

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE UZAKTAN ALGILAMA VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI; GİRESUN İLİ ÖRNEĞİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDAL UZUNAY

ŞUBAT 2022

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE UZAKTAN ALGILAMA VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI; GİRESUN İLİ ÖRNEĞİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdal UZUNAY

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL

ZONGULDAK

Şubat - 2022

KABUL:

Erdal UZUNAY tarafından hazırlanan “Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçiminde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı; Giresun İli Örneği” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 24/02/2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL

.....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik
Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

.....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik
Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

.....

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./....../2022

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Erdal UZUNAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI; GİRESUN İLİ ÖRNEĞİ

Erdal UZUNAY

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL

Şubat 2022, 65 sayfa

Teknolojinin gelişimine paralel olarak enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Günümüzde enerji kullanımının büyük çoğunluğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı karbon emisyon oranını artırmakta ve küresel ısınma ve iklim değişikliği meydana getirerek yeryüzünde yaşamı zorlaştırmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği bütün dünyanın ortak sorunu olduğu için fosil yakıt kullanımını azaltıcı teknolojiler gelişmektedir. Elektrikli araçların üretimimin ve kullanımının artması, elektrik üretiminde fosil yakıtlar ve nükleer enerji yerine yenilenebilir kaynakların kullanılması küresel ısınma ile mücadelede önemli rol oynamaktadır.

Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde güneş enerjisi kullanımı her geçen gün artmaktadır. Güneş dünyamız için bitmeyen bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinden elektrik üretebilmek amacı ile yapılan çalışmalar devam etmekte olup teknolojinin gelişmesine paralel olarak güneş enerjisinden yararlanma oranımız her geçen gün artmaktadır. Güneş enerjisinden en iyi faydalanabilmek için santral kurulacak alanların seçimi son derece önemlidir.

ÖZET (devam ediyor)

Güneş enerji santrali kurulabilecek alanların seçiminde arazinin güneş alma potansiyeli, eğimi, enerji nakil hatlarına uzaklığı, yerleşim alanlarına uzaklığı, sulak alanlara uzaklığı, fay hatlarına uzaklığı, verimli tarım arazilerine uzaklığı gibi birçok değişkenin göz önünde bulundurulması ve en uygun kararın verilmesi gerekmektedir. Bu karar alma sürecinde uzaktan algılama verileri kullanarak coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılması optimum fayda sağlayabilmek açısından önemlidir.

Bu çalışmada Giresun İl sınırları içerisinde elektrik enerjisi üretimi amaçlı güneş enerji santrali yerinin belirlenmesi amacıyla uzaktan algılama verileri, açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemleri yazılımı içerisinde analiz edilerek en uygun yatırım kararının verilebilmesi için öneriler ortaya konulmuştur.

Uzaktan Algılama verileri olarak Alos Aw3d30 sayısal yükseklik modeli, analiz ve sorgulama programı olarak QGIS, güncel arazi durum ve kullanım haritası olarak Google Earth programı kullanılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Giresun İli güney sınır bölgelerinde bulunan Şebinkarahisar, Çamoluk ve Alucra İlçelerinde toplamda 285.330 m² alan GES yapımına uygun olarak tespit edilmiş olup bu alanlara yaklaşık olarak 14.3 mW kapasiteli GES yatırımı yapılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Güneş Enerjisi Santrali,

Bilim Kodu: 616.02.04

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

USE OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN SOLAR POWER PLANT LOCATION SELECTION; EXAMPLE OF GİRESUN PROVINCE

Erdal UZUNAY

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Eray KÖKSAL

February 2022, 65 pages

In parallel with the development of technology, the need for energy is increasing every day. Currently, the vast majority of energy use is covered by fossil fuels. The use of fossil fuels increases the rate of carbon emissions and causes global warming and climate change, making life on earth difficult. As global warming and climate change are common problems of the whole world, technologies to reduce fossil fuel use are developing. Increased production and use of electric vehicles, the use of renewable resources instead of fossil fuels and nuclear energy in electricity generation play an important role in combating global warming.

The use of solar energy in the production of energy from renewable sources is increasing every day. The sun is an endless source of energy for our world. In parallel with the development of technology, our rate of use of solar energy is increasing every day. In order to make the best use of solar energy, the choice of areas to be installed in the power plant is extremely important.

ABSTRACT (continued)

A solar energy plant that can be built in the selection of the potential of the land areas to the sun, slope, distance to power transmission lines, residential areas, and distance to wetlands in the distance, the distance to the fault, such as distance to many variables to consider and productive agricultural land should be given to the most appropriate decision. In this decision-making process, it is important to use geographic information systems using remote sensing data to provide optimal benefits.

In this study, in order to determine the location of the solar power plant for electricity generation within the borders of Giresun province, remote sensing data were analysed in open-source software for geographic information systems and suggestions were made for the most appropriate investment decision.

Alos Aw3d30 digital elevation model was used as remote sensing data, QGIS as analysis and query program, Google Earth program as current land status and usage map.

As a result of the analysis, a total area of 285.330 m² in Şebinkarahisar, Çamoluk and Alucra districts located in the southern border regions of Giresun province has been determined in accordance with the construction of GES and approximately 14.3 mW capacity GES investment can be made in these areas.

Keywords: Remote Sensing, Geographic Information System, Power Plant

Science Code: 616.02.04

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yardımcı olan, yol gösteren, tecrübelerini paylaşan ve tez danışmanlığımı kabul eden değerli hocam Dr. Öğr. Gör. Eray KÖKSAL’a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan bütün aileme, özellikle sevgili eşim Yasemin UZUNAY ve oğlum Kerem UZUNAY’a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimim boyunca Yıldız Teknik Üniversitesi’nde, yüksek lisans eğitimim boyunca Bülent Ecevit Üniversitesi’nde tecrübeleri ile bize yol gösteren değerli hocalarımıza teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL:.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 LİTERATÜR ÖZETİ	3
BÖLÜM 2 ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI	9
2.1 ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI İSTATİSTİKLERİ	9
2.1.1 Dünya’da Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı.....	9
2.1.2 Türkiye’de Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı	10
2.2 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ELDE ETME YÖNTEMLERİ	13
2.2.1 Yoğunlaştırılmış Güç sistemleri (CSP).....	14
2.2.2 Fotovoltaic (PV) Sistem.....	14
2.2.2.1 Fotovoltaik Sistem Kurulumu	15
2.2.2.2 Güneş Enerji Santrali Yer Seçimine Etki Eden Faktörler	17
BÖLÜM 3 UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	21
3.1 UZAKTAN ALGILAMA KAVRAMI	21
3.1.1 Enerji Kaynaklarına Göre Algılama Sistemleri	22
3.1.1.1 Pasif Algılama Sistemleri.....	22

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.1.2 Aktif Algılama Sistemleri	22
3.1.2 Elektromanyetik Enerji	23
3.1.3 Çözünürlük Kavramı.....	24
3.1.3.1 Geometrik (Mekânsal) Çözünürlük.....	24
3.1.3.2 Spektral Çözünürlük.....	25
3.1.3.3 Radyometrik Çözünürlük	26
3.1.3.4 Zamansal Çözünürlük	27
3.2 COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS).....	28
3.2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları	31
3.3 SAYISAL ARAZİ MODELLERİ	32
3.3.1 Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Elde Etme Yöntemleri.....	33
3.3.2 Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Kullanım Alanları	34
BÖLÜM 4 UYGULAMA	37
4.1 ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN METERYALLER	37
4.1.1. Çalışma Alanı.....	37
4.1.2 Kullanılan Materyaller	39
4.1.2.1 Aw3D30 Sayısal Yükseklik Modeli.....	39
4.1.2.2 QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi Programı	41
4.1.2.3 Google Earth (GE) Programı.....	41
4.2 UYDU VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE ANALİZ EDİLMESİ.....	42
4.2.1 Eğim Haritası	43
4.2.2 Bakı Haritası	45
4.2.3 Verilerin Analizi	46
BÖLÜM 5 SONUÇLAR.....	57
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 2000-2030 Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Solar PV Enerji Üretimi	10
Şekil 2.2 Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı	11
Şekil 2.3 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı	12
Şekil 2.4 Türkiye Yenilenebilir Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı	12
Şekil 2.5 2019-2023 Stratejik Planı Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı	13
Şekil 2.6 Fotovoltaik Sistem Kurulumu	15
Şekil 2.7 Fotovoltaik Hücre, Panel, Dizi Oluşum Süreci	16
Şekil 2.8 Genel PV Güç Sistemi Yapısı	17
Şekil 2.9 Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Atlası	18
Şekil 2.10 Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri	18
Şekil 2.11 Adana-Kozan 3,1 Mw Güneş Enerji Santrali	20
Şekil 3.1 Pasif Algılayıcı Çalışma Prensibi	22
Şekil 3.2 Aktif Algılayıcı Çalışma Prensibi	23
Şekil 3.3 Elektromanyetik Spektrum	24
Şekil 3.4 Mekânsal Çözünürlük Değerleri Farklı Olan Görüntüler.	25
Şekil 3.5 Landsat TM Sensörüne Ait Bandların Spektral Çözünürlükleri	26
Şekil 3.6 Radyometrik Çözünürlük	27
Şekil 3.7 CBS Bileşenleri	29
Şekil 3.8 Veri Çeşitleri	30
Şekil 3.9 SAM ve SYM Arasındaki Farklar	33
Şekil 3.10 Giresun SYM Verisi	34
Şekil 4.1 Giresun İlçeleri Haritası	38
Şekil 4.2 Giresun Toplam Güneş Radyasyonu Haritası	39
Şekil 4.3 ALOS Uydusu Bölümleri	40
Şekil 4.4 QGIS Yeni Proje Oluşturma	43
Şekil 4.5 Raster Dosyaları Birleştirme-Kesme	44
Şekil 4.6 Eğim (slope) Haritası Görünümü	45
Şekil 4.7 Bakı (aspect) Haritası Görünümü	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.8 Raster Hesaplayıcı Formül Girişi.....	47
Şekil 4.9 Eğim ve Bakı Durumu Uygun Olan Alanlar.....	47
Şekil 4.10 Sieve Komutu ile Küçük Alanların Elenmesi.	48
Şekil 4.11 Raster-Vektör Dönüşümü Yapılması.	49
Şekil 4.12 Eğim, Bakı, Alan Şartlarını Sağlayan Alanlar ve Dışa Aktar Menüsü.	49
Şekil 4.13 Sorgu Oluşturma Komutu.	50
Şekil 4.14 Geometrinin Düzeltilmesi.	51
Şekil 4.15 Alan Hesabı Yapılması.	52
Şekil 4.16 Uygun Alanlar Genel Görünümü.....	53
Şekil 4.17 Uygun Alanlar-1	54
Şekil 4.18 Uygun Alanlar-2	54
Şekil 4.19 Uygun Alanlar-3	55
Şekil 4.20 Uygun Alanlar-4	55
Şekil 4.21 Uygun Alanlar-5	56
Şekil 4.22 Uygun Alanlar-6	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: Yüzde
TWh	: Terawatt-saat
mW	: Megawatt
GWh	: Gigawatt-saat
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
KWh	: Kilowatt-saat
m ²	: Metrekare

KISALTMALAR

ALOS	: Advanced Land Observing Satellite
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CSP	: Concentrated Solar Power
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EUAŞ	: Enerji Üretim Anonim Şirketi
GE	: Google Earth
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerji Santrali
JAXA	: Japonya Havacılık Ajansı
KML	: Keyhole Markup Language
KMZ	: Keyhole Markup Language Zipped
PV	: Photovoltaik
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
UA	: Uzaktan Algılama



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Küresel ısınma dünyada canlıların yaşamını tehdit eden en büyük etmenlerden bir tanesidir. Küresel ısınma sebeplerinden en önemlisi enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla fosil yakıtların kullanımı sonucunda ortaya çıkan gazlardır. Bu nedenle bütün dünyada enerji ihtiyacının fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerjilerden karşılanabilmesi için ortak hedefler belirlemektedir.

Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik santralleri, biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, daha az karbon yoğun ve daha sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişin merkezinde yer almaktadır (URL 1).

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlilerindendir. Gelişmiş dünya ülkeleri güneşten en iyi şekilde yararlanabilmek amacı ile ar-ge çalışmalarına önem vermekte ve güneş enerjisi kullanımını destekleyici politikalar üretmektedir. İngiltere ve Japonya gibi ülkeler 2030 yılına kadar fosil yakıtlı çalışan araçlar yerine elektrikli araçların kullanılabilmesi için çalışmalar yapmakta ve bu politika gelişmiş dünya ülkeleri tarafından benimsenmektedir. Fosil yakıtlı çalışan araçların yerine elektrikle çalışan araçların kullanılması küresel ısınma ve çevre kirliliğini önemli ölçüde azaltmakla birlikte elektrik ihtiyacını artıracaktır. Küresel bazda elektrik ihtiyacını fosil yakıtlar yerine yenilenebilir kaynaklardan karşılayabilmek için güneş enerjisini kullanmak teşvik edildiği ve güneş enerjisi kullanım miktarını artırmak genel bir politika olduğu için güneş enerjisinden azami fayda sağlayabilecek teknolojiler gelişmektedir.

