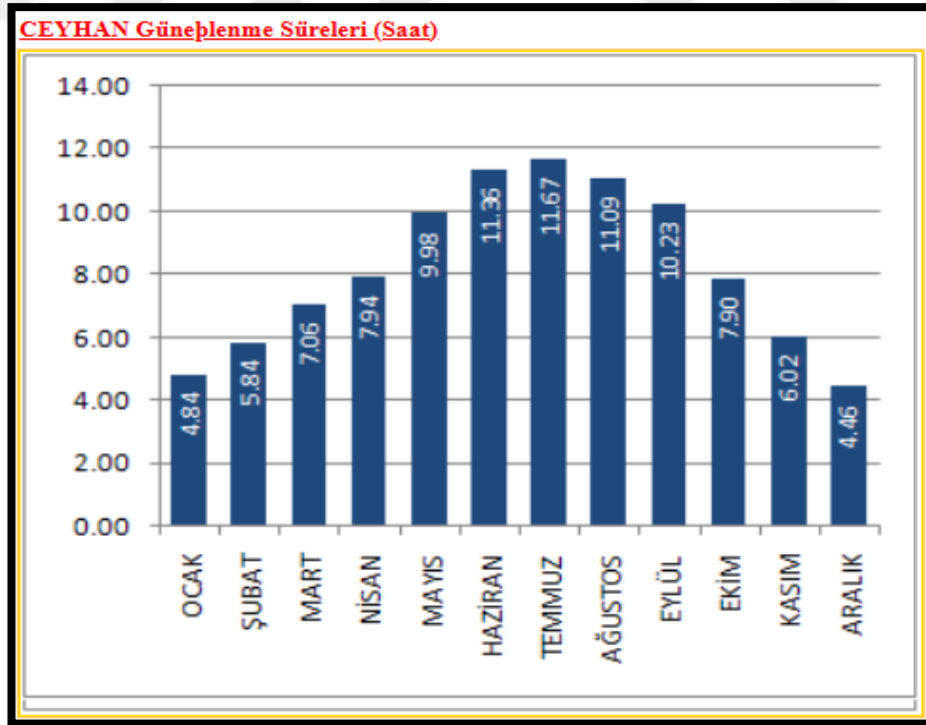
Ceyhan ilçesi bulunduğu mutlak konum gereği yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Yoğun bulutluluk oranına, gür bitki örtüsüne, yüksek binalara, yoğun engebeli arazilere sahip olmaması, mevcut iklim koşulları sebebiyle güneş enerjisi santralleri için değerlendirilmesi gereken önemli çalışma alanı olarak tercih edilmiştir.



Şekil 3.2. Ceyhan İlçesi Fiziki Haritası



Şekil 3.3. Adana-Ceyhan radyasyon değerleri (gepa, 2025)



Şekil 3.4. Adana-Ceyhan güneşlenme süreleri (gepa.enerji.gov.tr, 2025)

Ceyhan ilçesinde, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan aylık güneşlenme süresi ve aylık radyasyon değeri grafikler ışığında değerlendirme yapıldığında, yaz aylarında güneşlenme süreleri 11 saat üzerinde iken, kış aylarında 4-5 saatlere düşmektedir. Kış aylarında düşüş yaşanmasının sebebi güneş ışınlarının geliş açısının daralması, gündüz sürelerinin kısılması ve buna bağlı olarak güneşlenme sürelerinin kısılması gibi faktörler etkili olmaktadır.

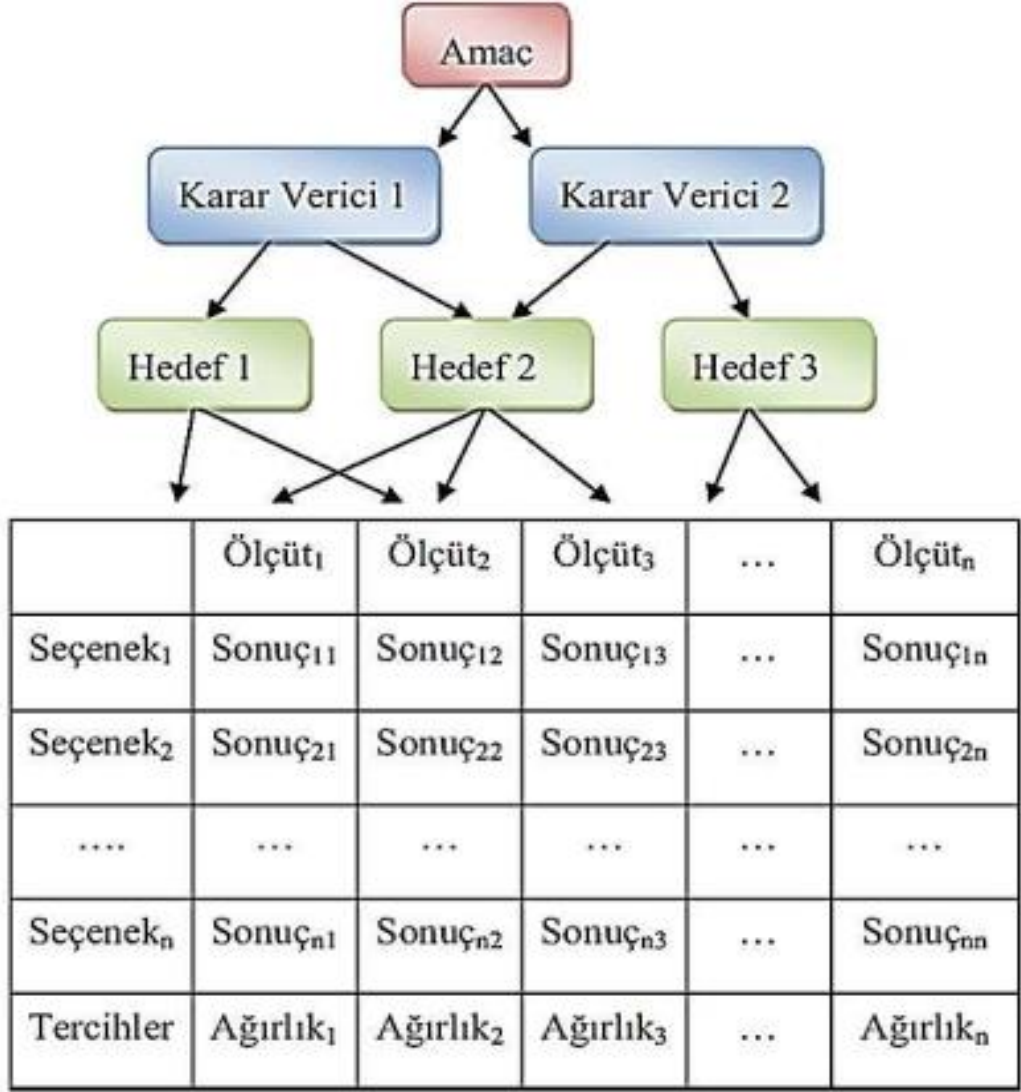
3.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi CBS ortamında yürütülen Çok Kriterli Karar Analizi'nden (ÇKKA) oluşmaktadır.

3.2.1. Çok Kriterli Karar Analizi

Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA), birden çok ölçütün mevcut olduğu ve çözüm sürecinde bu ölçütlerin birlikte değerlendirilmesi gereken durumlarda kullanılan bir yöntemdir. Problemi daha küçük ve basit parçalara bölüp bu parçaları birbirleri ile bağlantılı olacak şekilde anlamlı bir yapı ortaya çıkarır (Öztürk ve Batuk, 2007; Demir, 2023). Belli başlı özelliklerine puanlandırmalar yapılarak çözüm aşamasında birden fazla karar vericiden meydana gelen ve farklı amaçlar için oluşturulan birçok alternatiften oluşmaktadır (Phua ve Minowa, 2005; Kurt, 2024).

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yönteminin en önemli aşamasıdır. Çünkü yapılacak analiz sonucunda elde edilecek olan sonuç haritası belirlenen ağırlıklara göre oluşturulmaktadır. Kriter ağırlıklarında yapılacak en ufak değişiklik bile sonuçta farklılıklara sebep olacaktır. Ağırlık değeri, analiz için belirlenen kriterlere atanan ve diğer kriterlere göre göreceli önemini ifade etmekte olan değerdir (Malczewski, 1999; Güney ve Turoğlu, 2018).



Şekil 3.5. ÇÖKA Modeli (Güçlüer, 2010)

3.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP), belirsiz ve karmaşık olarak görülen problemlerde karar vericilerin, kriterlerin ve alternatiflerin önem derecelerini analiz etmelerini sağlar. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegre olan bu yöntem, güneş enerjisi santralleri gibi karmaşık lokasyon seçiminde sıkça kullanılmaktadır (Chen et al., 2018; Demir, 2023).

Analitik Hiyerarşi Yöntemi; güneş enerjisi potansiyeli, eğim, bakı, yollara yakınlık, iletişim hatlarına yakınlık, trafo merkezlerine yakınlık, yerleşim alanlarına yakınlık, akarsulara yakınlık, fay hatlarına yakınlık, taş ocaklarına yakınlık, normalize

edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI), toprak kabiliyeti ve kuş göç yollarına yakınlık kriterleri dikkate alınarak uygulanmıştır. İkili karşılaştırma matrisinin elde edilmesi ve matrisin kriterlerinin önem ağırlıklarının subjektif atama değerleri ile önem derecesine göre hesaplanması sonucu en uygun alternatifin seçilmesi olarak işlem basamakları takip edilmiştir. İkili karşılaştırma metoduyla kriterler birbirleriyle karşılaştırılıp ağırlık değerleri atanmıştır. Ağırlık değerleri ArcGIS 10.3 yazılımında “Raster Calculator aracılığıyla analiz edilerek güneş enerjisi santralleri için en uygun alanlar belirlenmiştir. Tutarlılık oranı hesaplanmasında %10’un altında bir sonuç elde edildiği takdirde, tutarlı olarak kabul edilmektedir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Santral Verimliliği ile İlgili Çalışma Verileri ve Kriterler

4.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli

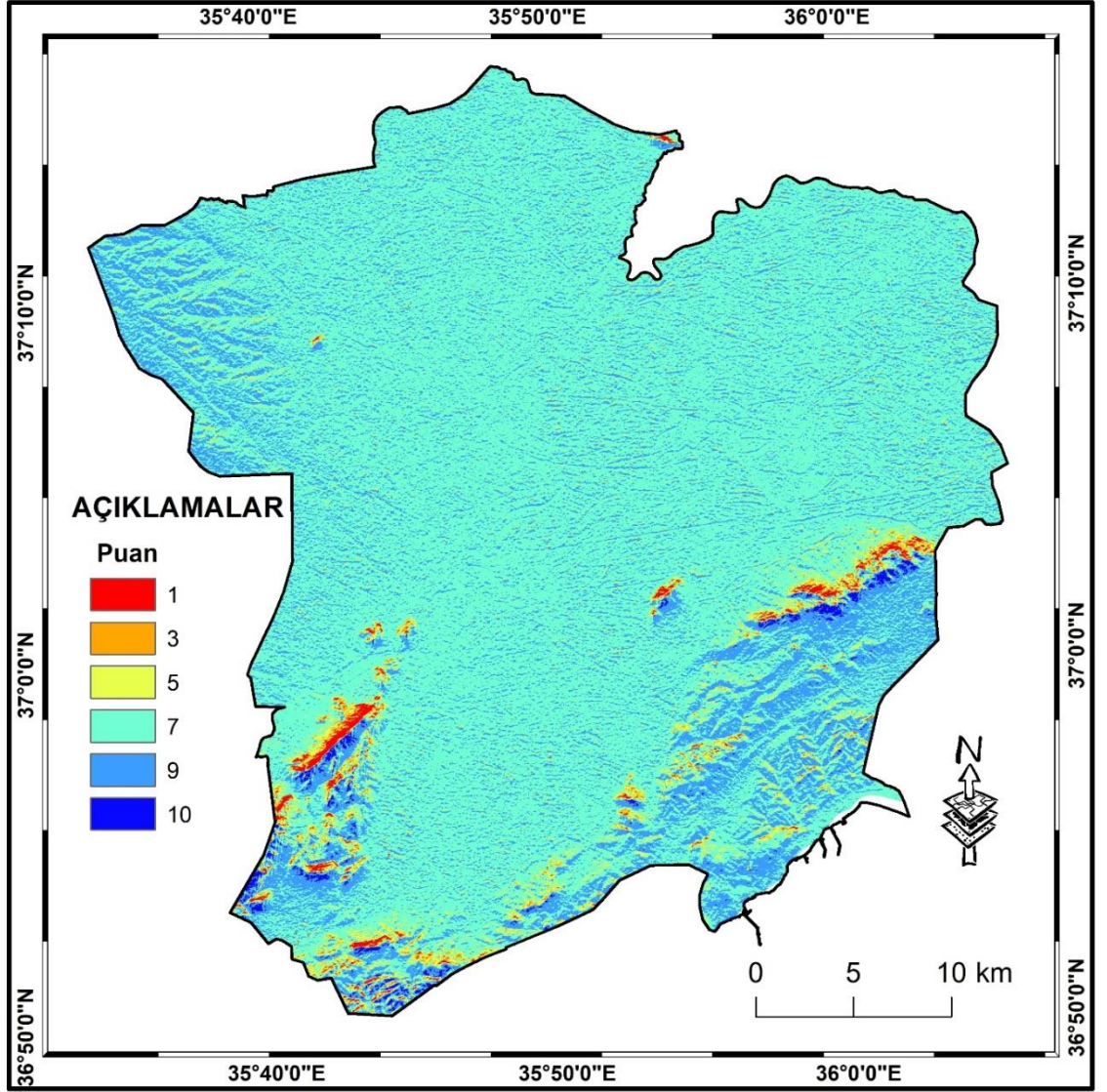
Belirli bir fotovoltaik bölgenin potansiyel elektrik üretimini ifade ettiğinden dolayı ve güneş enerjisi santrallerinden elde edilecek verimi direk olarak etkilemesi sebebi ile yer seçimi hususunda güneş enerjisi potansiyeli en önemli kriterlerden biridir (Gül ve ark, 2017; Eroğlu, 2018; Altınışık, 2020; Turan, 2022).