Ülkemizde 2019-2023 yılı 11.kalkınma planında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi artırılacak, yenilenebilir enerji üretiminin şebekeye güvenli bir şekilde entegrasyonunun sağlanması amacıyla gerekli planlama ve yatırımlar gerçekleştirileceği belirtilmiştir (URL 2).

Ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 stratejik planında yenilenebilir enerjilerin kullanımının artırılması, yenilenebilir enerjilerin üretiminde yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi noktasında çalışmaların yapılması gerekliliği belirtilmektedir (URL 3).

Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi yapabilmek maliyeti yüksek olan bir yatırımdır bu nedenle santral kurulması planlanan alanın çok iyi analiz edilmesi yatırımın verimliliği açısından çok önemlidir.

Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde güneş enerjisinden elektrik üretimi çalışmalarının olmaması sebebi ile bu bölgede çalışmaların yapılması ülkemizin enerji çeşitliliği açısından önemli olacaktır.

Bu çalışmada Giresun İl sınırları içerisinde Güneş Enerjisi Santrali kurulabilecek alanların tespit edilmesi problemi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla literatür taraması yapılarak GES yer seçimi ile ilgili olan çalışmalar ve ulaşılan sonuçlar incelenmiştir.

İkinci bölümde güneş enerjisinden elektrik üretimi ile ilgili Dünya'da ve Türkiye'deki mevcut yatırımlar ve planlanan yatırımlar incelenmiştir. Güneş Enerjisinden elektrik üretimi yapılan sistemler incelenmiş fotovoltaik (PV) sistem kurulumu ve santral yeri seçiminde etkili olan faktörler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ilgili bilgiler verilmiş en uygun yer seçimi projelerinde kullanılabilirliği vurgulanmıştır.

Dördüncü bölümde çalışma alanı ve kullanılan materyaller ile ilgili bilgiler verilmiş işlem adımları anlatılmış verilerin analiz sonuçları tespit edilmiştir.

Beşinci bölümde yapılan çalışmanın gerekliliği ve ulaşılmış olan sonuçlar vurgulanmış Güneş Enerjisi Santrali en uygun yer seçimi analizlerinin bütün il ve ilçelerde yapılması gerekliliği belirtilmiş ayrıca farklı çalışmalar içinde en uygun yer seçimi analizlerinin yapılabileceği belirtilmiştir.

1.1 LİTERATÜR ÖZETİ

GES yeri belirleme için arazinin güneşlenme potansiyeli, arazinin eğimi, eğimin yönü (bakı), yerleşim yerlerine uzaklığı, anayol ve tali yollara uzaklığı, enerji nakil hatlarına uzaklığı gibi birçok değişken faktör vardır ve herbiri santralin verimliliğine etki etmektedirler. Dünya çapında ve ülkemizde GES yeri belirleme çalışmaları farklı yöntemlerle yapılmaya devam etmektedir.

2020 yılında Nesrin Sarsıcı tarafından hazırlanmış olan “Karabük İlinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulabilecek Alanların Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Tespiti” adlı yüksek lisans tezinde, Karabük ilinde GES kurulabilecek alanların tespiti için coğrafi ve öznitelik verilerinin toplanması sonrasında heyelan risk bölgelerine, deprem fay hattına, trafo merkezlerine, enerji nakil hatlarına, karayolu ve demiryolu ağına, akarsular, göletler, su kapanlarına, yerleşim alanlarına olan mesafeler, güneşlenme potansiyeli, bakı, eğim, toprak sınıfları, arazi kullanım durumu ve kuş göç yolları olmak üzere 13 veri katmanı kullanılarak güneş enerji santralleri için uygun yer tayinini CBS ve ÇÖKA yardımı ile yapmıştır. ArcGis programı kullanılarak yapılan araştırmada sonuç olarak Karabük ilindeki arazilerin %7 sinin GES yeri için uygun olduğu sonucunu elde etmiştir (Sarsıcı 2020).

2020 yılında Ayşe Altınışık tarafından hazırlanmış olan “İzmir İli İçin Fotovoltaik Güç Santralleri Yer Seçiminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Gerçekleştirilmesi” adlı yüksek lisans tezinde CBS (ArcMap programı ile) ve karar analiz sistemi kullanılarak İzmir İli için GES kurulabilecek alanların tespitini yapmıştır. Yer seçiminde güneşlenme potansiyeli, eğim, bakı, arazi kullanımı, ENH uzaklık, yola uzaklık olarak 6 kriter kullanmış ve arazi uygunluk sonuç haritasını elverişsiz (%89,48), kötü (%0), orta (2,71), iyi (3,47), çok iyi (3,10), mükemmel (1,24) olarak oluşturmuştur (Altınışık 2020).

2020 yılında Azhar Kaimbekova tarafından hazırlanmış olan “Güneş Enerjisi Santrali Kurulumuna Uygun Alanların Uzaktan Algılama ve CBS Yöntemleri İle Belirlenmesi (Türkistan VE Karaganda, Kazakistan)” adlı yüksek lisans tezinde ArcMap ve ArcGISpro CBS programlarından ve karar destek sisteminden (AHP) yararlanarak, eğim, bakı, yollar, su kaynakları, yerleşim yerleri, güneşlenme potansiyeli, enerji nakil hatları, trafo merkezleri olarak 8 katman halinde açık veri kaynaklarını kullanarak analiz yapmıştır. Mevcutta

işletilmekte olan ve proje aşamasında olan GES ile kıyaslama yaptığında elde ettiği sonuçların tutarlı olduğunu belirtmiştir (Kaimbekova 2020).

2019 yılında Tuğrul Urfalı tarafından hazırlanmış olan “Akıllı Şehir Uygulamaları İçin CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği” adlı yüksek lisans tezinde akıllı şehir projelerinde CBS tabanlı yer seçim uygulamalarının karar vermeyi destekleyici yönünü belirtmiş, Kayseri İli ölçeğinde RES, katı atık depolama alanları ve akıllı kavşak gibi akıllı şehir uygulamalarının yer seçiminde CBS analizleri ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri ile en uygun yer seçimlerinin yapılmasını hedeflemiştir. ArcGIS yazılımının mekânsal analiz modülü kullanılarak yapılan analizler, ÇKKV yöntemi AHP ile hesaplanacak kriterlerin ağırlıkları ile birleştirilerek uygun konumlar belirlenmeye çalışılmıştır (Urfalı 2019).

2019 yılında Şura Kırçalı tarafından hazırlanmış olan “Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak CBS Tabanlı Güneş Tarlası Yer Seçimi: Antalya İli Örneği” adlı yüksek lisans tezinde ÇKKV yöntemlerinden olan AHS yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarını belirlemiş, ArcGIS programı yardımı ile analiz sonucunda GES için en uygun yerleri belirlemeye çalışmıştır. Sonuç haritasında En uygun, uygun, az uygun, uygun olmayan olmak üzere 4 farklı katman oluşturmuş, en uygun alanların güney-batı Antalya civarlarında olduğunu tespit etmiştir (Kırçalı 2019).

2019 yılında Afşar Karakoç tarafından hazırlanmış olan “Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralleri İçin Mekânsal Yer Seçiminin Belirlenmesi; Isparta İli Örneği” adlı yüksek lisans tezinde yapılan tüm ölçütlerde yapılan eşik analiz sonucu ortaya çıkan uygunluk haritaları temel ölçütlerin ağırlık puanlaması ile ilişkilendirilmesi sonucu ArcGIS programında karşılaştırılmak sureti ile Isparta İlinde en uygun alanlar toplam 43.000 ha alanın %5’i olduğu tespit edilmiştir. Mevcutta işletilmekte olan 2 adet GES yeri uygun olmayan alanda, 4 adet GES yeri çok uygun alanda, 16 adet GES yeri ise orta uygunlukta alanda olduğu tespit edilmiştir (Karakoç 2019).

2019 yılında Hüseyin Koca tarafından hazırlanmış olan “Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Güneş Enerjisi Santralleri İçin Yer Seçimi ve Değerlendirme: Menemen Örneği” adlı yüksek lisans tezinde eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yollara uzaklık ve ENH’lara uzaklık olmak üzere altı kriter belirlenmiş ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. Uygun olmayan alanlar belirlenmiş ve kalan alanların uygunluk seviyeleri tespit edilmiştir. Eğim bakımından %4 ve

altı alanlar yüksek uygun, %4-%8 arası alanlar orta uygunlukta, %8-%11 arası az uygun, %11 ve üzeri uygunsuz alan olarak çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Menemen İlçesinin %65,91 kısmı uygunsuz alan, %4,18 kısmı az uygun alan, %7,26 kısmı orta uygunlukta ve %22,65 kısmı ise yüksek uygunlukta alan olduğu tespit edilmiştir. GES yer tespitinde CBS ile bulanık analitik hiyerarşi projesi kullanılmasının tutarlı ve Pratik bir yöntem olabileceği vurgulanmıştır. 1 mW kapasiteli GES kurulumu için gerekli alanın 2 ha olduğunu varsayarak sadece yüksek uygunluklu alanlara GES kurulması ile elde edilebilecek elektrik enerjisinin Atatürk barajının yıllık üretiminin 1,25 katına karşılık geldiği belirtilmiştir ayrıca yaklaşık maliyet ve kazanç hesabı yaparak 25 yıl sonunda 288 milyar TL kar elde edilebileceği hesaplanmıştır (Koca 2019).

2019 yılında Mustafa Emre Eren tarafından hazırlanmış olan “Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulacağı Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde arazilerin uygunluğunun belirlenebilmesi için etkili her bir faktörün yazılımsal olarak analizi yapılarak yüzdesel etki oranı hesaplanmıştır. Bu etki oranları ArcGis programı ile analiz edilerek uygun alanlar belirlenmiştir. İzmir İli için yapılmış olan çalışmada il yüzölçümünün %5,3’ü uygun alan olarak bulunmuştur (Eren 2019).

2018 yılında Yasin Gerçek tarafından hazırlanmış olan “Güneş Enerji Santralleri İçin CBS ile En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği” adlı yüksek lisans tezinde CBS kullanılarak Malatya İl sınırları içerisinde GES için en uygun yerlerin seçimi konumsal analizler yapılarak belirlenmiştir. Öncelikle yer seçim kriterleri belirlenmiş, güneşlenme potansiyeli, bakı, karayolu ve demiryolu varlığı, eğim, göller ve barajların konumları, doğalgaz boru hattı güzergahı, fay hatları ve mevcut yerleşim yerleri tespit edilmiştir. Belirlenen kriterler kendi aralarında önem derecelerine göre ağırlıkları analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda ArcGIS programı yardımı ile CBS analizleri kullanılarak en uygun yerler tespit edilip sonuç haritası ile sunumu yapılmıştır. Mevcutta işletilmekte olan GES alanları ile kıyaslama yapılmış ve sonucun tutarlılığı belirtilmiştir (Gerçek 2018).

2018 yılında Mehmet Hilmi Duman tarafından hazırlanmış olan “Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi” adlı yüksek lisans tezinde çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak Batı Akdeniz Bölgesinde kurulması düşünülen GES için 9 adet alternatif içerisinde en uygun yer belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle uzman görüşleri doğrultusunda sekiz adet kriter belirlenmiş ve Best-Worst metodu ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Topsis ve Moora yöntemleri ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır (Duman 2018).

2016 yılında Zehra Obut tarafından hazırlanmış olan “Göksun İlçesi’nde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde GES yeri seçimi için coğrafik veriler toplanıp CBS ve çok kriterli karar analizi ile değerlendirilmesi yapılmıştır. 30 m sayısal yükseklik modeli kullanılarak eğim ve bakı haritası türetilmiş ve yükselti haritası oluşturulmuştur. CBS ile hazırlanmış olan 12 veri katmanını analiz edilmiştir. Güneş enerji potansiyeli, ENH, trafo, yollar, yerleşim alanları, akarsular, göl, fay hattı, maden alanları kriterleri için öklit mesafeleri oluşturulup haritalar üzerinde gösterilmiştir. Öklit mesafesi ile belirlenen aralıklarda sınıflandırılan katmanların birleştirilmesi sonucu uygun olan alanlar için tek raster katmanını oluşturulmuştur. Aynı işlem uygun olmayan alanlar içinde oluşturulmuştur. Uygun alanların içerisinde uygun olmayan alanların çıkartılması sonucu en uygun alanlar elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda belirlenen GES yerlerinin uygunluğu mevcut santraller ile kıyaslanmış ve uygun olduğu tespit edilmiştir. Haritada belirlenen diğer uygun alanlarda arazi incelemesi yapıldığında doğru sonucun ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Obut 2016).

2016 yılında Can Ayday, Nefise Yalman, Levent Sabah, Onur Höke tarafından UZAL-CBS-2016’da sunulmuş olan “Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Kullanımı-Eskişehir Örneği” adlı çalışmada açık kaynak kodlu CBS yazılımı kullanılarak Eskişehir İl sınırı içerisinde bulunan ilçeler analiz edilmiştir. GES uygulaması için en uygun ilçe belirlenmiştir ve bu ilçenin arazi özellikleri ve dağıtım şebekesi göz önünde bulundurularak uygun yer belirlenmeye çalışılmıştır. Açık kaynak kodlu QGIS ve GRASS CBS programının kullanılması ücretsiz ve kullanıcıya büyük olanaklar sağladığı için tercih edilmiştir olup açık kaynak kodlu CBS yazılımı kullanmanın ülke yararına bir görev olduğu belirtilmiştir. GES yeri tespit edilmesi için sayısal arazi modelinden eğim ve bakı haritaları türetilmiş ve meteorolojik durum saptaması için grid analiz kullanılmıştır. Sahanın konumunun yol, yerleşim yeri, ENH uzaklığı CBS yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuç haritaları oluşturulmuştur (Ayday et al. 2016).

2010 yılında Dolunay Güçlüer tarafından hazırlanmış olan “Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde CBS-ÇÖKA ile örnek bölge olarak seçilen Konya İlinde yoğunlaştırılmış güneş elektrik santrallerinin kurulumuna uygun alanlar belirlenmiştir. Kullanılan kriterler ağırlıklandırılarak istenen amaç için en uygun alanlar ortaya çıkartılmıştır. 50 MW kapasiteli GSP santrali tüm kısımları ile birlikte yaklaşık olarak 35 hektarlık bir Alana ihtiyaç duymaktadır. Teorik olarak

Konya İlinde 3257 adet 50 MW kurulu gücünde CSP santral yapmanın mümkün olduğu belirtilmiştir (Güçlüer 2010).

Güneş enerji santral yeri belirleme ile ilgili bir çok şehir için CBS yardımı ile çalışma yapılmıştır. Çalışma yapılmayan şehirler için en kısa zamanda yer tespitlerinin yapılması güneş enerjisinden yararlanma noktasında ekonomik ve çevre duyarlılığı açısından önemli olacaktır.

Yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde Giresun İli için GES yer belirlenmesi çalışması yapılmadığı görülmüştür. Giresun İl'inde GES yeri belirlenmesi çalışması yapılması literature katkı sağlaması bakımından önemlidir.





BÖLÜM 2

ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Güneşin çekirdeğinden çıkan ışınlar dünyaya içinde enerji potansiyeli barındırarak ulaşmaktadır. Bu ışınların büyük kısmı atmosfere ulaşmadan etkisini yitirse de dünyaya ulaşabilen miktar bile tüm insanlığın enerji ihtiyacından çok daha fazlasını barındırmaktadır. Bu açıdan güneşin ulaşan ışınları ile barındırdığı enerjinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Dünya genelinde 1970’li yıllardan sonra güneşten daha fazla yararlanma çalışmaları kapsamında teknolojik anlamda ilerleme ve güneşten yararlanma maliyetlerinin düşmesiyle birlikte insanoğlu için sınırsız kaynak olan güneş enerjisi daha etkin kullanılmaya başlanmıştır. Güneş, nükleer enerji hariç yeryüzündeki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır (Kanat 2019).

2.1 ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI İSTATİSTİKLERİ

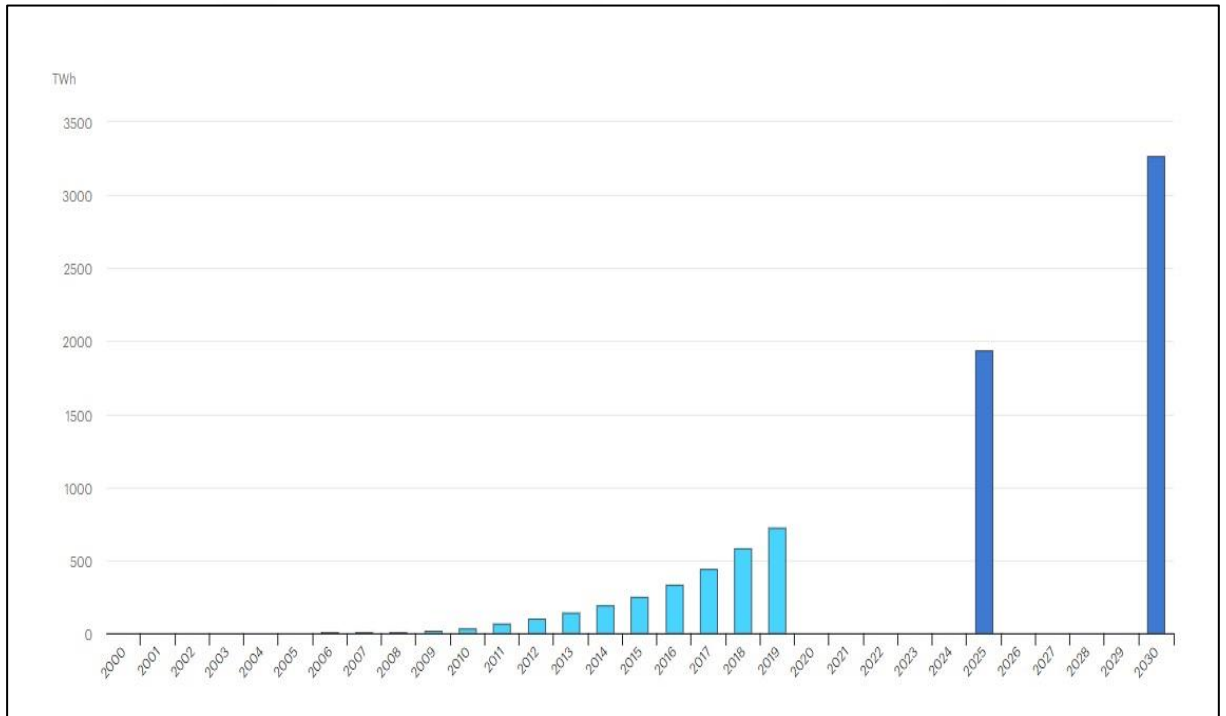
2.1.1 Dünya’da Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı

Dünya genelinde bütün ülkeler daha temiz ve daha yaşanabilir bir dünya için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırma ve fosil yakıtların kullanımını azaltma yönünde politikalar üretmekte ve bu politikaların sonucu olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma oranları artmaktadır. 2020 yılında yaşanmış olan Covid-19 pandemi koşulları nedeni ile enerji talebindeki yavaşlamaya rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarındaki arz artmaya devam etmiştir.

Uluslararası Enerji Ajansının (EİA) 2020 yılı haziran ayında yayınlamış olduğu rapora göre dünya genelinde güneş enerjisinden elektrik üretimi 2019 yılında %22 artarak rekor bir büyüme kaydetmiş olmakla birlikte 2019 yılında 720 TWh olan Solar Pv toplam kurulu gücün küresel elektrik üretiminin yaklaşık %3’ünü oluşturduğu belirtilmektedir (URL 4).

EİA tarafından hazırlanmış olan sürdürülebilir kalkınma senaryosu (SDS) planlarına göre 2019 yılında 720 TWh olan Solar Pv toplam kurulu gücün her yıl ortalama %15 büyüyerek 2030 yılı sonunda 3300 TWh olması beklenmektedir (Şekil 2.1).

EİA tarafından hazırlanmış olan uluslararası raporlar ve kalkınma senaryosu planlarına göre güneş enerjisinden elektrik üretimi her yıl büyüyerek artacak olmakla birlikte fosil yakıtlardan elektrik üretiminin azalma eğiliminde olması beklenmektedir. Covid-19 pandemi kısıtlamaları nedeni ile 2019 ve 2020 yıllarında artış ivmesi azalan toplam kurulu güç büyüklüğünün 2030 yılı hedeflerine ulaşabilmesi için 2021 ve ilerleyen yıllarda hızlı bir artış göstermesi gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 2.1 2000-2030 Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Solar PV Enerji Üretimi (URL 4).

2.1.2 Türkiye’de Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı

Türkiye Elektrik Üretim A.Ş (EUAŞ) tarafından yayınlanmış olan 2019 yılı faaliyet raporuna göre 2019 yılı sonu itibari ile Türkiye’nin elektrik üretiminde toplam kurulu gücü 91.431 mW olmuştur (URL 5). Güneş enerjisinden elektrik üretimi kurulu gücü 5.995 mW ile toplam kurulu gücün %6,56’sını oluşturmaktadır (Şekil 2.2).

Türkiye’de 2019 yılında 302.552 GWh elektrik üretilmiş olup güneş enerjisinden üretilen elektrik miktarı 9.330 GWh olmuştur. 2019 yılında üretilen elektriğin %3,08’i güneş enerjisinden sağlanmıştır (Şekil 2.3).

Yenilenebilir enerji kurulu güçleri yıllık gelişim tablosu incelendiğinde 2014 yılında 40,2 mW olan güneş enerjisi kurulu gücü 2019 yılı sonu itibari ile 5995,2 mW olmuştur. Güneş enerjisi kurulu gücünün 5 yıl içerisinde 50 kat arttığı görülmektedir (Şekil 2.4).

ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	
<i>Türkiye Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı</i>	
KAYNAKLAR	KURULU GÜÇ (MW)
Hidrolik	28.499
Doğalgaz + LNG	26.075
Linyit + Taş Kömürü	10.912
İthal Kömür	8.967
Rüzgar	7.591
Güneş	5.995
Jeotermal	1.515
Biyokütle	800
Sıvı Yakıtlar *(Fuel Oil+Motorin+ Nafta+Asfaltit)	716
Atık Isı	362
TOPLAM	91.431

Şekil 2.2 Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (URL 5).

ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	
Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı	
KAYNAKLAR	ÜRETİM GWh
Hidrolik	88.879
İthal Kömür	60.382
Doğal Gaz + LNG	55.683
Linyit + Taş Kömürü	50.410
Rüzgâr	21.768
Diğer (Jeotermal + Biyokütle + Atık Isı)	13.041
Güneş	9.330
Sıvı Yakıtlar *(Fuel-Oil + Nafta + Asfaltit + Motorin)	3.059
TOPLAM	302.552

Şekil 2.3 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (URL 5).

YILLAR	HİDROLİK	JEOTERMAL	RÜZGAR	GÜNEŞ (MW)	BİYOKÜTLE *	YENİLENEBİLİR KURULU GÜCÜ	TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜCÜ	YENİLENEBİLİRİN PAYI %
YEARS	HYDRO	GEOTERMAL	WIND	SOLAR	BIOMASS *	RENEWABLE INSTALLED CAPACITY	TOTAL INSTALLED CAPACITY	RENEWABLE SHARE %
2013	22.289,0	310,8	2.759,7		178,0	25.537,5	64.007,5	39,9
2014	23.643,2	404,9	3.629,7	40,2	227,0	27.945,0	69.519,8	40,2
2015	25.867,8	623,9	4.503,2	248,8	277,1	31.520,8	73.146,7	43,1
2016	26.681,1	820,9	5.751,3	832,5	363,8	34.449,6	78.497,4	43,9
2017	27.273,1	1.063,7	6.516,2	3.420,7	477,4	38.751,1	85.200,0	45,5
2018	28.291,4	1.282,5	7.005,4	5.062,8	621,9	42.264,0	88.550,8	47,7
2019	28.503,0	1.514,7	7.591,2	5.995,2	791,3	44.395,3	91.267,0	48,6

Şekil 2.4 Türkiye Yenilenebilir Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (URL 5).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 stratejik planına göre yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi kurulu gücünün %59 seviyesinden %65 seviyesine çıkarılacağı hedeflenmekte olup aynı dönem içerisinde güneş enerjisi kurulu gücünün 5.063

mW seviyesinden 2023 yılında 10.000 mW seviyesine çıkarılmış olması planlanmaktadır (Şekil 2.5) (URL 3).