Güneş enerjisi santralinden alınacak verimin maksimum derecede olması için güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olması gerekmektedir. Akdeniz iklim özellikleri görülen Ceyhan ilçesinin yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yüksek bir potansiyele sahip olması, bulutluluk yoğunluğunun az olması, güneşlenme süresinin fazla oluşu santralden alınacak verimliliği arttıracaktır.

Çizelge 4.1’de solar radyasyonun uygunluk puanlamaları verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, güneş radyasyon değerinin en düşük olduğu 1000 ve daha küçük değerlere sahip alanlara 1 puan verilmiştir. Güneş radyasyon değerinin 1400 ve üzeri olduğu alanlara ise en yüksek puan olan 10 verilmiştir. Analizler sonucu Şekil 4.1’deki güneş enerjisi potansiyeli haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Solar radyasyonun uygunluk puanları

Solar Radyasyonu	Puan
<1000	1
1000_1100	3
1100_1200	5
1200_1300	7
1300_1400	9
>1400	10



Şekil 4.1. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından solar radyasyon özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.2. Eğim

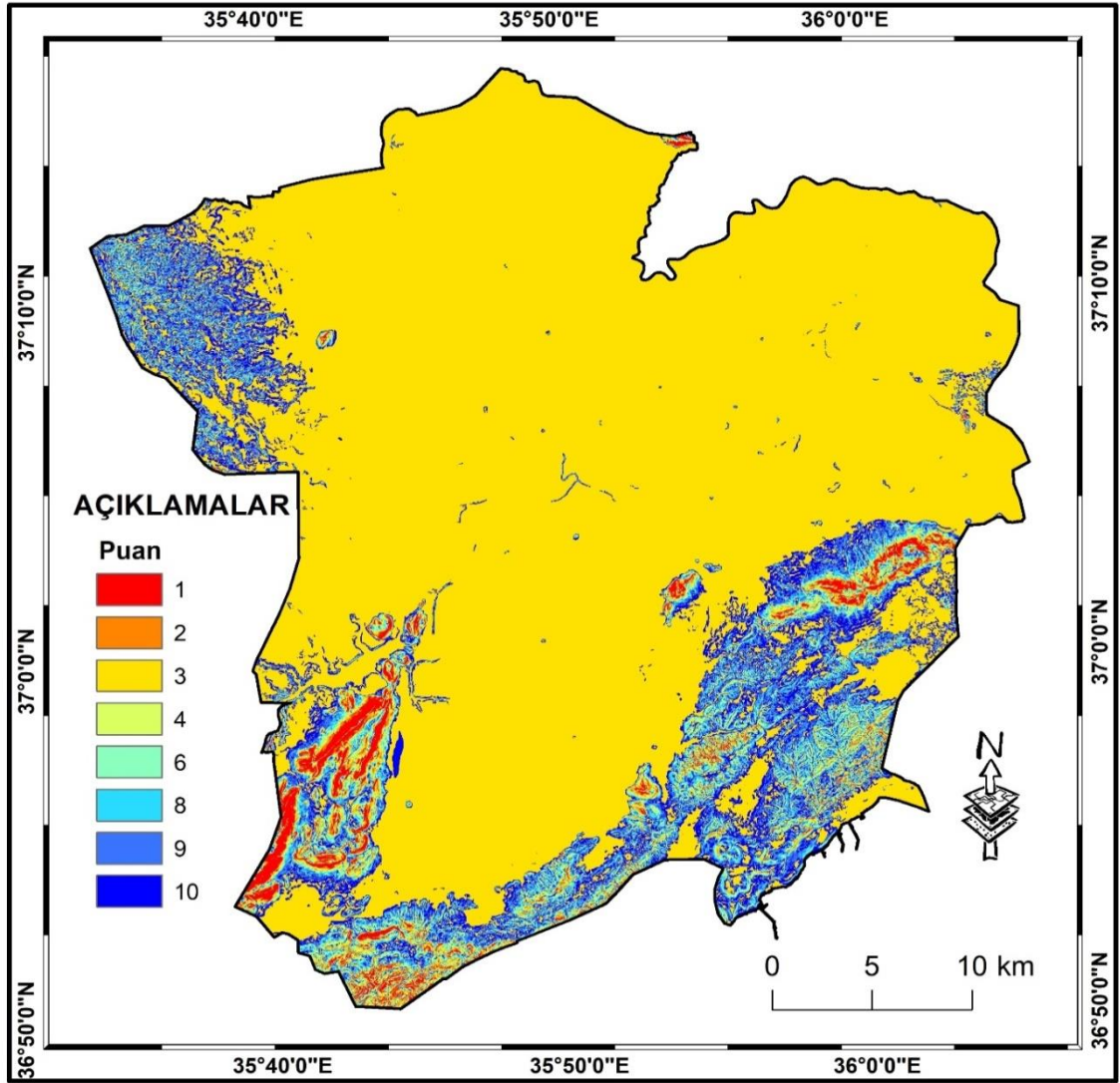
Arazinin eğimi ve pürüzlülüğü güneş enerji santrali verimliliği açısından oldukça önemlidir. Fazla eğimli alanlar, iş gücünü ve maliyeti artıracığı için tercih edilmemelidir. Güneş panellerinin en elverişli şekilde konumlandırılması en uygun açıyla yerleştirildiği takdirde verimlilik artacaktır (Geçen, 2019).

Çizelge 4.2’de eğim sınıfları ve uygunluk puanları verilmiş olup Şekil 4.2’de Ceyhan’da Güneş Enerji Santrali’nin kurulması açısından eğim özelliğinin etkisi ve uygunluğu harita üzerinde puanlanmıştır. Çok yüksek alanlar kurulumu zorlaştıracığı

için, çok düz alanlar ise su birikintisi gibi sorunlara neden olacağı için ve olası drenaj problemlerine karşı tercih edilmemektedir. Buna göre 0-3 derece eğimli arazilere düşük puan verilmiştir. Yine 15 ve 25 derece üzeri eğimli alanlar düşük puanlandırılmıştır. En ekonomik eğim derecesi 3-6 derece olması sebebiyle en yüksek puan olan 10 verilmiştir.

Çizelge 4.2. Eğim sınıfları ve uygunluk puanları

Eğim (derece)	Puan
0_3	3
3_6	10
6_9	9
9_12	8
12_15	6
15_18	4
18_21	3
21_25	2
25+	1



Şekil 4.2. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından eğim özelliğinin etkisi ve uygunluğu

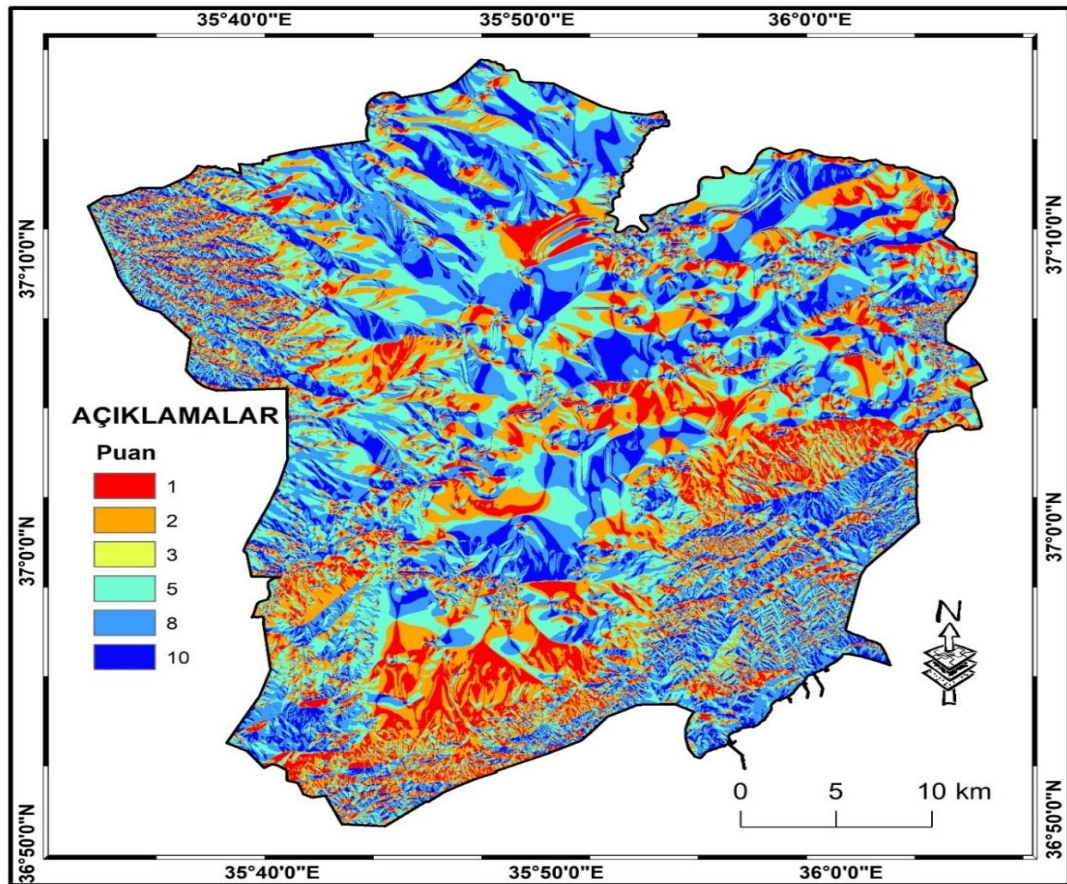
4.1.3. Bakı

Türkiye 36°-42° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Bulunduğu matematik konum sebebiyle güneş ışınlarını büyük oranda güney yamaçları görmektedir. Bu sebeple bakı yönüne doğru santralleri kurmak santralden alınacak verimi etkileyeceği için oldukça önemlidir (Geçen, 2019).

Çizelge 4.3'te yer alan bakı sınıfları ve uygunluk puanlarına göre oluşturulmuş harita Şekil 4.3'te verilmiştir. Ceyhan ilçesinin güney yamaçlarına en yüksek puan olan 10 verilmiştir. Güneydoğu ve güneybatı yönlerine de yüksek puan olan 8 verilmiştir. Kuzey yamaçlarına ise en düşük puan olan 1 verilmiştir.