Amaç (A1)		Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliğini Sağlamak.								
Hedef (H1.1)		Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59'dan %65 seviyesine yükseltilmesi sağlanacaktır.								
Performans Göstergeleri		Hedef Etkisi (%)	Plan Dönemi Başlangıç Değeri	2019	2020	2021	2022	2023	İzleme Sıklığı	Raporlama Sıklığı
PG 1.1.1	Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	%25	5.063	5.750	7.000	7.750	8.500	10.000	6 ayda bir	6 ayda bir
PG 1.1.2	Rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	%25	7.005	7.633	8.883	9.633	10.633	11.883	6 ayda bir	6 ayda bir
PG 1.1.3	Hidroelektrik enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	%15	28.291	29.748	31.148	31.688	31.688	32.037	6 ayda bir	6 ayda bir
PG 1.1.4	Jeotermal enerji ve biyokütle (biyogaz dâhil) enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	%10	2.094	2.678	2.717	2.772	2.828	2.884	6 ayda bir	6 ayda bir
PG 1.1.5	Yerli kömüre dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	%25	10.204	10.664	10.664	10.664	11.464	14.664	6 ayda bir	6 ayda bir
Sorumlu Birim		EİGM								
İşbirliği Yapacak Birim(ler)		TKDB, TEİAŞ, EÜAŞ, TEDAŞ, TKİ, TTK, EPDK								

Şekil 2.5 2019-2023 Stratejik Planı Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (URL 3).

2019-2023 yılı stratejik planına göre güneş enerjisinden elektrik üretimi kurulu gücünün yaklaşık 2 katına çıkarılacağı hedeflenmekle birlikte santralde kullanılacak ekipmanların yerli ve milli üretim olması ile ilgili hedefler belirlenmektedir.

Türkiye’de 2019-2023 yılları arasında yaklaşık olarak 5.000 mW kurulu gücünde GES yapımı planlanmakta olup 1 mW kapasiteli santral yapımı için yaklaşık 2 hektar araziye ihtiyaç olduğu düşünüldüğünde 10.000 hektar santral yapımına uygun alanın tespit edilmesi gerekmektedir.

2.2 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ELDE ETME YÖNTEMLERİ

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edebilmek için günümüzde 2 farklı sistem kullanılmaktadır. Sistemlerden bir tanesi fotovoltaik (photovoltaic-PV) sistem ile elektrik üretimi, diğeri ise yoğunlaştırılmış güç sistemleri (concentrated solar pover-CSP) ile elektrik

üretimidir (URL 6). Bu tez çalışmasında PV teknolojisi ile elektrik üretimi amaçlandığı için CSP teknolojisinin sadece genel çalışma prensibi anlatılacaktır.

2.2.1 Yoğunlaştırılmış Güç sistemleri (CSP)

Yoğunlaştırılmış güç sistemleri (CSP) genellikle güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için kullanılan bir teknolojidir. CSP teknolojisi ile elektrik üretimi kurulu kapasiteleri 10 mW ve üzerinde olan tesislerde yapılabilmektedir. CSP sisteminde çeşitli ayna sistemleri ile toplanan güneş enerjisi ısı enerjisine dönüştürülür, dönüştürülen ısı enerjisi ile su ısıtma ve buharlaştırma işlemleri yapılır. Buhar türbinleri yardımı ile buhar enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür (URL 6).

2.2.2 Fotovoltaik (PV) Sistem

Güneş pilleri olarak da adlandırılan fotovoltaik (PV), güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren elektronik cihazlardır. Modern güneş pili muhtemelen çoğu insanın tanıyacağı bir görüntüdür. Evlere ve hesap makinelerine monte edilen panellerde bulunurlar. 1954 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Bell telefon laboratuvarlarında icat edildi. Bugün, PV en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji teknolojilerinden biridir ve gelecekteki küresel elektrik üretim karışımında önemli bir rol oynamaya hazırdır (URL 7).

Güneş fotovoltaik tesisatları, ticari ölçekte elektrik sağlamak için birleştirilebilir veya mini ızgaralar veya kişisel kullanım için daha küçük konfigürasyonlarda düzenlenebilir. Mini şebekelere güç sağlamak için güneş fotovoltaik sistemlerinin kullanılması, özellikle mükemmel güneş enerjisi kaynaklarına sahip gelişmekte olan ülkelerde, enerji hatlarının yakınında yaşamayan insanlara elektrik erişimi sağlamanın kolay bir yoludur (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Fotovoltaik Sistem Kurulumu (URL 7).

Güneş panellerinin üretim maliyeti son on yılda önemli ölçüde düştü, bu da onları sadece uygun fiyatlı değil, aynı zamanda çoğu zaman en ucuz elektrik biçimi haline getirdi. Güneş panelleri yaklaşık 30 yıllık bir ömre sahiptir (URL 8).

2.2.2.1 Fotovoltaik Sistem Kurulumu

Fotovoltaik (PV); güneş elektriği sistemleri de denilen güneş hücreleri, yarı iletken malzemelerden yapılmış olup, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler (URL 6).

Güneş hücreleri, yüzeyleri farklı biçimlerde şekillendirilebilen ve alanları ortalama 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,1- 0,4 mm arasında tasarlanabilen maddelerdir. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye bağlı olarak çalışırlar, bu ilkeye göre hücrenin üzerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen direkt güneş enerjisidir (Kanat 2019).

Birden fazla sayıdaki güneş hücresinin birbirlerine paralel ya da seri bağlanıp bir yüzey üzerine monte edilmesiyle gerilimi ve dolayısıyla güç çıkışını artırmak mümkündür. Bu yapıya PV modül adı verilmektedir (Şekil 2.7). Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine paralel ya da seri bağlanarak üretim sistemleri kurulabilir. Çeşitli PV modüllerinin birbirlerine bağlanması

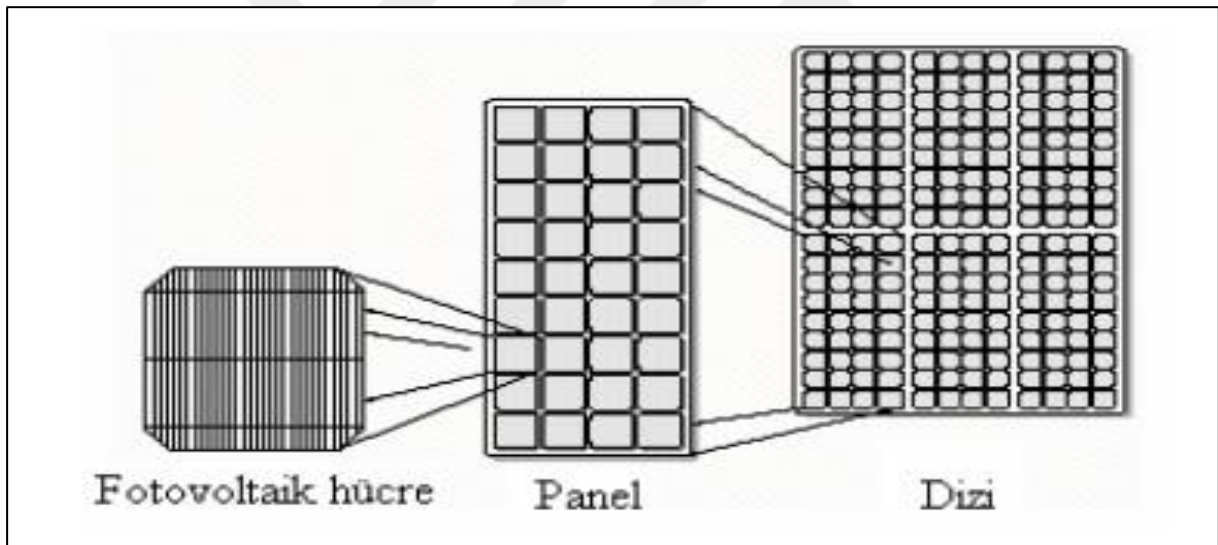
ile PV paneli oluşturulmaktadır. PV panelleri oluşturulduktan sonra PV sistem dengeleyicileri (Blance of system) olarak isimlendirilen modül haricindeki sistem elemanları sisteme dahil edilmektedir (Cebeci 2017).

PV sistem dengeleyicileri; İnvertör, güç kontrol sistemleri (şarj kontrolör), enerji depolama aygıtları (akü) ve bağlantı elemanlarıdır (Şekil 2.8).

İnvertör; Modülde doğru akımla (DC) üretilen elektriği alternative akıma (AC) çevirmektedir.

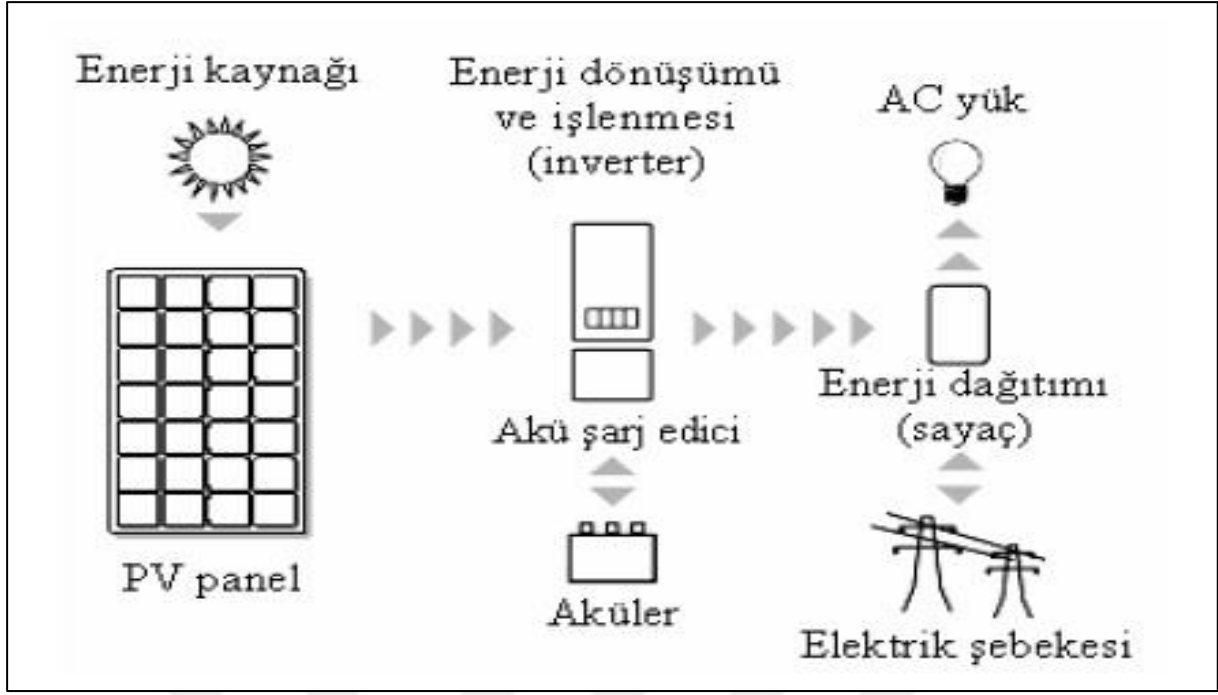
Güç Kontrol Sistemleri; PV sistemdeki voltaj değişimlerini dengede tutmakta kullanılır.

Enerji Depolama Aygıtları (Akü); Üretilmiş olan elektriği daha sonra kullanılması amacı ile depolamaktadır.



Şekil 2.7 Fotovoltaik Hücre, Panel, Dizi Oluşum Süreci (Kulaksız 2007).

PV sistemler temel olarak şebeke bağlantılı (on-grid) ve şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Şebeke bağlantılı PV sistemler elektrik şebekesi ile paralel çalışacak şekilde tasarlanırlar. Sistemin temel bileşeni olan inverter, PV panellerin ürettiği DC gücün şebeke tarafından istenen gerilim ve güç kalitesi değerlerine uygun şekilde AC güce dönüştürülmesinde kullanılır. Şebekeden bağımsız PV sistemler, elektrik şebekesinden bağımsız çalışacak şekilde tasarlanırlar ve önceden belirlenen DC veya AC elektrik yüklerini beslemeye uygun şekilde boyutlandırılabilirler (Kulaksız 2007).