Çizelge 4.3. Bakı sınıfları ve uygunluk puanları

Bakı (Yönler)	Puan
Düz	3
Kuzey	1
Kuzeydoğu	2
Doğu	5
Güneydoğu	8
Güney	10
Güneybatı	8
Batı	5
Kuzeybatı	2



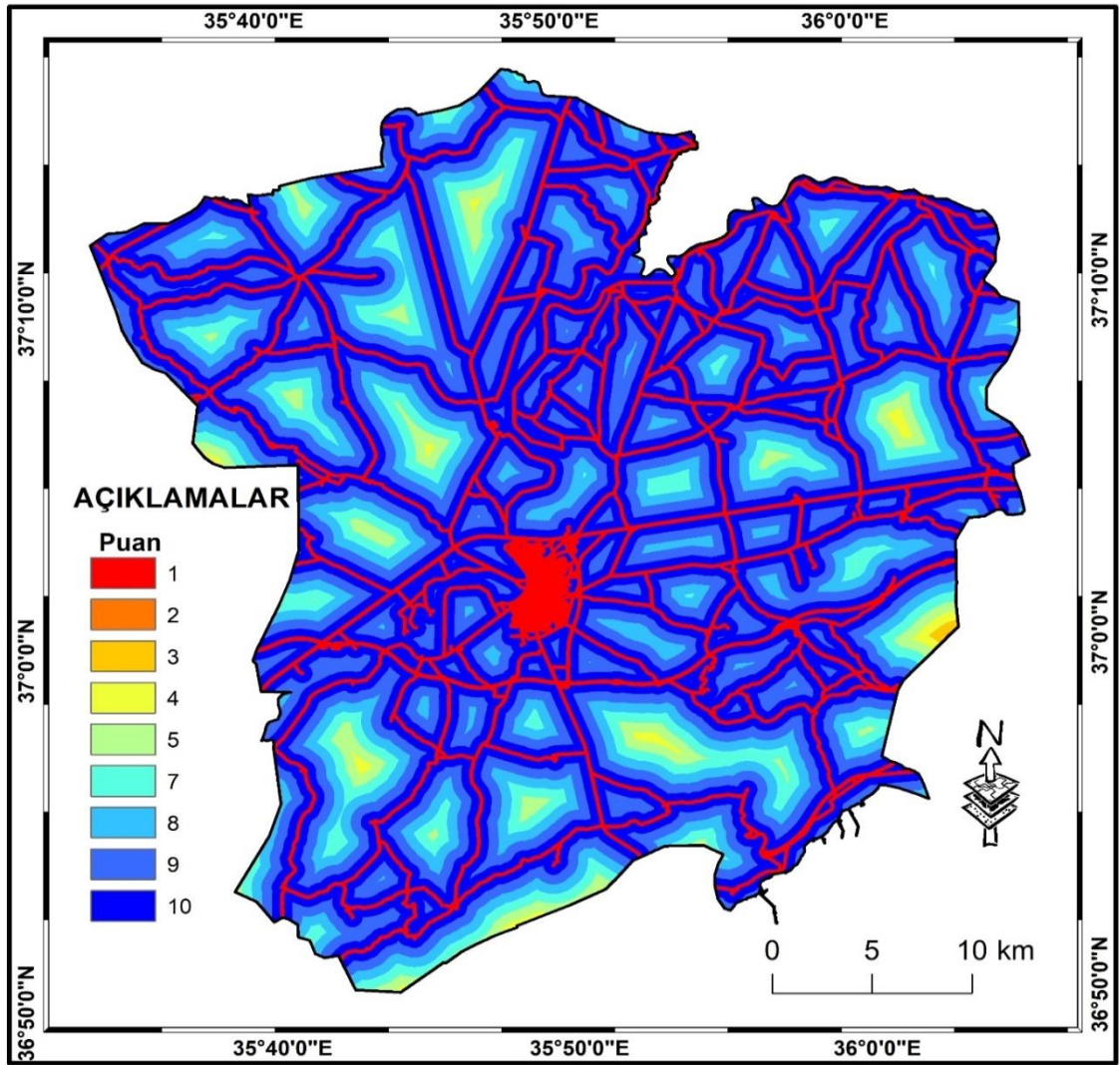
Şekil 4.3. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralinin kurulması açısından bakı özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.4. Yollara Yakınlık (m)

Enerjinin taşınabilmesi açısından yollara yakınlık önemli bir kriter olmaktadır. Güçlüer, 2010; Obut, 2016; Al Garni ve Awasthi, 2017; Gül ve ark, 2017; Uyan, 2017; Eroğlu, 2018; Aslan, 2019; Geçen, 2019; Altınışik, 2020; Turan, 2022). Fakat ağır vasıtaların geçebileceği de düşünülerek yolun tam kenarına kurulması panellere zarar verebileceği göz ardı edilmemelidir. GES'lerin yollara 100 metreden yakın mesafede bulunmaması daha uygundur (Uzar ve Koca, 2020, Kurt, 2024). Buna bağlı olarak Çizelge 4.4'te 0-100 m olan alanlara en düşük puan olan 1 verilmiştir. Taşıma maliyeti düşünülerek 100-500 m olan alanlara en yüksek puan olan 10 verilmiştir. Mesafe arttıkça kademeli olarak düşük puanlar verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.4. oluşturulmuştur.

Çizelge 4.4. Yollara yakınlık ve uygunluk sınıfları

Yollara Yakınlık (metre)	Puan
0-100	1
100-500	10
500-1000	9
1000-1500	8
1500-2000	7
2000-2500	5
2500-3000	4
3000-3500	3
3500-4000	2



Şekil 4.4. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralinin kurulması açısından yollara yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

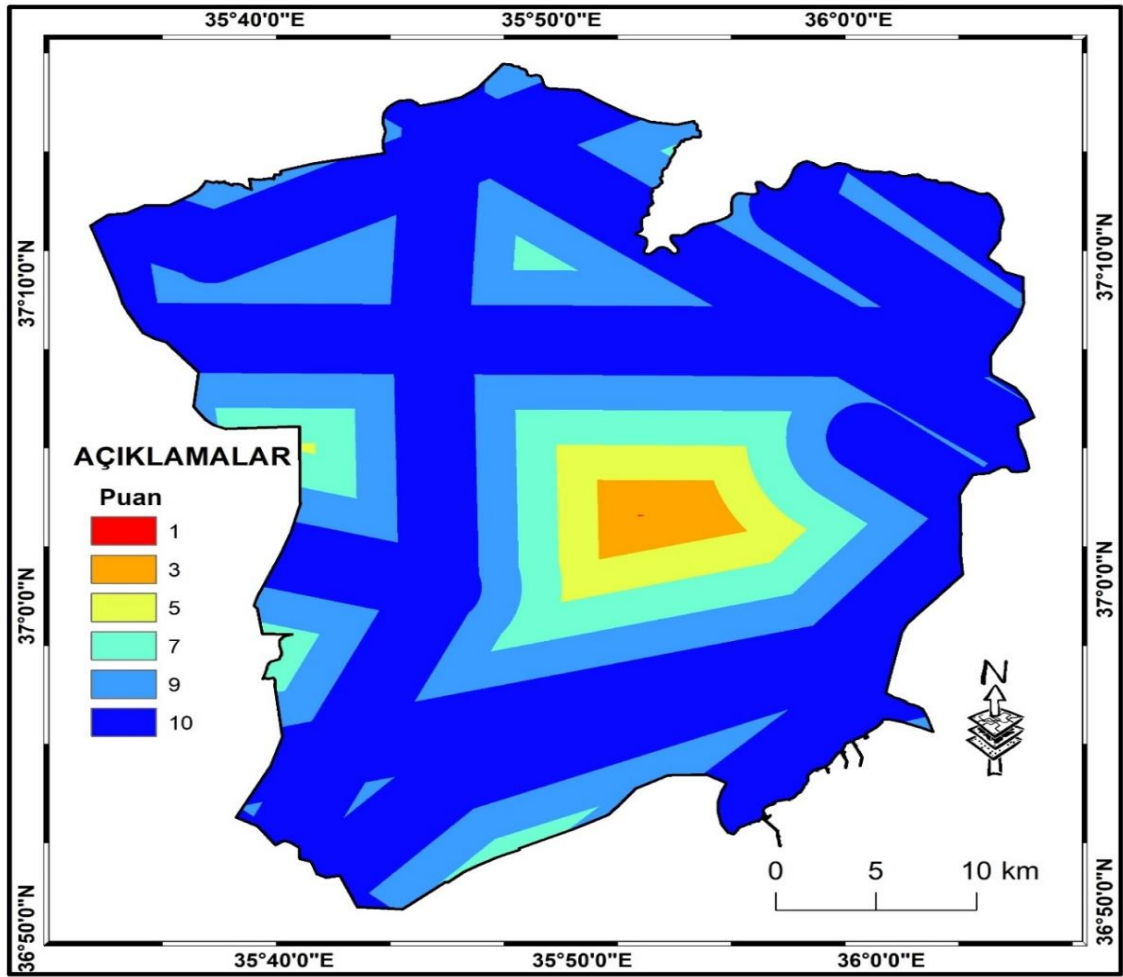
4.1.5. İletişim Hatlarına Yakınlık (km)

Üretim noktasından tüketim noktasına enerji akışı enerji iletişim hatları ile sağlanmaktadır. Bu sebeple önem arz etmektedir. Enerji nakil hatlarına uzak olduğu durumlarda yeni şebekeler kurulması gerekir ve bu da ek maliyete sebep olur. (Geçen, 2019). Çizelge 4.5 incelendiğinde Ceyhan ilçesinde iletişim hatlarına yakınlık 0-2 km mesafede bulunan alanlar 10, 2-4 km mesafede bulunan alanlar 9, 4-6 km mesafede bulunan alanlar 7, 6-8 km mesafede bulunan alanlar 5, 8-10 km mesafede bulunan alanlar 3, 10-12 km mesafede bulunan alanlar 1 olacak şekilde GES için uygun alan sınıflandırılması yapılmıştır. GES kurulumu için iletişim hatlarına mesafe olarak en

fazla uygun olan alanlar 10, en az uygun olan alanlar 1 olacak şekilde sınıflandırma yapılarak oluşturulmuştur. Sonuç haritası Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. İletişim hatlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması

İletişim Hatlarına Yakınlık (km)	Puan
0-2	10
2_4	9
4_6	7
6_8	5
8_10	3
10_12	1



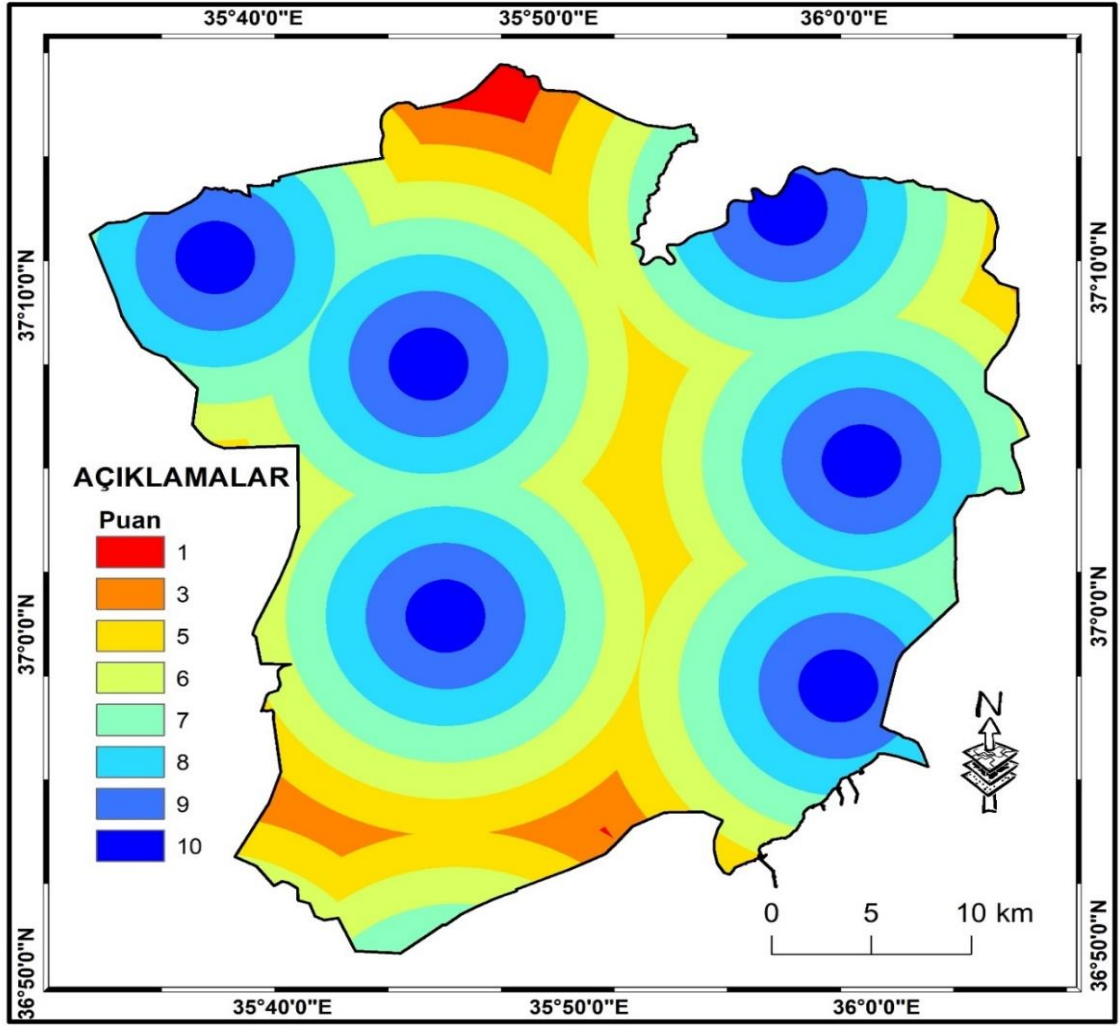
Şekil 4.5. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralini kurulması açısından iletim hatlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.6. Trafo Merkezlerine Yakınlık (km)

Santral kurulumunda trafo merkezine yakınlık da önemli kriterdir. Elde edilen enerji trafolardan iletilecektir. Bundan dolayı uygun yer seçimi yapılırken trafo merkezine yakın olmasına dikkat edilmelidir aksi takdirde yeni trafo merkezi kurma zorunluluğu doğar, bu da maliyeti arttırır (Geçen, 2019). Çizelge 4.6’da trafo merkezine en yakın olan 0-2 km arasına en yüksek puan verilmiş olup en uzak olan 14-16 km arasına en düşük puan olan 1 verilmiştir Sonuç olarak Şekil 4.6 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.6. Trafo merkezlerine yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Trafo Merkezlerine Yakınlık (km)	Puan
0-2	10
2_4	9
4_6	8
6_8	7
8_10	6
10_12	5
12_14	3
14_16	1



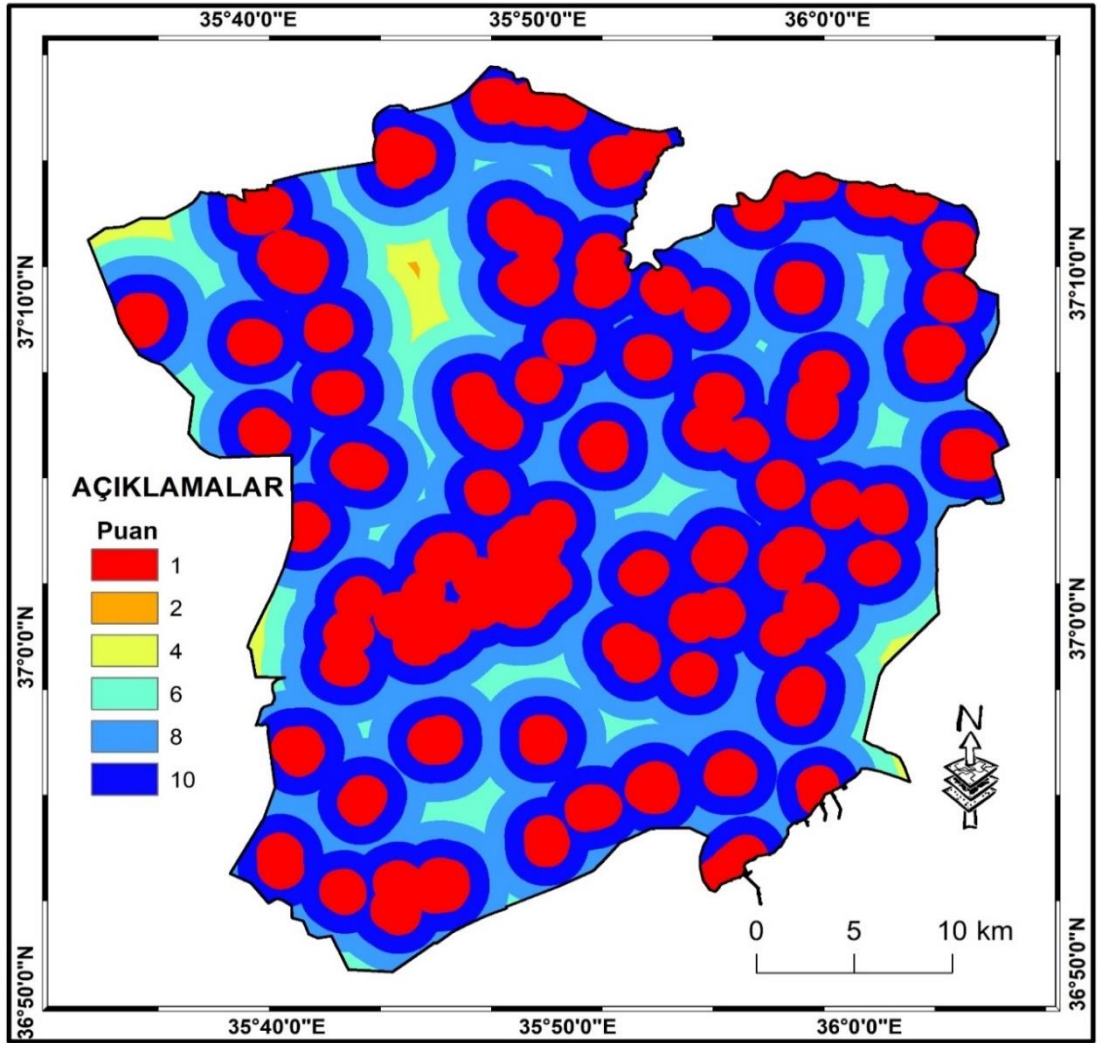
Şekil 4.6. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralinin kurulması açısından trafo merkezlerine yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.7. Yerleşim Alanlarına Yakınlık (km)

Panellerden elde edilen enerjinin yerleşim yerlerine ve sanayi alanlarına yakın olması gerekmektedir. Uzak olması halinde tekrar bir taşıma maliyeti gerekeceği için değerler iyi belirlenmelidir. Yerleşim yerine çok yakın olması ve çok uzak olması istenen bir durum değildir (Geçen, 2019). Bu sebeple Çizelge 4.7' de 0-1 km arası alana en düşük olan 1 puan verilmiştir. En uzak olan 5-6 km arasına yine düşük puan olan 2 verilmiştir. 1-2 km arasına ise en yüksek puan olan 10 verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.7 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.7. Yerleşim alanlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Yerleşme Yakınlık (km)	Puan
0_1	1
1_2	10
2_3	8
3_4	6
4_5	4
5_6	2



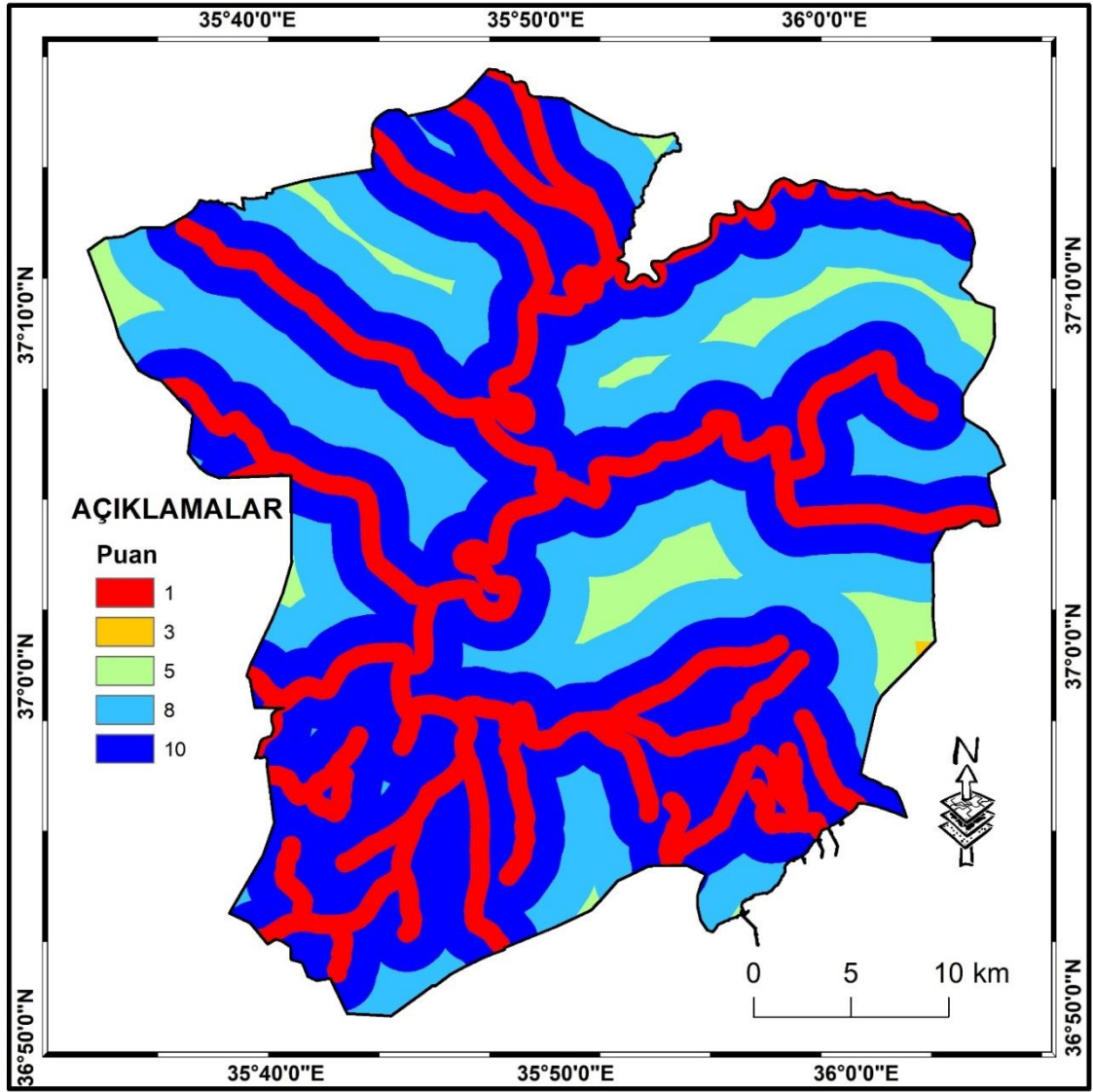
Şekil 4.7. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından yerleşme alanlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.8. Akarsulara Yakınlık

Akarsulara yakınlık güneş enerjisi santralleri için panellerin temizliğinde ve santralleri soğutması açısından önem arz etmektedir. Fakat akarsu vadilerinde heyelan, taşkın, kaya düşmesi gibi riskli alanlar olmasıyla birlikte yabani hayvanların su ihtiyaçlarını karşılamaları sebebiyle akarsu vadilerinden belli bir mesafede kurulması doğru olacaktır (Geçen, 2019). Çizelge 4.8' de 500 m'den yakın, 6 km' den uzak alanlar uygun olmadığından düşük puan verilmiştir. 500 m ve 2 km arasına ise en yüksek puan verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.8 oluşmuştur.