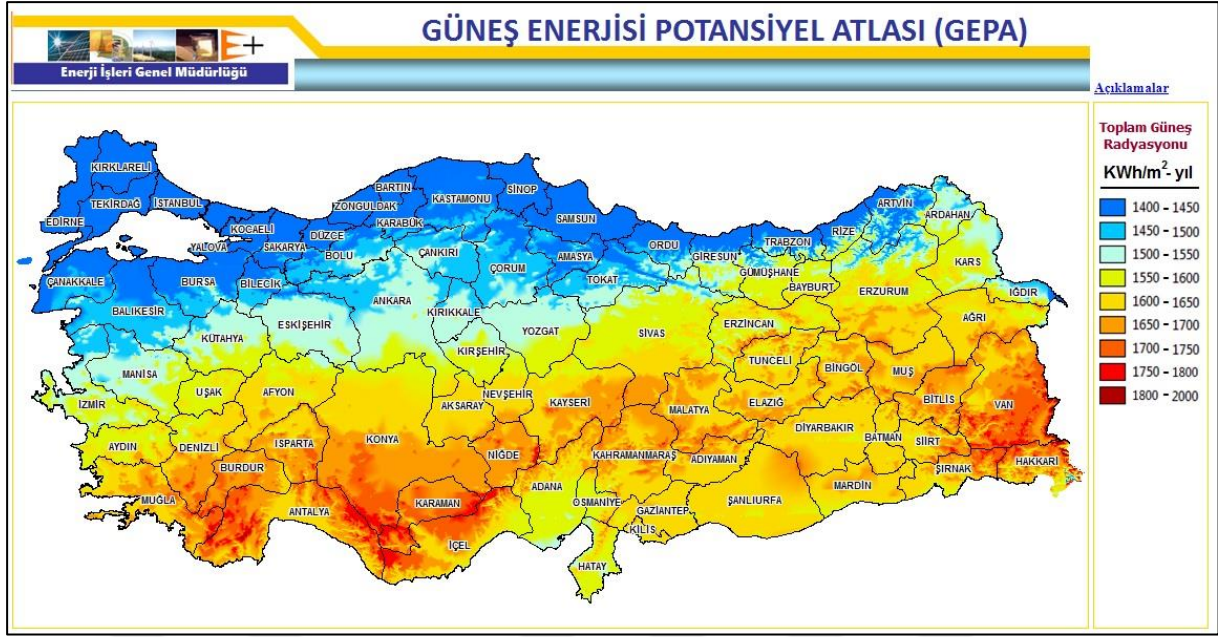


Şekil 2.8 Genel PV Güç Sistemi Yapısı (Kulaksız 2007).

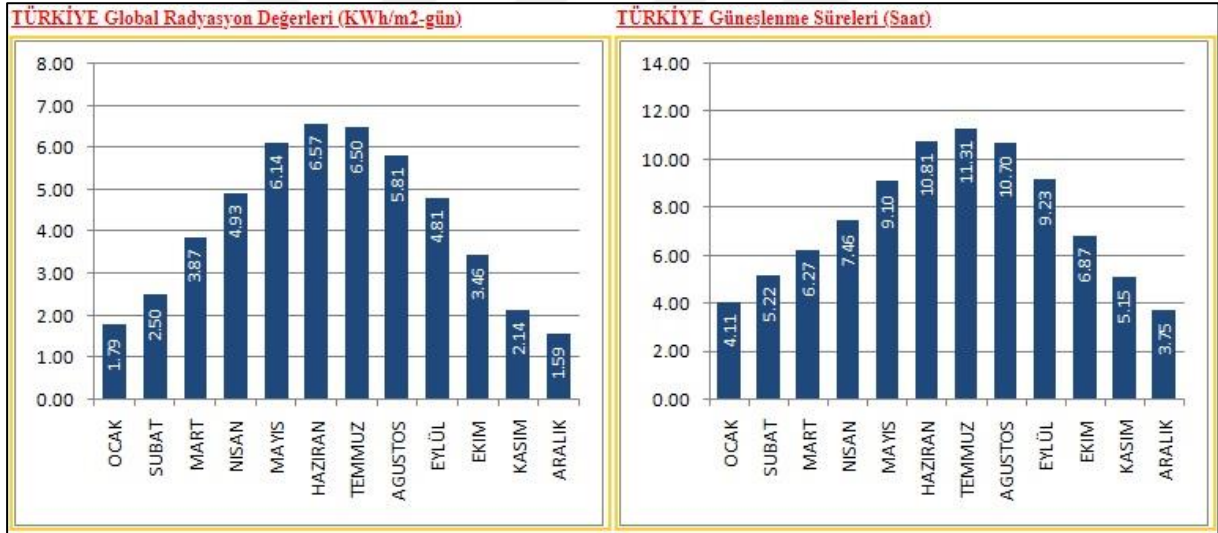
2.2.2.2 Güneş Enerji Santrali Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

a) Güneş alma potansiyeli

Güneş enerji santrali yatırımlarına etki eden temel koşullardan biri bölgenin güneş alma potansiyelidir (Şenlik 2017). Ülkemiz güneşlenme süresi bakımından dünyanın birçok gelişmiş ülkesine göre iyi durumdadır. Türkiye Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına göre (Şekil 2.9) ülkemizin kuzey kıyıları ve Trakya bölgesinde güneşlenme potansiyeli diğer bölgelere göre daha az olup İç Anadolu, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerimizde güneşlenme potansiyeli yüksektir. Ülkemizde Kasım, Aralık, Ocak aylarında güneşlenme süreleri ve radyasyon değeri düşük, diğer aylarda özellikle Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında yüksektir (Şekil 2.10).



Şekil 2.9 Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (URL 9).



Şekil 2.10 Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri (URL 9).

b) Yerel iklim koşulları

Güneş enerji santrallerinin verimliliği yerel iklim koşullarından da etkilenmektedir. Santral kurulacak alanlardaki aşırı iklim koşulları (aşırı yağış, şiddetli rüzgâr, kar gibi) kurulacak tesisin zarar görmesine neden olabilir (Şenlik 2017).

c) Arazi yapısı

Santral kurulacak arazinin yapısı da verimliliği etkileyen faktörlerdendir. Santrallerin yer seçiminde genellikle çok eğimli ve dalgalı olmayan arazi yapısı verimlilik açısından önemlidir. Arazinin düz olması da yağmur suyu birikintilerine sebep olabileceği için tercih edilmemelidir.

Güneş panellerinin güneşi daha fazla görebilmesi verimliliği artıracığı için güney ve güney ara yönlerine bakan araziler tercih edilmelidir (Şenlik 2017).

d) Arazi kullanım durumu

Santral kurulacak alanın arazi kullanım durumu da verimliliği etkileyen faktörlerdendir. Santral kurulacak alan yerleşim yerlerine çok yakın olmamalıdır. Doğal bitki örtüsü gölgelenmeyi artıracığı için ağaçlık alanlar tercih edilmemelidir (Şenlik 2017). Şekil 2.11 de görüldüğü gibi doğal bitki örtüsü ağaçlık olmayan alanda GES santrali kurulumu daha verimli olacaktır. Akarsu ve göl kenarlarında olması su baskınlarından zarar görmesine neden olacağı için tercih edilmemelidir.

Sit alanları ya da doğal koruma alanlarında, kıyı alanlarında, askeri yasak bölgelerde, havaalanı yakınlarında santral kurulumlarına izin verilmemektedir. Verimli tarım arazilerinde arazi maliyetleri çok yüksek olacağı için santral kurulumuna uygun değildir.

e) Elektrik şebekesi, yollara ve yerleşim yerlerine uzaklık

Santral kurulacak alanın mevcut elektrik şebekesine ve trafolara çok uzak mesafede olması ilk yatırım maliyetlerini artıracığı için tercih edilmemelidir. Santral kurulacak alana yol bağlantısının olması önemlidir. Santral kurulum ve işletme aşamalarında araçların gelip gitmesi için anayola bağlantısı olmalıdır. Şehir merkezine çok uzak olması ulaşım maliyetlerini artıracığı için tercih edilmemelidir.



Şekil 2.11 Adana-Kozan 3,1 Mw Güneş Enerji Santrali (URL 10).

GES yatırımlarında yer seçimi birden çok değişken içermektedir. GES projelerinde ilk kurulum maliyetleri çok yüksek olduğu için yer seçimi çok önemlidir. Yer seçiminde coğrafik verilerin çok geniş alanlarda değerlendirilebilmesi için uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen coğrafik veriler ile birlikte coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarının kullanılması yatırımın verimliliğini yükseltme açısından önemli olacaktır.

BÖLÜM 3

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

3.1 UZAKTAN ALGILAMA KAVRAMI

Uzaktan algılama; topografyanın, yer kaynaklarının ve yüzeylerin incelenmesinde fiziksel bir temas olmadan algılama ve çözümleme yapabilen önemli bir tekniktir. Çeşitli taşıyıcı platformlara (uydu, insanlı ve insansız hava ve kara araçları vb.) entegre edilmiş, farklı sensörler sayesinde yüzeyden yansıyan enerjinin kayıt edilerek yorumlanmasıyla sonuç ürün elde edilmektedir (Sefercik 2010). Uzaktan algılama teknikleri ilk olarak askeri amaçlar için kullanılan bir veri toplama ve yorumlama tekniği iken zaman içerisinde küresel olarak toplumsal ve ekonomik yararı olan projelerde de kullanılmaya başlanmış ve her geçen gün yeni teknolojiler ve bu yeni teknolojilerin farklı yöntemler ile kullanılmaları sonucu elde edilen veri çeşitleri ve bu verilerin ölçüm hassasiyetleri artmaktadır.

Uzaktan algılama çok çeşitli amaçlarla kullanılmakta ve her geçen gün teknolojiye ve ihtiyaçlardaki gelişmeye paralel olarak yeni kullanım alanları ortaya çıkmaktadır, kullanım alanlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır;

- Afet ve kriz yönetimi,
- Doğal kaynak yönetimi,
- Kentsel ve bölgesel planlama,
- Mülkiyet, idari yönetim,
- Tarım ve ormancılık,
- Meteoroloji,
- Savunma, güvenlik,
- Ulaşım planlaması,
- Turizm,
- Proje fizibilite çalışmaları

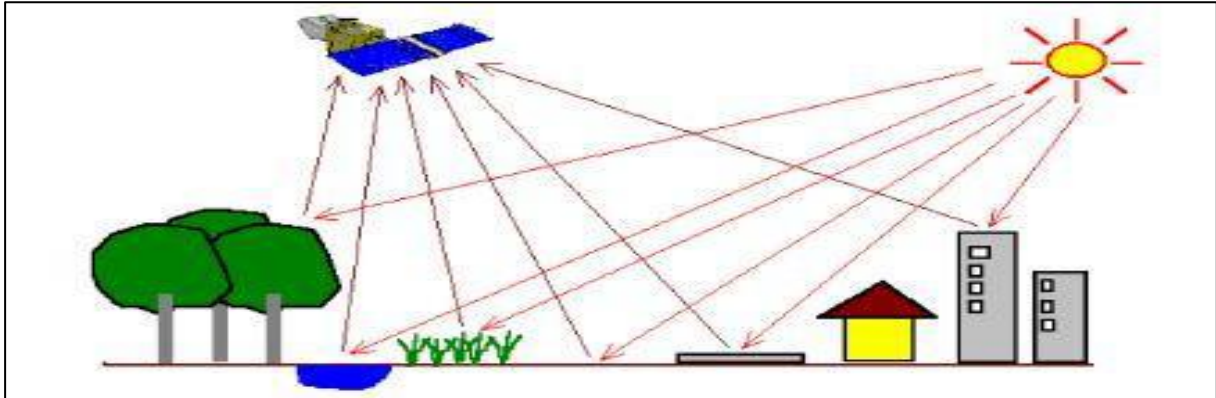
Uzaktan algılamanın temelini oluşturan esas olay algılamadır. Algılayıcı sistemler uzaktan algılamanın sisteminin en önemli parçasıdır. Farklı algılayıcıların ve algılama platformlarının özelliklerinin bilinmesi çeşitli uygulamalarda kullanılacak uydu verisinin seçiminde etkili olmaktadır. Uydu verilerinin özellikleri olarak algılayıcı tipi, elektromanyetik enerji, çözünürlük kavramları önemlidir.

3.1.1 Enerji Kaynaklarına Göre Algılama Sistemleri

Uydular algılama tekniğinde kullandıkları enerji kaynaklarına göre Pasif algılama ve Aktif algılama olmak üzere ikiye ayrılırlar (Küpcü 2015).

3.1.1.1 Pasif Algılama Sistemleri

Pasif algılayıcılar güneş enerjisini veya yeryüzünden yayılan termal enerjiyi kullanırlar. Pasif algılayıcılar yeryüzünden gelen enerjiyi toplayarak görüntü elde ederler. Optik uydular pasif algılayıcılara örnek olarak gösterilebilir. Pasif algılayıcıların çalışma prensibi Şekil 3.1’de gösterilmiştir (Yılmaz 2016). Pasif algılama sisteminde havanın aydınlık olması ve meteorolojik koşullar yansıtılan veya algılanan enerji miktarını etkileyebilir.

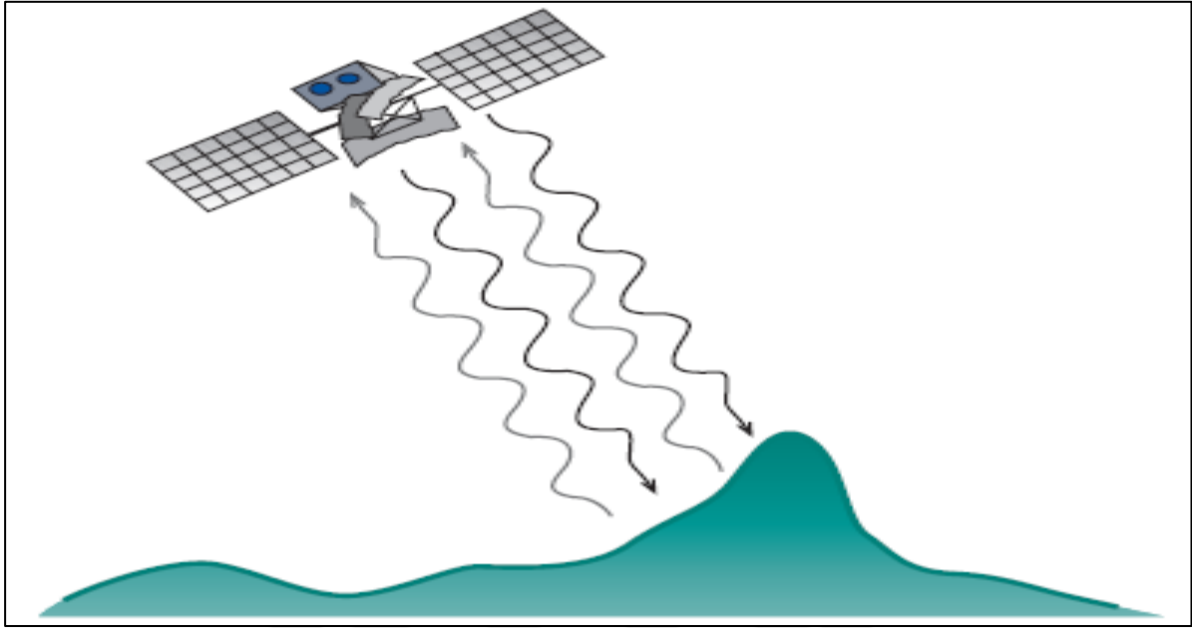


Şekil 3.1 Pasif Algılayıcı Çalışma Prensibi (Yılmaz 2016).

3.1.1.2 Aktif Algılama Sistemleri

Aktif algılayıcılar kendi enerjisini kendileri üretirler. Aktif algılayıcılar yeryüzüne enerji gönderirler. Yeryüzündeki maddeler yapılarına göre gelen enerjiyi yansıtırlar. Yansıyan enerjiyi aktif algılayıcılar toplayarak görüntü elde ederler. Aktif algılayıcılara örnek olarak

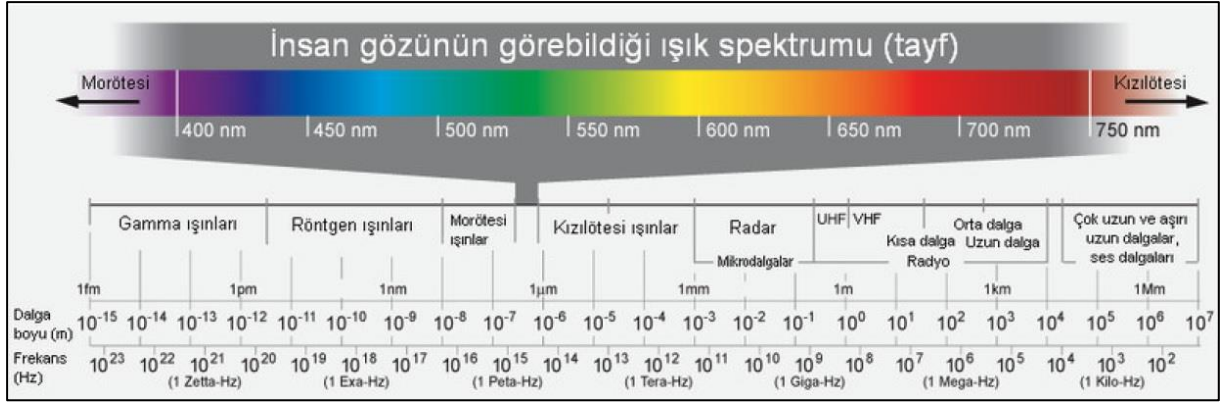
radar ve lidar sistemleri gösterilebilir. Aktif algılayıcıların çalışma prensibi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Aktif Algılayıcı Çalışma Prensibi (Yılmaz 2016).

3.1.2 Elektromanyetik Enerji

Tüm enerji formlarının yayılımı temel dalga teorisine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Tüm elektromanyetik dalgaların birleşimi elektromanyetik spektrumu oluşturur. Elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik spektrum içerisinde dalga boylarına bağlı olarak sınıflandırılırlar. İnsan gözü, elektromanyetik spektrumun görünür bölge olarak tabir edilen, dalga boyu $0.4 \mu\text{m}$ ile $0.7 \mu\text{m}$ arasında değişen kısmına duyarlıdır (Şekil 3.3). Uzaktan algılamada genel olarak spektrumun $0.4\text{-}15 \mu\text{m}$ dalga boyu arasında bulunan görünür bölge ve kızılötesi kısmı kullanılır (Çölkesen 2015, Kozal 2014).



Şekil 3.3 Elektromanyetik Spektrum (Abdikan 2007).

Nesneler, enerjiyi yapılarındaki atomik ve moleküler değişikliklere bağlı olarak farklı ve kendilerine özgü şekilde yansıtırlar ve yayarlar. Elektromanyetik enerji, yeryüzündeki katı, sıvı ve gaz halindeki cisimler üzerinde dalga uzunluğu, şiddet, doğrultu bakımından birçok değişikliğe uğramaktadır. Söz konusu bu değişimler nesnelerin ayırt edilebilmesini sağlamaktadır. Nesnelerin enerji ile ilişkilerinin farklı olması uzaktan algılamada nesnelerin imzası olarak tanımlanmaktadır. Farklı nesnelerin spektral imzasının bilinmesi uzaktan algılama görüntülerindeki toprağın, bitki örtüsünün, suyun, binaların, yolların ve belirlenmek istenen diğer nesnelerin analiz edilebilmesine olanak sağlar (Everan 2014, Çölkesen 2015).

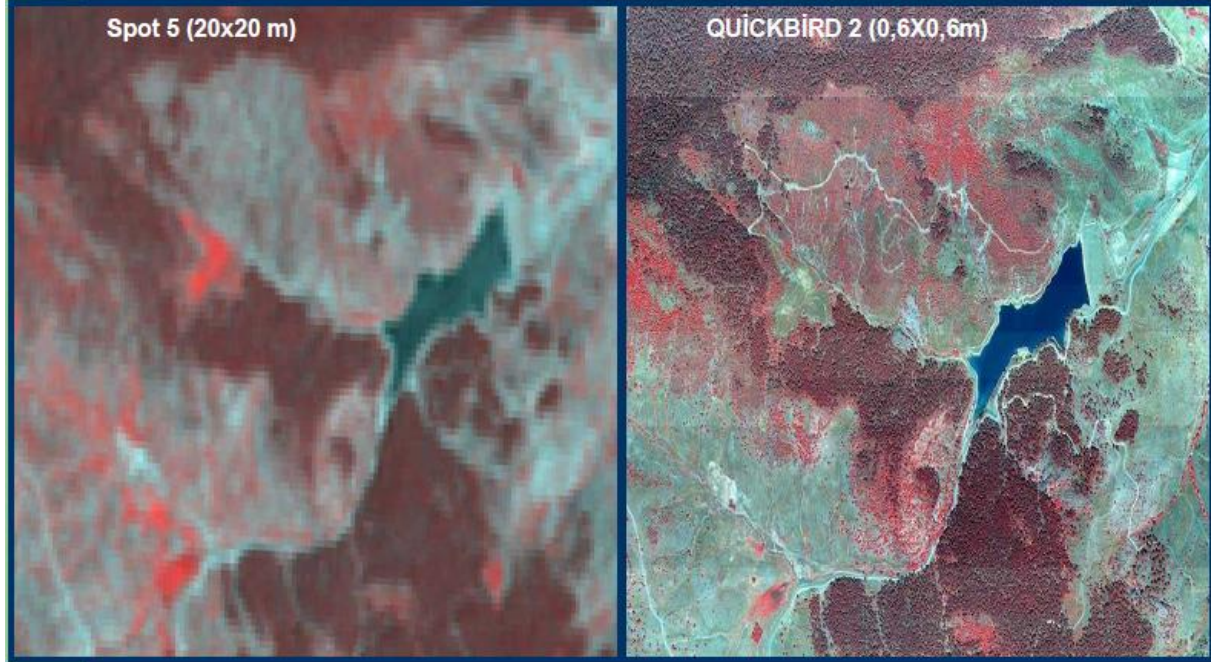
3.1.3 Çözünürlük Kavramı

Çözünürlük, bir görüntüleme sisteminde detayların ayırt edilebilirlik ölçüsüdür. Verilerin analizinde çözünürlük önemli bir kavramdır. Yapılacak çalışmanın gerektirdiği çözünürlük kabiliyeti önceden kestirilmelidir. Görüntünün çözünürlüğü ile sahip olduğu ayrıntı miktarı ilişkilidir. Çözünürlüğü yüksek olan bir görüntünün daha fazla bilgi içerdiği söylenebilir. Uzaktan algılamada çözünürlük kavramı söz konusu olduğunda ise mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük kavramlarının ayrımının yapılması gerekir (Everan 2014).

3.1.3.1 Geometrik (Mekânsal) Çözünürlük

Mekânsal çözünürlük, algılayıcının anlık görüş açısından (Instantaneous Field of View: IFOV) bir anda kaydedilen enerjiye karşılık gelen yeryüzü alanıdır. Bu alan görüntü üzerinde bir piksele karşılık gelmektedir. Görüntüdeki detayların ayırt edilebilirliğini gösteren bir özellik

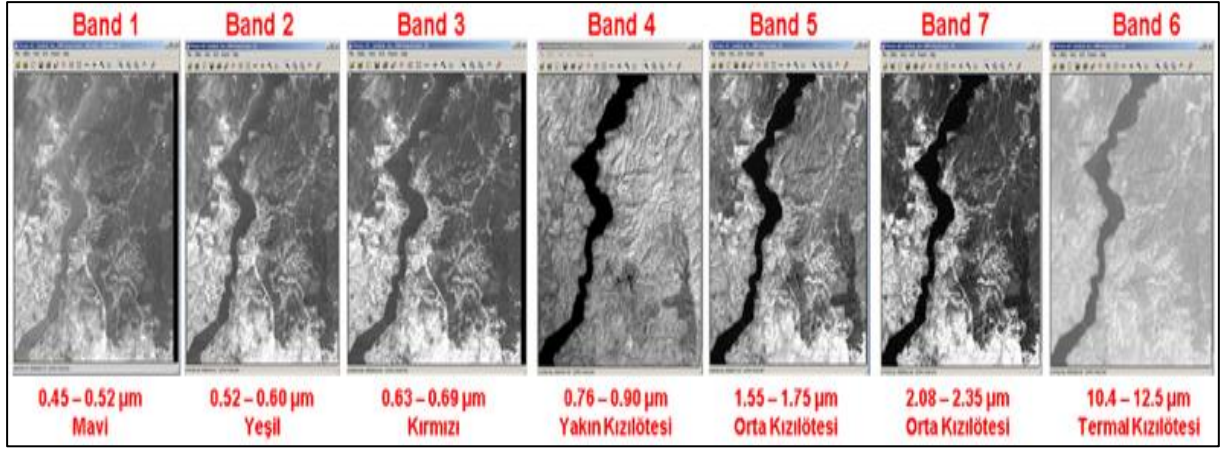
olup, çözünürlük arttıkça görüntü yorumlama açısından daha kolay hale gelmektedir. Şekil-3.4’de görüldüğü gibi mekânsal çözünürlük arttıkça görüntülenen bölgedeki ayrıntılar daha kolay seçilebilmektedir.



Şekil 3.4 Mekânsal Çözünürlük Değerleri Farklı Olan Görüntüler.