Çizelge 4.8. Akarsu yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Akarsulara Yakınlık (km)	Puan
0_0.5	1
0.5_2	10
2_4	8
4_6	5
6_8	3



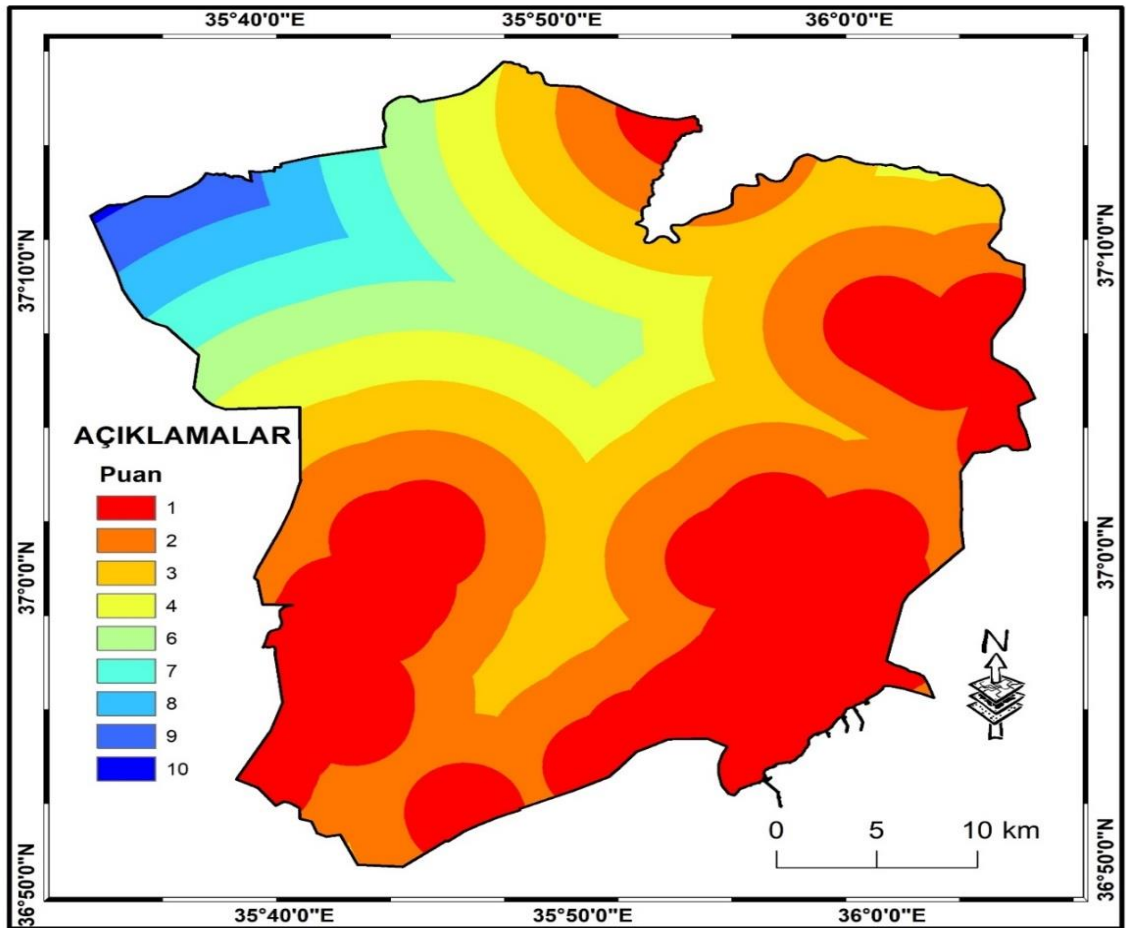
Şekil 4.8. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından akarsulara yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.9. Fay Hatlarına Yakınlık (km)

Güneş enerji santrallerinin fay hatlarına mesafesi oldukça önemlidir. Santraller için deprem riskinin az olduğu alanlar belirlenmelidir ve aktif faylardan uzak bölgelere kurulmalıdır. Depremi yıkıcı riski göz ardı edilmeden değerlendirmeler yapılmalıdır (Geçen, 2019). Bu sebeple Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere fay hatlarına en yakın alanlara en düşük puanlar verilmiştir. En uzak alanlara ise en yüksek puan verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.9 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.9. Fay hatlarına yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Faylara Yakınlık (km)	Puan
0_3	1
3_6	2
6_9	3
9_12	4
12_15	6
15_18	7
18_21	8
21_24	9
24_27	10



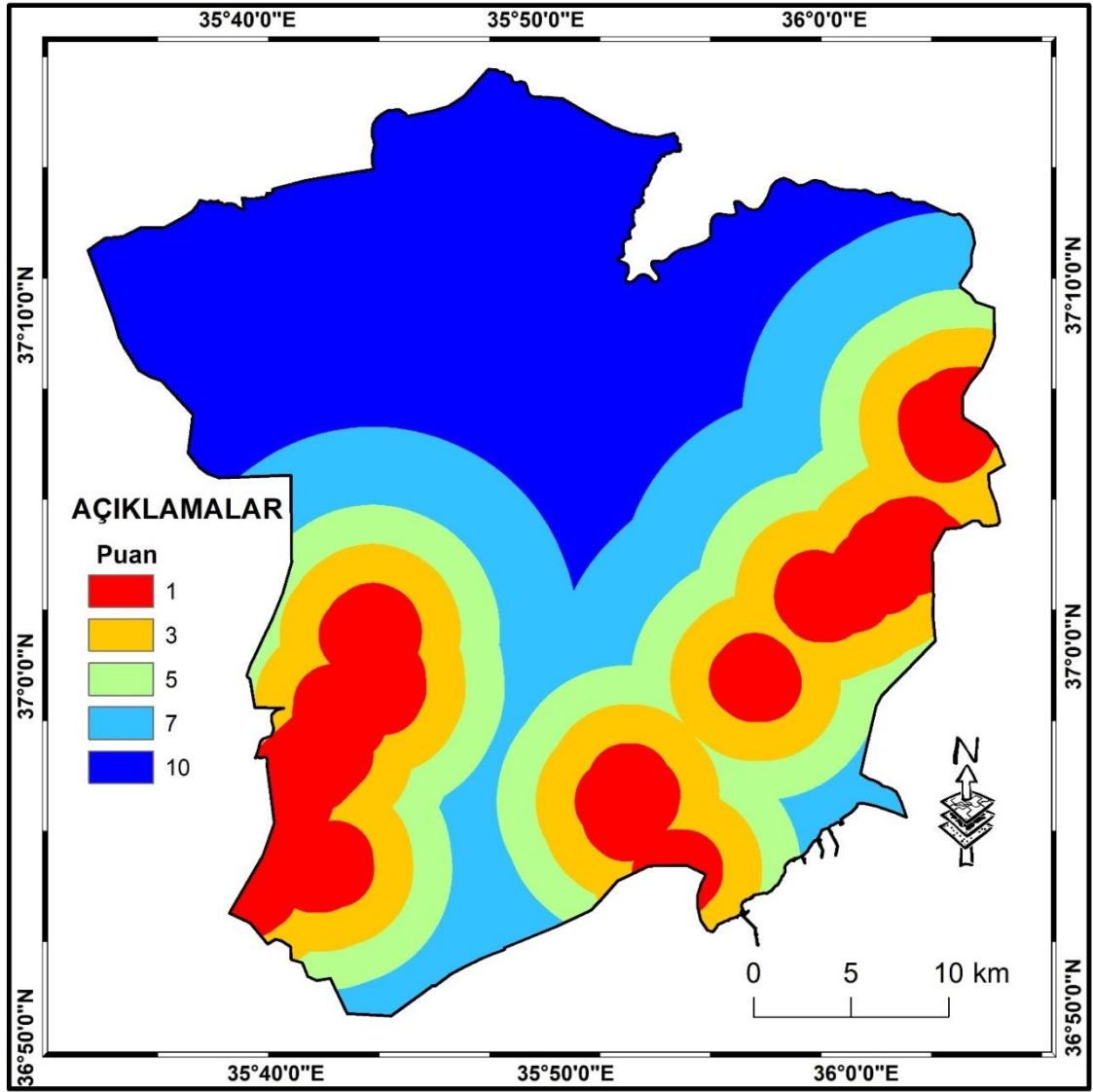
Şekil 4.9. Ceyhan ilçesinde güneş enerji santralının kurulması açısından fay hatlarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.10. Taş Ocakları Yakınlık (km)

Güneş panellerinden maksimum verim almak için güneş ışınlarının panellere direkt ulaşması gerekmektedir. Toz, kir gibi verimi düşürecek materyallerin uzağına kurulması gerekmektedir (Geçen, 2019). Bu sebeple taş ocaklarından gelebilecek tozun panellerin verimini düşürmemesi için Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere, taş ocaklarına en uzak mesafe olan 10 km ve üzeri alanlara en yüksek puan verilmiştir. En yakın olan 0-2 km arasına ise en düşük puan olan 1 verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.10 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.10. Taş ocakları yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Taş Ocakları Yakınlık (km)	Puan
0-2	1
2_4	3
4_6	5
6_10	7
10+	10



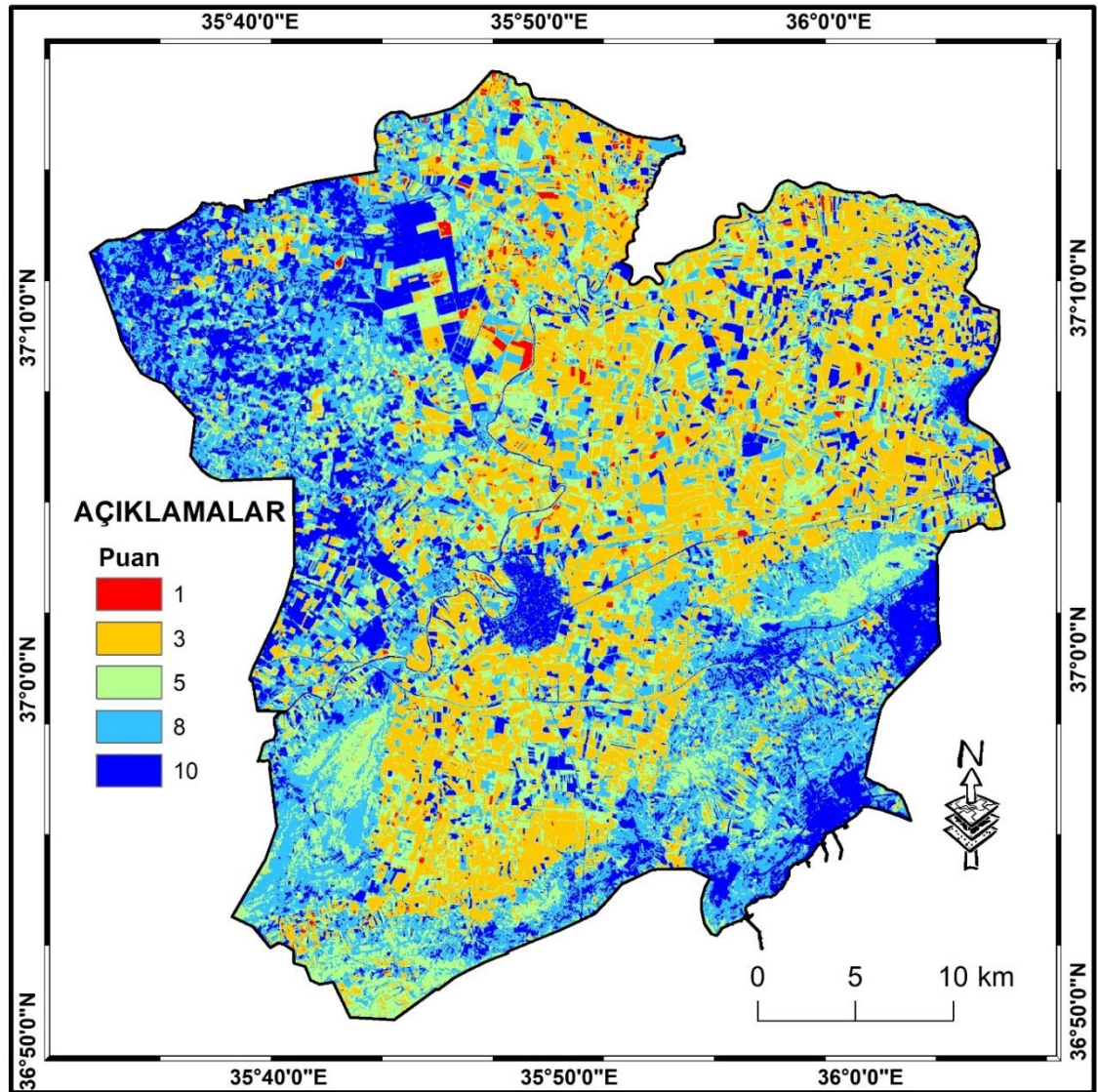
Şekil 4.10. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından taş ocaklarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.11. Bitki Örtüsü (NDVI)

Güneş panellerinden maksimum verim alabilmek için panellerde oluşabilecek gölgelik alanları engellemek gerekir (Geçen, 2019). Bu sebeple enerji üretiminin azalmaması için bitki örtüsünün yoğun olmadığı alanlara kurulması gerekmektedir. Çizelge 4.11'de bitki örtüsü uygunluğu ve puanlaması verilmiştir. Şekil 4.11'de ise Ceyhan'da Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından bitki örtüsü özelliğinin etkisi ve uygunluğu haritası verilmiştir.

Çizelge 4.11. Bitki örtüsü uygunluğu ve puanlaması

Bitki Örtüsü (NDVI)	Puan
<0.2	10
0.2_0.3	8
0.3_0.4	5
0.4_0.5	3
>0.5	1



Şekil 4.11. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından bitki örtüsü özelliğinin etkisi ve uygunluğu.

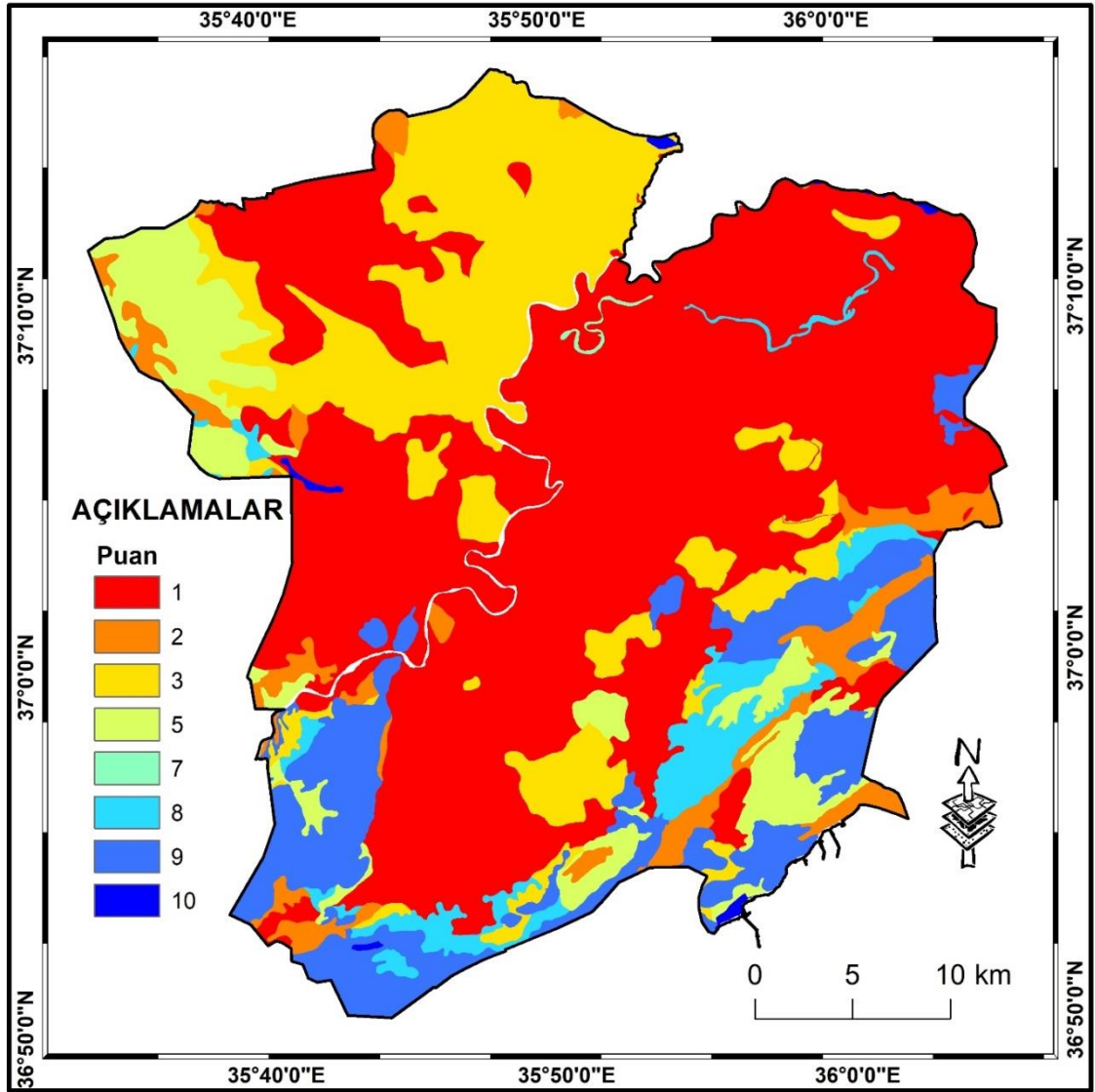
4.1.12. Toprak Kabiliyeti

En önemli faktörlerden bir diğeri de arazi kabiliyetidir. Öncelik her zaman verimli arazilerin tarımsal faaliyette kullanılması olmalıdır. Bu sebeple güneş enerjisi santralleri için tarıma elverişsiz araziler tercih edilmelidir (Geçen, 2019).

Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi 1. sınıf tarıma elverişli araziler paneller için kullanılmaması gerektiğinden en düşük puan olan 1 verilmiştir. 8. sınıf tarıma elverişsiz arazilere ise en yüksek olan 10 puan verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.12 oluşmuştur.

Çizelge 4.12. Toprak kabiliyeti sınıfları uygunluğu ve puanlaması

Toprak Kabiliyet Sınıfları	Puan
I. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişli Araziler	1
II. Sınıf Toprak işlemeli Tarıma Elverişli Araziler	2
III. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişli Araziler	3
IV. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişli Araziler	5
V. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişsiz Araziler	7
VI. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişsiz Araziler	8
VII. Sınıf Toprak İşlemeli Tarıma Elverişsiz Araziler	9
VIII. Sınıf Tarıma Elverişsiz Araziler	10



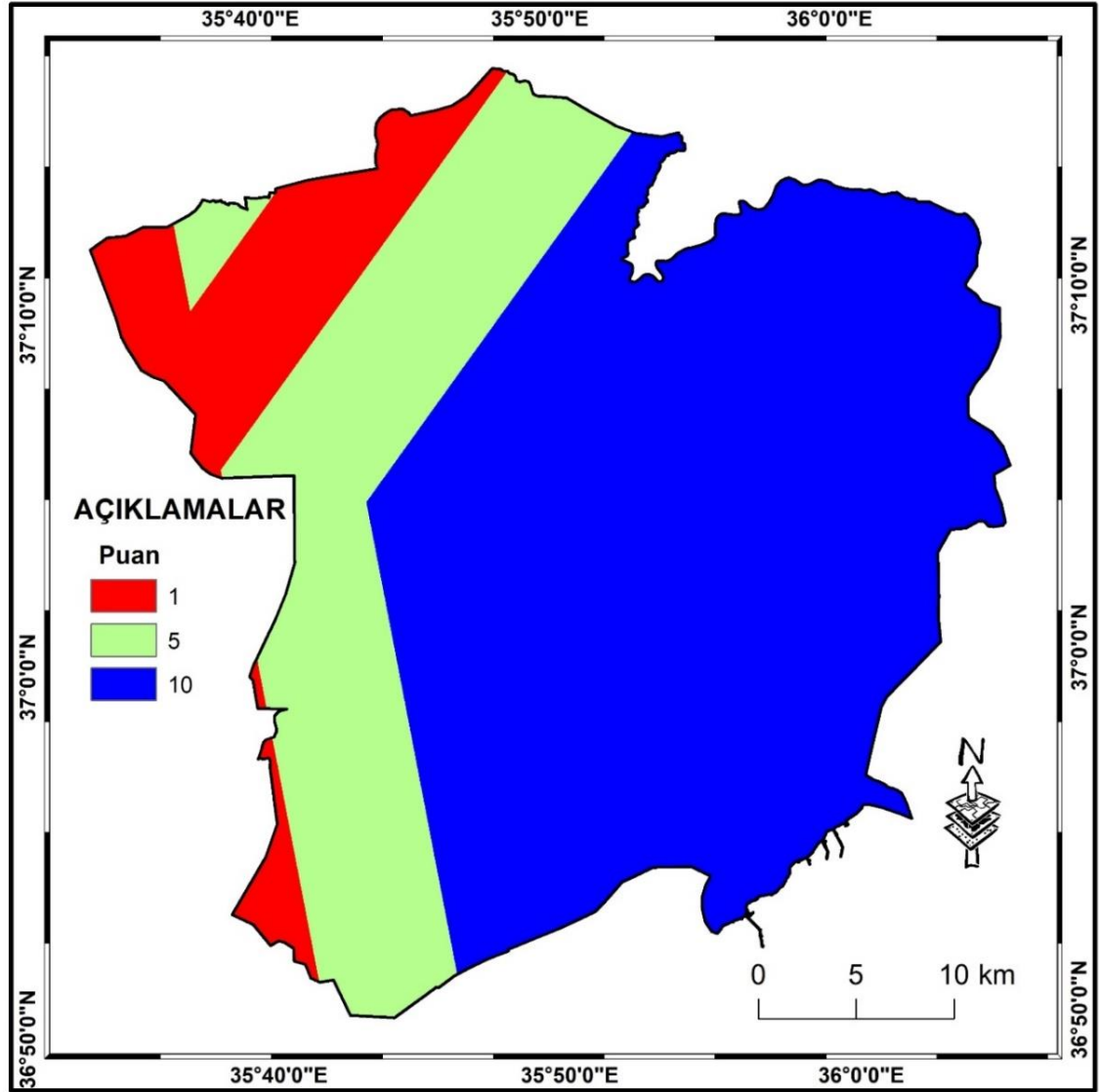
Şekil 4.12. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından toprak kabiliyet sınıflarının etkisi ve uygunluğu

4.1.13. Kuş Göç Yollarına Yakınlık (km)

Diğerlerine oranla çok önemli olmamakla birlikte değerlendirilmeye alınan kriterdir. Güneş panellerinden yüksek verim alabilmek için panelleri kirletecek etkenlerden olabildiğince uzak yerde kurulması gerekmektedir. Kuş göç yolu güzergahında panelleri kurmak kuşların dışkılarını bırakıp kirletmesine sebep olabilmektedir (Geçen, 2019). Çizelge 4.13'te kuş göç yollarına 0-3 km yakın olan alanlara en düşük puan olan 1 verilmiştir. 10 km ve üzeri olan alanlara ise en yüksek olan 10 puan verilmiştir. Sonuç olarak Şekil 4.13 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.13. Kuş göç yolları yakınlık uygunluğu ve puanlaması

Kuş Göç Yollarına Yakınlık (km)	Puan
0_3	1
3_10	5
10+	10



Şekil 4.13. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali'nin kurulması açısından kuş göç yollarına yakınlık özelliğinin etkisi ve uygunluğu