3.1.3.2 Spektral Çözünürlük

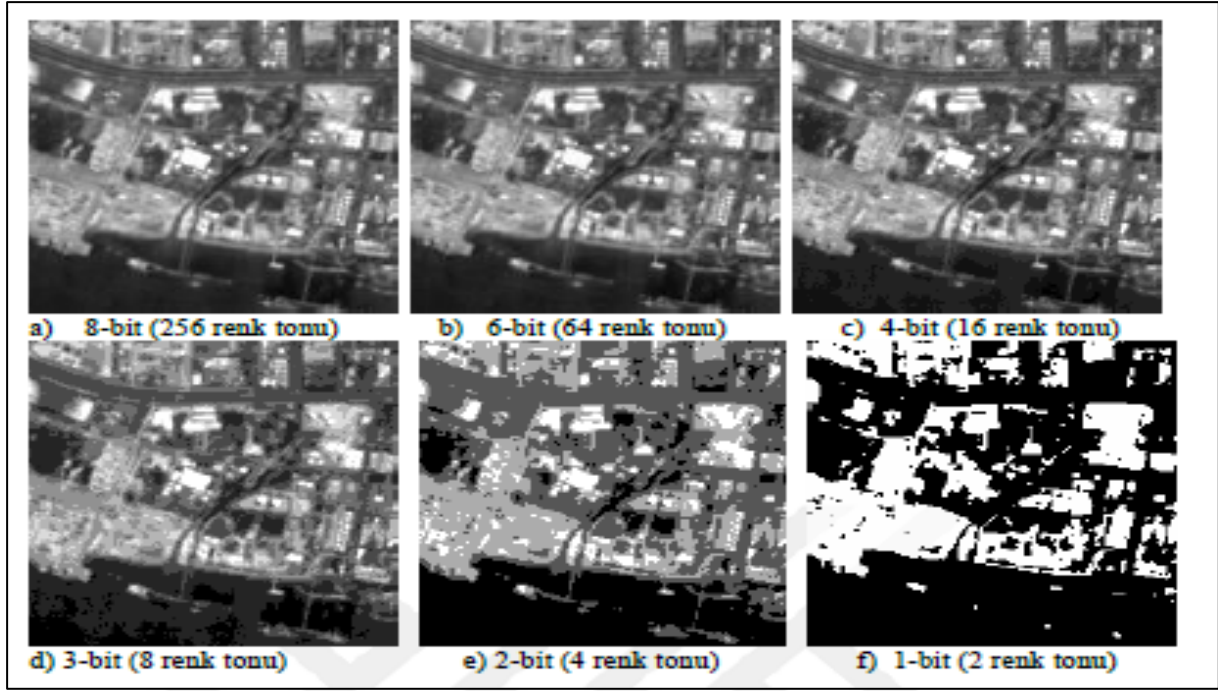
Spektral çözünürlük uzaktan algılama sisteminin sahip olduğu algılayıcının duyarlı olduğu elektromanyetik enerjinin dalga boyu aralıkları ile ilişkilidir. Algılayıcının kayıt edebildiği dalga boyu aralıklarını ve sayısını ifade eder. Algılayıcının kayıt edebildiği dalga boyu aralığının küçük olması spektral çözünürlüğün iyi olduğunu gösterir. Spektral çözünürlüğü çok yüksek olan özellikle spektrumun çok dar bir bölgesinde kaydedilen görüntüler hiperspektral görüntüler olarak isimlendirilir. Spektrumun geniş bir bölgesinde algılama yapan algılayıcının spektral çözünürlüğü düşük olarak değerlendirilir (Everan 2014; Kayman 2015). Buna karşın böyle algılayıcılar, sensörün doğası gereği daha yüksek mekânsal çözünürlük sunarlar. Bu nedenle uzaktan algılama sistemleri tasarlanırken genellikle pankromatik ve multispektral görüntü kaydedebilen iki sistem bir arada bulunur. Kaydedilen görüntüler, görüntü füzyonu yöntemleri ile hem yüksek mekânsal çözünürlüğe hem de yüksek spektral çözünürlüğe sahip uzaktan algılama ürünlerine dönüştürülür. Şekil 3.5’de farklı band aralıklarındaki spektral değerler gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Landsat TM Sensörüne Ait Bandların Spektral Çözünürlükleri (URL 11).

3.1.3.3 Radyometrik Çözünürlük

Elektromanyetik enerji miktarında sahip olunan hassasiyet radyometrik çözünürlüğü göstermektedir. Bir başka deyişle, bir görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürlüğü, enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğini gösterir. Buradaki enerji farklılıkları, ayırt edilmesi mümkün olan gri tonu sayısına denk gelir. Radyometrik çözünürlük, bilgisayar ortamında ve ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanır. 8 bitten oluşan ve bir bayt adı verilen radyometrik çözünürlük gösterimi, 0 ile 255 arasında değişen $2^8 = 256$ farklı parlaklık düzeyinin sayısal ortamda yer almasını sağlamaktadır. Radyometrik çözünürlüğün artması o oranda görüntü yorumlamasını kolaylaştırmaktadır. Şekil 3.6'de aynı bölgenin radyometrik çözünürlüğü farklı olan görüntüleri belirtilmiş olup ayrıntıların seçilebilmesi durumunu göstermektedir.



Şekil 3.6 Radyometrik Çözünürlük (Tapan 2019).

3.1.3.4 Zamansal Çözünürlük

Zamansal çözünürlük, bir algılayıcının aynı bölgeden ardışık olarak hangi sıklıkta görüntü kaydettiği ile ilgilidir. Örneğin SPOT uydusu 26 günde bir, Landsat 4-5-6 uyduları ise 16 günde bir aynı noktayı ziyaret eder. Farklı zamanlarda aynı bölgenin görüntüsünün kaydedilmesi değişim belirleme uygulamaları için çok önemlidir. Yeryüzündeki nesnelerin spektral özellikleri mevsime ve zamana bağlı olarak farklılık gösterebileceği gibi aynı zamanda nesnelerin fiziksel özellikleri belirli bir zaman diliminde değişimler gösterebilir. Bu nedenle değişim belirleme uygulamalarında daha önceden uygun zamansal çözünürlük belirlenmelidir (Tona 2016).

Bazı Uyduların Zamansal Çözünürlükleri;

İkonos: 3 gün, Quickbird 2: 3,5 gün, Landsat7: 16 gün, İrs 1/C: 24 gün, Spot 5: 26 gün

Uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan görüntülerin yorumlanması geniş alanlarda kısa zamanda güncel bilgi elde etmenin ön koşuludur. Görüntüleri yorumlayabilmek için ise görüntülerin bilgi içeriğinin istenilen düzeyde olması gerekmektedir yani amacımıza uygun çözünürlük değerine sahip olması gerekmektedir. Günümüzde çözünürlük değerlerini artırmaya

yönelik çalışmalar devam etmekte olup etkin yer örneklem aralığının kullanılması geometrik çözünürlüğü önemli oranda artırdığı yapılan çalışmalarda görülmüştür. Ayrıca çözünürlük değerlerini artırmak için matematiksel modellemelerle ilgili çalışmalar devam etmektedir.

GES için en uygun yer seçiminde uzaktan algılanmış görüntüler yardımı ile çok geniş alanların bilgilerinin toplanıp bu bilgilerin CBS yazılımları ile analiz edilmesi zaman ve maliyet açısından fayda sağlayacaktır. GES yer seçiminde, güneşlenme potansiyeli, arazinin eğimi, bakı durumu, yerleşim alanlarına uzaklığı, mevcut enerji nakil hatlarına uzaklığı, mevcut anayol ve tali yollara uzaklığı gibi birden fazla değişken bulunmakta olup bütün şartları sağlayan alan bulmak oldukça güç olacaktır. Bu nedenle her bir şartın hangi oranlarda sağladığının tespit edilip bir öncelik durumu oluşturmak ve optimum sonuca ulaşabilmek için uzaktan algılanmış görüntüler ve CBS yazılımlarından faydalanmak yatırımın verimliliği açısından önemli olacaktır.

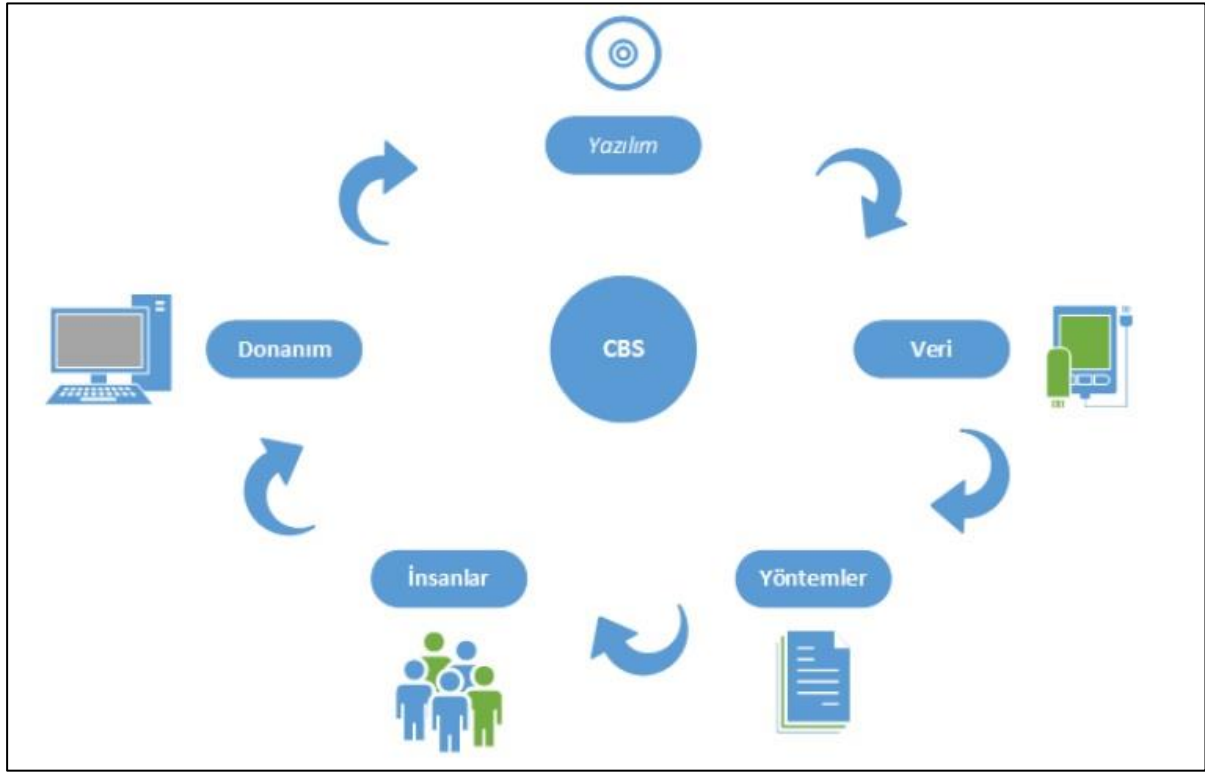
GES yer seçimi projelerinde arazinin eğimi, bakı durumu, yüzey alanı gibi bilgiler sayısal yükseklik modelleri (SYM) kullanılarak elde edilebilir. Uzaktan algılanmış görüntülerle oluşturulmuş SYM verileri çok büyük alanların verilerinin çok kısa zamanda elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

3.2 COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri en genel anlamı ile mekânsal veri ile mekâna ait öznitelik verisinin birleştirilmesi, bu verilerin analiz edilmesi, görselleştirilmesi, kayıt edilmesi ve sunumu işlemlerinin bütünüdür.

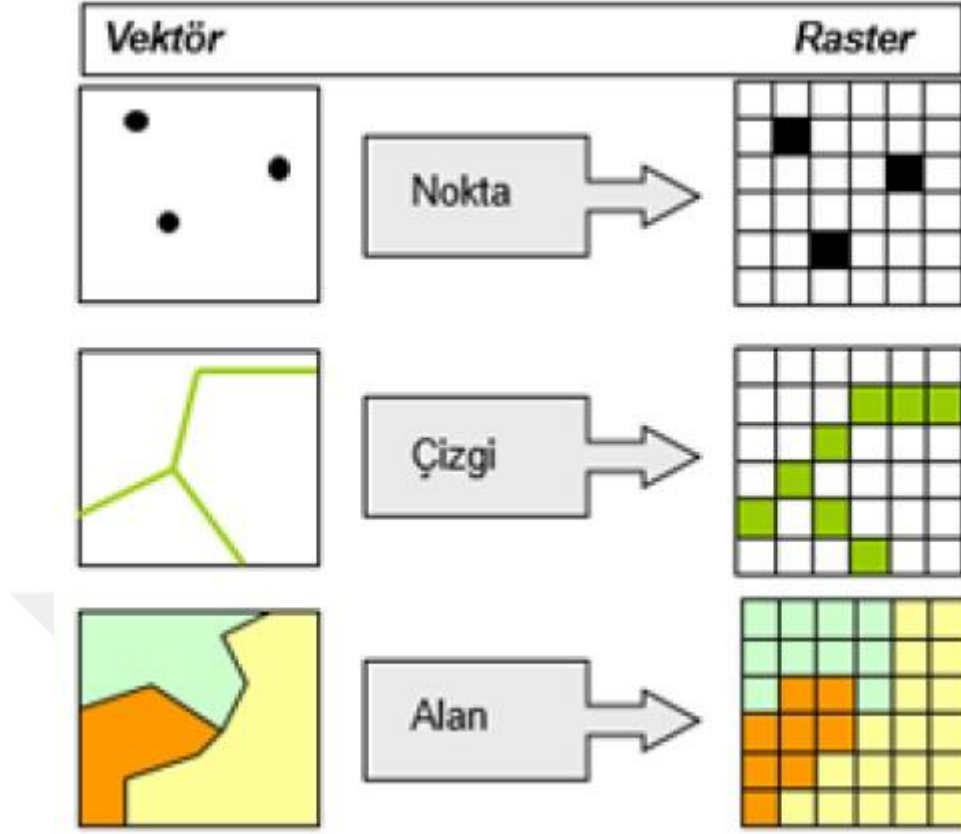
Coğrafi Bilgi Sistemi, temel anlamda coğrafi veri olarak ifade edilen yer referanslı verileri uygun teknolojik araçlarla toplar, analiz eder ve kullanıcıya sunar. CBS diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak harita üzerindeki her türlü nesneye ait geometrik bilgiyi de aynı anda bir veri tabanında saklar ve işler. Dolayısıyla klasik veri tabanlarında olmayıp da sadece CBS’de olan bir özellik vardır ki o da “konum” bazlı işlemleri analiz edebilme yeteneğidir (İnspire 2018).