4.1.14. AHP ile Kriterlerin Değerlendirilmesi

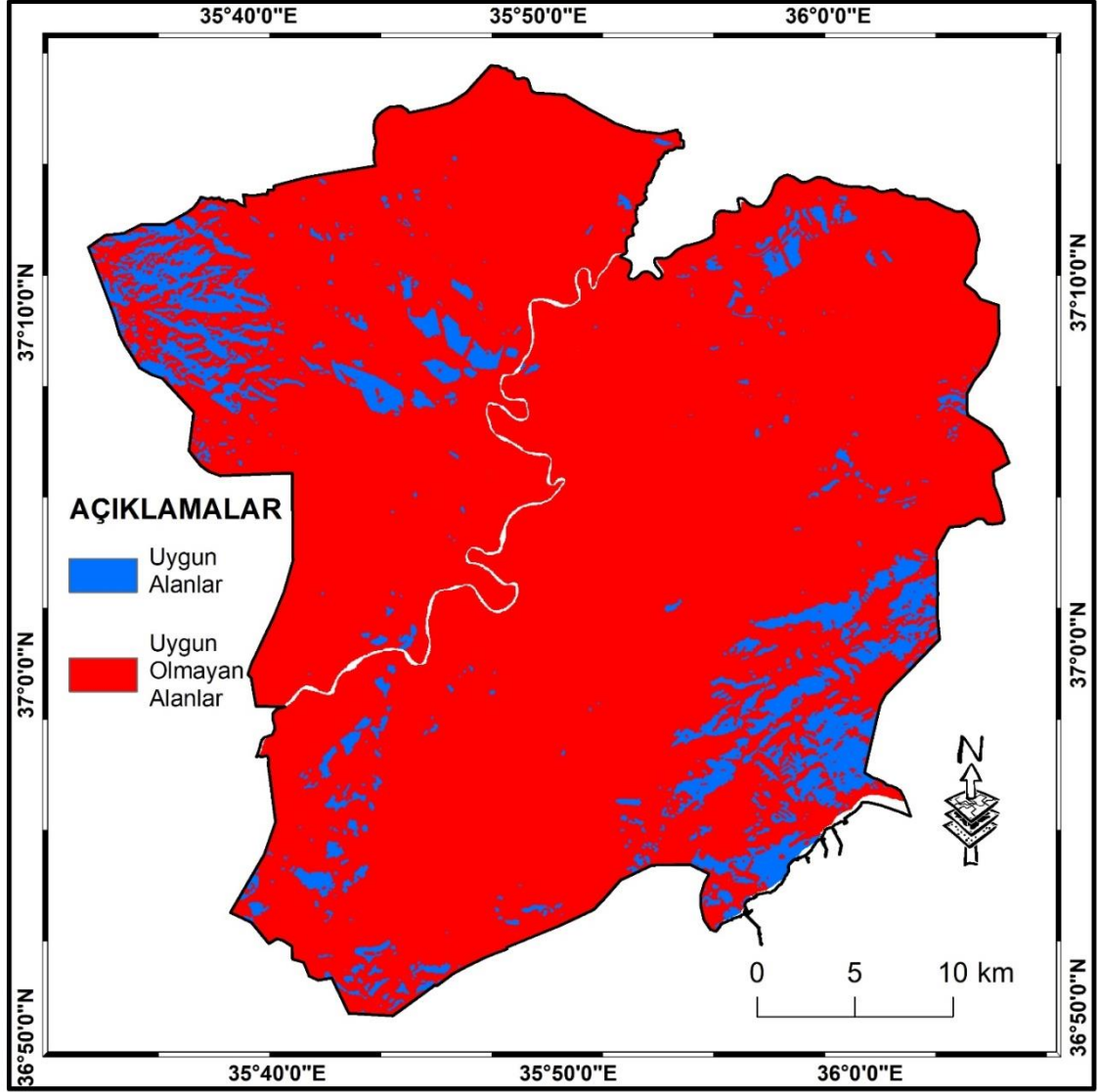
Yukarıda yer alan 13 kriterin AHP analizi için hiyerarşi modeli oluşturulup her kritere ikili karşılaştırma matris tablosu oluşturulmuştur.

Çizelge 4.14. İkili karşılaştırma matris tablosu

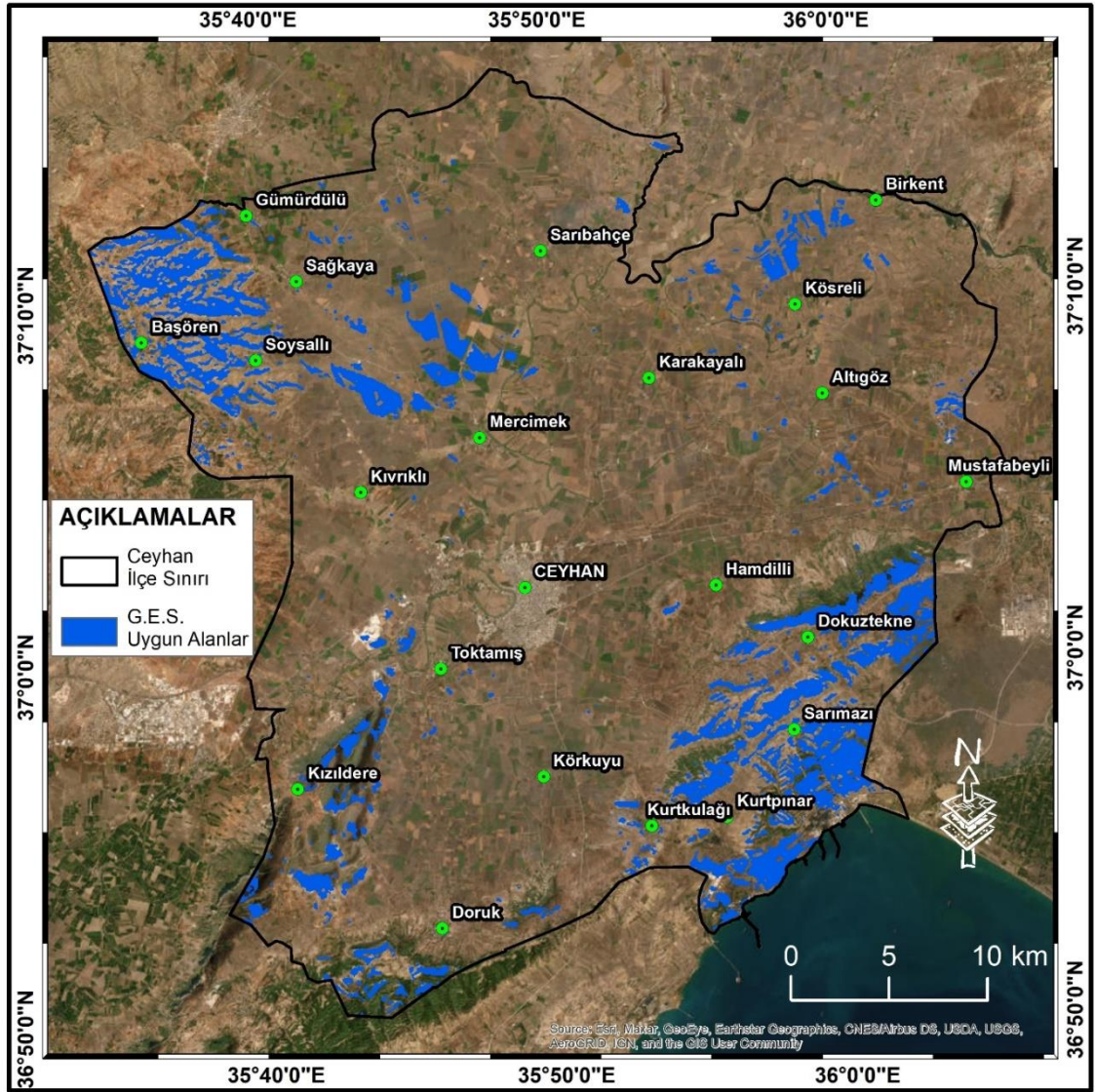
Parametreler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	Ağırlık
(1) Bakı	1	3	4	5	6	1	1		4	4	4	1	8	0.16
(2) Eğim	1/3	1	2	3	2	1/3	1/3	1	1/3	3	1	1/4	3	0.05
(3) Yollara Yakınlık	1/4	1/2	1	2	2	1/2	1/2	1	1/2	3	2	1/5	6	0.06
(4) Akarsulara Yakınlık	1/5	1/3	1/2	1	1	1/4	1/4	1	1/3	2	1	1/5	3	0.03
(5) Faylara Yakınlık	1/6	1/2	1/2	1	1	1/4	1/4	1	1/4	1	1	1/5	3	0.03
(6) Trafolara Yakınlık	1	3	2	4	4	1	1	3	2	5	4	1/2	8	0.13
(7) İletim Hatlarına Yakınlık	1	3	2	4	4	1	1	3	2	5	4	1/2	8	0.13
(8) Bitki Örtüsü	1/3	1	1	1	1	1/3	1/3	1	1/4	2	1	1/5	4	0.04
(9) Toprak Kabiliyet Sınıfları	1/4	3	2	3	4	1/2	1/2	4	1	5	2	1/3	7	0.09
(10) Taş Ocaklarına Yakınlık	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1/5	1/5	1/2	1/5	1	1/2	1/8	3	0.02
(11) Yerleşmelere Yakınlık	1/4	1	1/2	1	1	1/4	1/4	1	1/2	2	1	1/5	5	0.04
(12) Solar Radyasyon	1	4	5	5	5	2	2	5	3	8	5	1	9	0.20
(13) Göçmen Kuşlar Güzergahına	1/8	1/3	1/6	1/3	1/3	1/8	1/8	1/4	1/7	1/3	1/5	1/9	1	0.02

Tutarlık Oranı= % 8

SONUÇ HARİTASI



Şekil 4.14. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali kurulumu için uygun alanlar



Şekil 4.15. Ceyhan ilçesinde Güneş Enerji Santrali kurulumu için uygun alanlar



Şekil 4.16. GES kurulumuna uygun yerlerden biri olan Dokuztekne yakınlarında kurulmuş olan GES'lerin Google earth görüntüsü



Şekil 4.17. GES kurulumuna uygun yerlerden biri olan Dokuztekne yakınlarında kurulmuş olan GES'in Google earth görüntüsü.



Şekil 4.18. Ceyhan ilçesinin Gündoğan Mahallesi'ndeki Gündoğan Güneş Enerji Santralleri

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Enerji hayatın sürdürülmesi için gerekli olan en temel ihtiyaçlardan biri olarak hayatımıza entegre olmuştur. Sürdürülebilir gelecek adı altında ülkelerin de iş birliği içerisinde olması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımları arttırmaları yaşadığımız yer küre için olumlu gelişme olarak karşılanmaktadır.

Refah seviyesi yüksek ve güçlü bir Türkiye için ithal enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltıp mevcut potansiyelini en üst düzeyde kullanarak yeşil enerji kaynaklarına yönelmeyi ve yatırımları arttırmayı gerektirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından oldukça iyi konumda olan Türkiye, potansiyel ve faydalanma arasındaki makası daraltma konusunda hızla yol kat etmektedir.

Son yıllarda iklim değişimi sebebi ile çevre sorunlarının ağırlık kazanması ülkeleri düşük karbonlu enerji teknolojilerine yöneltmiştir.

Bu tez çalışmasında, Adana ilinin Ceyhan ilçesi GES kurulumu için en uygun yer seçimi analizi yapılmıştır. Çalışmada solar radyasyonu, eğim, bakı, yollara mesafe, iletişim hatlarına mesafe, trafo merkezlerine mesafe, yerleşim alanlarına mesafe, akarsulara mesafe, fay hatlarına mesafe, taş ocaklarına mesafe, bitki örtüsü (NDVI), toprak kabiliyeti ve kuş göç yollarına mesafe olmak üzere 13 kriter değerlendirilmiştir. Her bir kriter ayrı bir katman olarak kendi içerisinde 0-10 ölçeğinde uygunluğa göre puanlandırılmıştır. Puanlandırılan bu katmanlar çakıştırılarak çalışma sahasındaki en uygun alanlar tespit edilmiştir.

Şekil 4.15 incelendiğinde Ceyhan ilçesinde GES kurulumu için en uygun alanlar ağırlıklı olarak kuzeybatı yönündeki Başören, Gümürdülü, Soysallı, Sağkaya mahalleleri ve güneydoğu yönündeki Dokuztekne, Sarımaçı, Kurtpınar, Kurtkulağı mahallelerinin olduğu görülmektedir.

Uygunluk haritası incelendiğinde, GES için uygun olan birçok yer olduğu görülmektedir. Ve mevcut olan GES ile çalışmadan elde edilen uygun alanların örtüştüğü görülmektedir.

Literatür taraması yaptığımızda genel olarak belirlediğimiz kriterlerin veya daha azının kullanılmış olduğu görülmektedir. Kriterler genel olarak 5 ya da 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmamızda ise kriterler 10 puan üzerinden değerlendirme yapıp daha ayrıntılı sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.

Güneş enerjisine yatırımların artması ile birlikte fosil yakıtların kullanımı daha ölçülü olabilmekte ve hatta gerileme eğilimi göstermektedir. Çevreyi kirletici atıklarının olmaması, çevre dostu olması, yenilenebilir özelliği, uzun yıllar sorunsuz çalışabilmesi ve temiz enerji olması güneş enerjisi santrallerinin oldukça cazip özellikleridir.

Güneş enerjisi santrali kurulması planlanan bölgelerde, verimli tarım alanları tercih edilmemelidir; özellikle çalışma içerisine dahil edilmelidir, sürdürülebilir tercihlerle çevreyi koruyup yaban hayatını ve doğadaki diğer canlıların yaşam alanlarını göz ardı etmeden planlama yapılması tercih edilmelidir.



KAYNAKLAR

- Açık, M.S., 2019. Konya, Karaman, Aksaray ve Niğde İllerinde Uygun Arıcılık Yerlerinin Belirlenmesinde AHP ve TOPSİS Yöntemlerinin İncelenmesi. **Konya Teknik Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 84 sayfa.
- Akgün, A., 2007. Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi. **Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, İzmir, 400 sayfa.
- Akın, G., 2006. Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, 46 (2): 29-43.
- Akusta, E. ve Cergibozan, R., 2020. Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyümenin Çevre Üzerinde Etkisi: Türkiye Örneği. **Öneri Dergisi**, 15 (54): 429-461.
- Alcan, Y., Demir, M. ve Duman, S., 2018. Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz ve Almanya ile Karşılaştırarak İncelenmesi. **EL- Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi**, 5 (1): 35-44.
- Al Garni, H. Z. & Awasthi, A., 2017. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. **Elsevier**, 206(October), doi: 10.1016/j.apenergy.10.024, 1225–1240.
- Altınışik, A., 2020. İzmir İli İçin Fotovoltaik Güç Santralleri Yer Seçiminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Gerçekleştirilmesi. **Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 141 sayfa.
- Allaq, S.A., 2024. Uzaktan Algılama ve CBS Güneş Enerjisi Kaynaklarından Faydalanma. **İstanbul Gelişim Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 136 sayfa.
- Anonim, 2024a. Ceyhan. Vikipedi, özgür ansiklopedi <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ceyhan> (Erişim tarihi: 12.12. 2024)
- Anonim, 2024b. Fosil Yakıt. Vikipedi, özgür ansiklopedi https://tr.wikipedia.org/wiki/Fosil_yak%C4%B1t (Erişim tarihi: 05.11.2024)
- Anonim, 2024c. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>. (Erişim tarihi: 30.12.2024)
- Anonim, 2025a. Hangi Bölgeler Güneş Enerjisi için Uygun?. <https://solaravm.com/enerji-kaynagi-olarak-gunes-ve-potansiyeli> (Erişim tarihi: 02.01.2025)
- Anonim, 2025b. <https://poweron.com.tr/blog/fotovoltaik-gunes-paneli-nedir>. (Erişim tarihi: 05.01.2025)
- Arca, D. ve Keskin Çıtıroğlu, H., 2022. Güneş Enerjisi Santral (GES) Yapım Yerlerinin CBS Dayalı Çok Kriterli Karar Analizi ile Belirlenmesi: Karabük Örneği. **Geomatik Dergisi**, 7 (1): 17-25.
- Aslan, Ş., 2019. Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde CBS Kullanımı: Kayseri İli Örneği. **Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 77 sayfa.
- Ateş, S. ve Topal, A., 2021. Entropi Temelli Topsis, Aras ve Moosra Yöntemleri ile Güneş Enerji Santrali Kuruluş Yeri Seçimi: Kop Bölgesi Örneği. **Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi**, 17 (4): 1099-1119.
- Balçı, K., 2024. Hatay İlinde Doğal Afet Duyarlılık Analizi. **Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 240 sayfa.

- Beycur, S., 2022. Elazığ İlinde Güneş Enerjisi Santral Yerlerinin CBS ve AHP Yöntemleri ile Belirlenmesi. **Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 69 sayfa.
- Bp Enerji Görünümü,2024. <https://www.hydrocarbonprocessing.com/news/2024/07/bp-energy-outlook-two-main-scenarios-see-2025-oil-peak-rapid-renewables-growth/> (Erişim tarihi: 26.12.2024)
- Ceyhan Meb, 2024. <https://ceyhan.meb.gov.tr/www/ilcemizin-tarihcesi/icerik/18> (Erişim tarihi: 22.12.2024)
- Çevik, M., 2024. Hatay İlinde Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemini Kullanarak Yangın Havuzları ve Göletleri İçin Uygun Yerlerin Belirlenmesi. **Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 61 sayfa.
- Çevre, İklim Değişikliği ve Suya Dair Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, 2024. <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa> (Erişim tarihi: 27.12.2024)
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030), 2025. <https://iklim.gov.tr>. S.14 (Erişim tarihi: 09.01.2025)
- Delice, H., 2022. Bursa İlinde Süt Sığırını İşletmesi Kurulabilecek Uygun Alanların Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi. **Bursa Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, Bursa, 105 sayfa.
- Demir, M. A. ve Yakışık, H., 2024. Enerjinin Tarihsel Gelişimi, **İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi**, 13 (3): 1333-1353.
- Demir, M., 2023. Kars İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulum Potansiyeli Taşıyan Alanların, CBS Analizleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi. **Coğrafya Dergisi**, (46): 93-109.
- Demir, S., 2023. Ağrı İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi. **Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Ağrı, 184 sayfa.
- Dulkadiroğlu, H., 2018. Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi. **Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7 (1): 67–74.
- Duman, M. H., 2018. Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi. **Akdeniz Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 96 sayfa.
- Dursun Y., 2022. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Taşkın Risk Analizi: Osmaneli/Bilecik örneği. **Konya Teknik Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 72 sayfa.
- EİE, 2025. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. www.eie.gov.tr. (Erişim tarihi: 02.01.2025)
- Geçen, R., 2019. Hatay İlinde Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanlarının Belirlenmesi. **Turkish Studies Social Sciences**, 14 (6): 3031-3054.
- Gepa, 2025. Adana Ceyhan Radyasyon Değerleri. gepa.enerji.gov.tr (Erişim tarihi: 01.01.2025)
- Gerçek, Y., 2018. Güneş Enerji Santralleri İçin CBS ile En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği. **Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 78 sayfa.

- Giamalaki, M. and Tsoutsos, T., 2019. GIS/AHP Yaklaşımı Kullanılarak Akdeniz'de Güneş Enerjisi Tesislerinin Sürdürülebilir Konumlandırılması, Yenilenebilir Enerji, **Elsevier**, 141(C): 64-75.
- Girgin, S., 2017. Harita Mühendisliği İş Alanlarında Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemlerinin Uygulanması. **Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 92 sayfa.
- Göbeloğlu Demirkıran, E. ve Urgan, M.C., 2023. AHP-VIKOR Hibrit Yöntemi ile Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi. **Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi**, 5 (2): 95-109.
- Güçlüer, D., 2010. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi. **Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 59 sayfa.
- Gül, A., Karakoç, A., ve Rehimbeyli, S. (2017). Mekansal Planlama Alan Kullanım Kararlarında Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi Kriterleri. **5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science** 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan).
- Güner, E. D., Tekin, S., Çilek, M. ve Çilek, A., 2021. Güneş Enerjisi Santrali İçin Uygun Alanların CBS tabanlı AHP Yöntemi ile Belirlenmesi: Mersin İli Örneği. **Mühendislik Fakültesi Dergisi**, 36 (1): 11–24
- Güneş Enerjisi, 2024. <https://www.asmaz.com.tr/enerji/gunes-enerjisi/> (Erişim tarihi: 14.11.2024)
- Güney, Y. ve Turoğlu, H., 2018. Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Erozyon Yüzeyleri Envanter Verisinin Kullanımı: Selendi Çayı Havzası Örneği, **Coğrafi Bilimler Dergisi**, 16 (1): 105-119.
- Halifeoğlu, Ç., 2024. CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Güneş Enerji Santralleri İçin En Uygun Yer Seçimi; Van İli Örneği. **Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 66 sayfa.
- İklim Eylemi, 2024. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition> (Erişim tarihi: 14.11.2024)
- Matpay, B., 2024. Coğrafi Bakımdan Güneş Enerji Santrali (GES) İçin Uygun Yerlerin Belirlenmesi: Van İli Örneği. **Türk Coğrafya Dergisi**, (85): 7-19.
- Mercan, Y., 2020. Aydın İli Uygun Örtüaltı İşletme Yerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Belirlenmesi. **Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, Aydın, 159 sayfa.
- Mwanza, M., 2019. Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Sürdürülebilir Sahaların Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. **Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, İzmir, 202 sayfa
- Kambekova, A., 2020. Güneş Enerjisi Santrali Kurulumuna Uygun Alanların Uzaktan Algılama ve Cbs Yöntemleri ile Belirlenmesi (Türkistan ve Karaganda, Kazakistan). **Eskişehir Teknik Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 156 sayfa.
- Karakoç, A., 2019. Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralleri için Mekânsal Yer Seçiminin Belirlenmesi; Isparta İli Örneği. **Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 116 sayfa.
- Kenet, S., 2020. Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Çevresel ve Ekonomik Değerlendirmesi, **Marmara Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 130 sayfa.

- Kırcalı, Ş., 2019. Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak CBS Tabanlı Güneş Tarlası Yer Seçimi: Antalya İli Örneği. **Akdeniz Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 81 sayfa.
- Kurt, E., 2024. Kilis İlinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulacak Alanların CBS ile Belirlenmesi. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 92 sayfa.
- Obut, Z., 2016. Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi İle Belirlenmesi. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 71 sayfa.
- Öcül, M., 2024. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Güneş Enerji Santrali için Yer Seçimi: Amasya Merzifon Örneği. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 86 sayfa.
- Saçlı, A., 2025. Sürdürülebilir Gelecekte Yenilenebilir Enerjinin Rolü. **Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi**, 34 (1): 121-148.
- Salihoğlu, T., Seyrek, E. C., ve Kaymakçıoğlu, M., 2020. AHP ve CBS Yardımıyla Kentlerde Güneş Enerji Santrali Yer Seçimi Alternatifleri: Karaman Türkiye Örneği. **Kent Akademisi**, 13 (4): 651-667.
- Tanrıverdi, M., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Şanlıurfa İl Merkezinin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. **Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 74 sayfa.
- Tekdamar, D.A., ve Tekdamar, K., 2024. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi: Mardin İli Örneği. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 27(1): 199-212.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024. Çevre, İklim Değişikliği ve Suya Dair Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri. <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa>. (Erişim tarihi: 11.12.2024)
- TİAŞ, 2024. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. <https://hydrocarbonprocessing.com/topics/environment-safety/>. (Erişim tarihi: 22.01.2025)
- TPO, 2021. Türkiye Petrolleri Ortakları. Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. S. 9-13.
- Toraman, D., 2009. Mekansal Çok Ölçütlü Karar Analizi: Ulaştırma İçin Güzergah Seçenekleri. **İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 100 sayfa.
- Töreyan, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T., 2010. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları. **ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dökümanı**. S. 3-5. www.islem.com.tr
- Turan, E.S., 2022. Adana İli İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanılarak Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçiminin Optimizasyonu. **Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, Adana, 197 sayfa.
- Tüfekçi, D., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Çok Ölçütlü Karar Analiziyle Tsunami Risk Değerlendirmesi, Bakırköy, İstanbul. **Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 140 sayfa.
- Türkseven, C. S., 2019. Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Cbs Tabanlı Çok Kriterli Karar Destek Sisteminin Uygulanması (Eskişehir İli Örneği). **Eskişehir Teknik Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 66 sayfa.

- Türkşen, Ö., 2024. Türkiye'deki Biyokütle Enerji Santrallerinin Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerle Analizi. **Coğrafi Bilimler Dergisi**, 22 (2): 588-613.
- Uzar, M. ve Koca, H., 2020. Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi İçin Uygunluk Haritasının Oluşturulmasında Klasik Ve Bulanık Mantığa Dayalı Yöntemlerin Analizi: Menemen Örneği. **Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi**, 7(1): 11-28.
- Yalçın, C. ve Yüce, M., 2020. Burdur'da Güneş Enerjisi Santrali (GES) Yatırımına Uygun Alanların CBS Yöntemiyle Tespiti. **Geomatik**, 5(1): 36-46.
- Yalçın, M., 2016. Jeotermal Alanların CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması: Akarçay Havzası (Afyonkarahisar) Örneği. **Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, İstanbul, 169 sayfa.
- Yılmaz, İ., 2024. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Güneş Enerjisi Santralleri için Yer Seçimi: Batı Akdeniz Örneği. **Akdeniz Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 107 sayfa.
- Yücel, U., 2015. Atık Su Arıtma Tesisleri İçin Uygun Alanların CBS Destekli Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi. **İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 95 sayfa.

ÖZGEÇMİŞ

2019 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden mezun oldu. 2022 Aralık ayında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Özel bir kurumda öğretmenlik yapmaktadır.