Coğrafi Bilgi Sistemleri için, toplanan verilerin konumsal analizlerinin gerçekleştirilmesini sağlayacak özel bilgisayar programlarına da ihtiyaç vardır. Ancak CBS, bir harita görüntüleme aracından ziyade coğrafi veriyi yöneten bir sistem olarak dikkate alındığında, bir coğrafi bilgi sisteminde bulunan veri, yazılım, donanım, insanlar ve yöntemlerden oluşan beş temel bileşenin (Şekil 3.7) bütünleşik bir yapıda çalışması gerekir (İnspire 2018).



Şekil 3.7 CBS Bileşenleri (İnspire 2018).

CBS'nin en önemli bileşeni veri'dir. Veriler coğrafik veriler ve öznitelik verilerinden oluşurlar. Coğrafik veriler her türlü nesnenin nerede olduğunun matematiksel ifadesidir. Öznitelik verileri ise nesne ile ilgili konumsal olmayan ismi, rengi, kokusu, boyu, ağırlığı vb. özellikleridir. Coğrafik veriler yersel yöntemlerle elde edilen vektör veriler ve uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen raster veriler olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Şekil 3.8'de nokta, çizgi, alan verilerinin vektör ve raster gösterimleri görülmektedir. Yersel yöntemler ile veri elde etmek harcanan zaman ve maliyet açısından yüksek olmasına rağmen hassasiyet açısından en güvenilir veri elde etme yöntemidir. Raster verilerde ise çok büyük alanların verileri kısa zamanda ve çok az maliyetle elde edilebilmekte ve teknolojinin gelişimine paralel olarak ölçüm hassasiyetleri her geçen gün artmaktadır.



Şekil 3.8 Veri Çeşitleri.

CBS'nin diğer bileşeni verilerin işlendiği, depolandığı, analiz edildiği ve sunumunun yapıldığı yazılımdır. Günümüzde birçok CBS yazılımı lisanslı ya da lisanslama ücreti olmadan kullanılabilmektedir. Lisanslama ücreti olmayan açık kaynak kodlu yazılımları tercih etmek kullanım ve maliyet açısından faydalı olacaktır.

CBS'nin diğer bileşeni donanımdır. Verilerin, düzenlenmesi, sınıflandırılması, analiz edilmesi gibi işlemlerin yapıldığı bilgisayar, depolama aygıtı gibi teknolojik aletler donanımı oluştururlar.

Coğrafik ve öznitelik verilerin toplanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi ve sunumunun yapılması işlemlerinin bütününde rol alan bileşen ise insandır.

Veri, yazılım donanım ve insan bileşenlerinin amaca uygun şekilde yönlendirilmesi ise yöntemler bileşenini oluşturmaktadır.

Genelde haritalama teknik ve yöntemleriyle toplanan veriler, uygun yazılımlar yardımıyla öncelikle bilgisayar veri tabanlarında saklanır ve kullanıcı beklentilerine göre işlenirler. Gerekli donanımlar vasıtasıyla üretilen bilgilerin çoğaltılması ve sanal ağlar üzerinden paylaşılması için kullanıcı talepleri yönlendirici olur (İnspire 2018).

3.2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları

CBS büyük mekânsal ve öznitelik veri yığınlarını kullanma, analiz etme, depolama ve sunumunu gerektiren her alanda kullanılabilir.

- *Altyapı Bilgi Sistemleri (içme suyu, yağmur suyu, atık su, elektrik, doğalgaz vb.);*

Altyapı bilgi sistemlerinde proje aşamasında ve proje bitiminde CBS kullanılması veri yığınlarının kontrolü açısından çok önemlidir. Proje aşamasında hangi bölgeye ne kadar hangi boyutta hattın döneceği bilgileri vektör veri ve öznitelik verileri olarak tanımlanabilir. Proje büyüklüğü ve tamamlanma oranları CBS sorgulamaları yardımı ile çok kısa sürede yapılabilecektir. Proje tamamlandıkça verilerin güncellenmesi ile hangi bölgelere ne kadar yatırım yapıldığı bilgileri, hangi konutların hizmetlerden yararlanabildiği bilgileri ve hizmetlerden yararlanan konutların abonelik bilgileri sorgulama yöntemleri ile yapılabilmektedir.

- *Kent Bilgi Sistemleri;*

Kent ile ilgili bilgilerin sayısal haritalar üzerinde gösterilebilmesi ve sorgulamaların yapılabilmesi kent yönetiminin başarısı açısından çok önemlidir. Kentleşmenin mevcut imar planlarına uygun olup olmadığı, hangi bölgede hangi özellikte konutların olduğu, yeşil alan, yol, otopark, sağlık kuruluşları vb. kentsel yapıların nerelerde ve hangi özellikte olduğu gibi bilgiler CBS yardımı ile çok kısa sürede yapılabilmektedir.

- *Arazi Bilgi Sistemleri;*

Arazilerin kullanım amaçlarına uygun olarak kullanılması kent yönetiminin en büyük sorunları arasındadır. CBS kullanılarak arazilerin kullanım amaçları dışında

kullanımları kontrol edilebilir. Belirli zaman periyotlarında arazi haritaları ve öznitelik bilgileri güncellenerek arazilerin kullanım amaçlarına uygun olmayan durumların tespiti çok kısa sürede yapılabilecektir.

- ***Kadastro Bilgi Sistemleri;***

Hangi parselin kime ait olduğunun bilgisi kadastro ve tapu bilgileri yardımı ile bulunabilmektedir. Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi sayesinde hangi parsellerin nerede olduğu, kullanım durumu, mülkiyeti gibi bilgileri çok kısa sürede sorgulanabilmektedir. Uydu görüntüleri ile kadastro bilgilerinin entegre edilmesi ve kadastral parsellere öznitelik verilerinin eklenmesi ile yöneticilere ve vatandaşlara parseller ile ilgili bilgileri görüntüleme ve sorgulama imkanları sunulabilmektedir.

- ***Araç Bilgi Sistemleri;***

Kentsel yönetimlerin ya da büyük şirketlerin araçlarının hangi zaman dilimlerinde nerelerde olduğu bilgisi CBS yardımı ile bulunabilmektedir. Araçlara uydu takip cihazı takılması ile harita üzerinde takibatı yapılabilmekte hangi zaman dilimlerinde araçların nerede olduğu, ortalama hızı gibi bilgileri sorgulama yöntemleri ile belirlenebilmektedir.

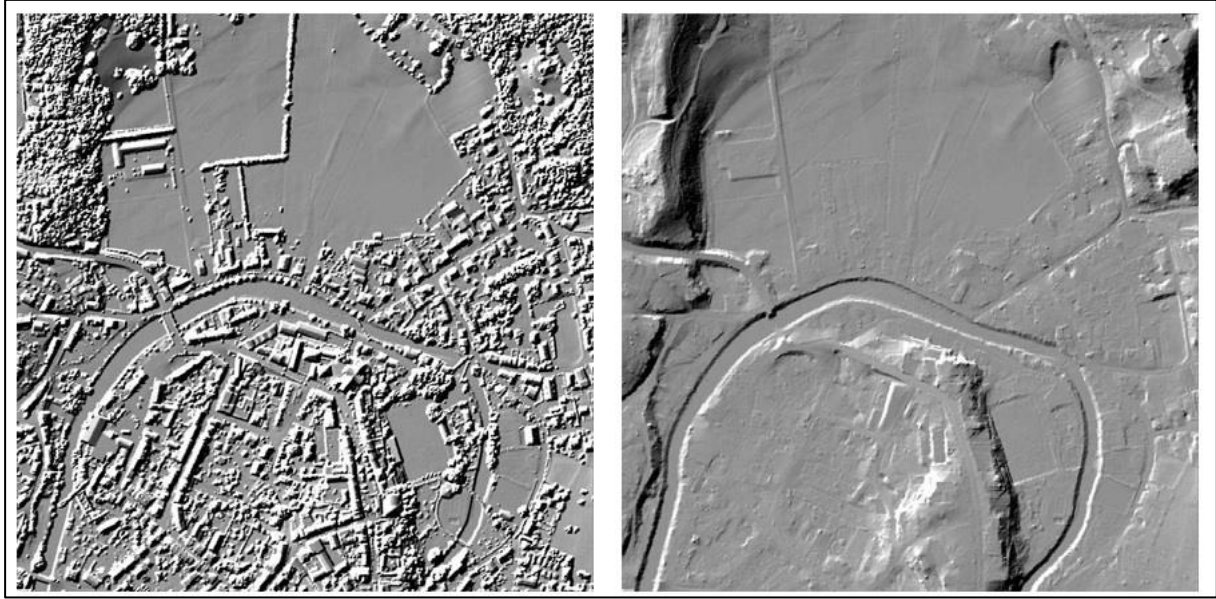
Teknolojinin gelişmesi ile birlikte çok çeşitli CBS yazılımları oluşturulmuş olup lisanslı ya da açık erişimli olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Açık kaynak kodlu ve lisanslama ücretli olmayan CBS yazılımlarını kullanmak maliyet açısından çok daha avantajlı olacaktır.

3.3 SAYISAL ARAZİ MODELLERİ

Sayısal Arazi Modeli (SAM), yeryüzü topoğrafyasının herhangi bir bölümüne ilişkin konum ve yükseklik bilgisiyle oluşturulmuş, o bölgeyi tüm arazi detaylarıyla yansıtan 3 boyutlu sayısal bir modeldir. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ise yeryüzü topoğrafyasını modellerken SAM'dan farklı olarak orman, bina, bitki örtüsü v.b. detayları içermeksizin yalnızca çıplak yeryüzü topoğrafyasını yansıtan sayısal modeldir (Sefercik 2007).

Sayısal arazi modelleri yer yüzeyinin belirli bir bölümünü matematiksel olarak x, y, z konum bilgileri ile ifade edebilmek, doğal ya da yapay yerüstü yapılarını ve birbirleri ile olan ilişkilerini anlayabilmek, mühendislik çalışmalarında kullanabilmek amaçları ile üretilirler.

SYM üzerinde yol, bina, bitki örtüsü, orman v.b. detaylar bulunmaksızın çıplak yeryüzü şekilleri x, y, z konum bilgileri ile ifade edilirler. Şekil 3.9'da aynı bölgeye ait SAM ve SYM haritaları görülmekte olup aralarındaki fark açıkça görülebilmektedir (Sefercik 2007).



Sayısal Arazi Modeli (SAM)

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

Şekil 3.9 SAM ve SYM Arasındaki Farklar (Sefercik 2007).

3.3.1 Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Elde Etme Yöntemleri

SYM'ler kullanılış amaçlarına ve kullanılacak alanın büyüklüğüne göre çeşitli yöntemler ile elde edilebilmektedir. İlk olarak yersel ölçümler ile elde edilebiliyor iken teknolojinin gelişmesi ile birlikte uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilebilmektedir. Topografik yöntemlerle SYM elde etmek hassasiyet açısından uygun olmasına rağmen maliyet ve zaman açısından uygun olmadığı için UA yöntemleri ile üretilmiş SYM tercih edilmektedir. UA sistemlerinin gelişimine paralel olarak hava fotoğrafları, radar, lidar gibi teknolojiler kullanılarak SYM üretilmektedir. UA yöntemleri ile çok geniş alanların çok kısa süreler içerisinde SYM üretimi olup bu veriler şirketlerin internet siteleri üzerinden ücretli yada ücretsiz olarak kullanıma sunulmaktadır.

büyük mühendislik çalışmalarında araziyi tanımlayabilmekte, eğim ve hacim hesapları yapılabilmektedir. Askeri çalışmaların vazgeçilmez unsuru olan yükseklik haritaları SYM yöntemleri ile güncel durumlu olarak çok kısa zamanda elde edilebilmektedir.

Giresun İli GES yer seçimi projesinde Şekil 3.10' da görülen, Jaxa şirketinin internet sitesi üzerinden ücretsiz olarak kullanıma sunulmuş olan SYM kullanılacak olup pixellerin konum ve yükseklik bilgileri kullanılarak eğim ve baki haritaları oluşturulup en uygun yer tespiti yapılması problemi çözülmeye çalışılacaktır.





BÖLÜM 4

UYGULAMA

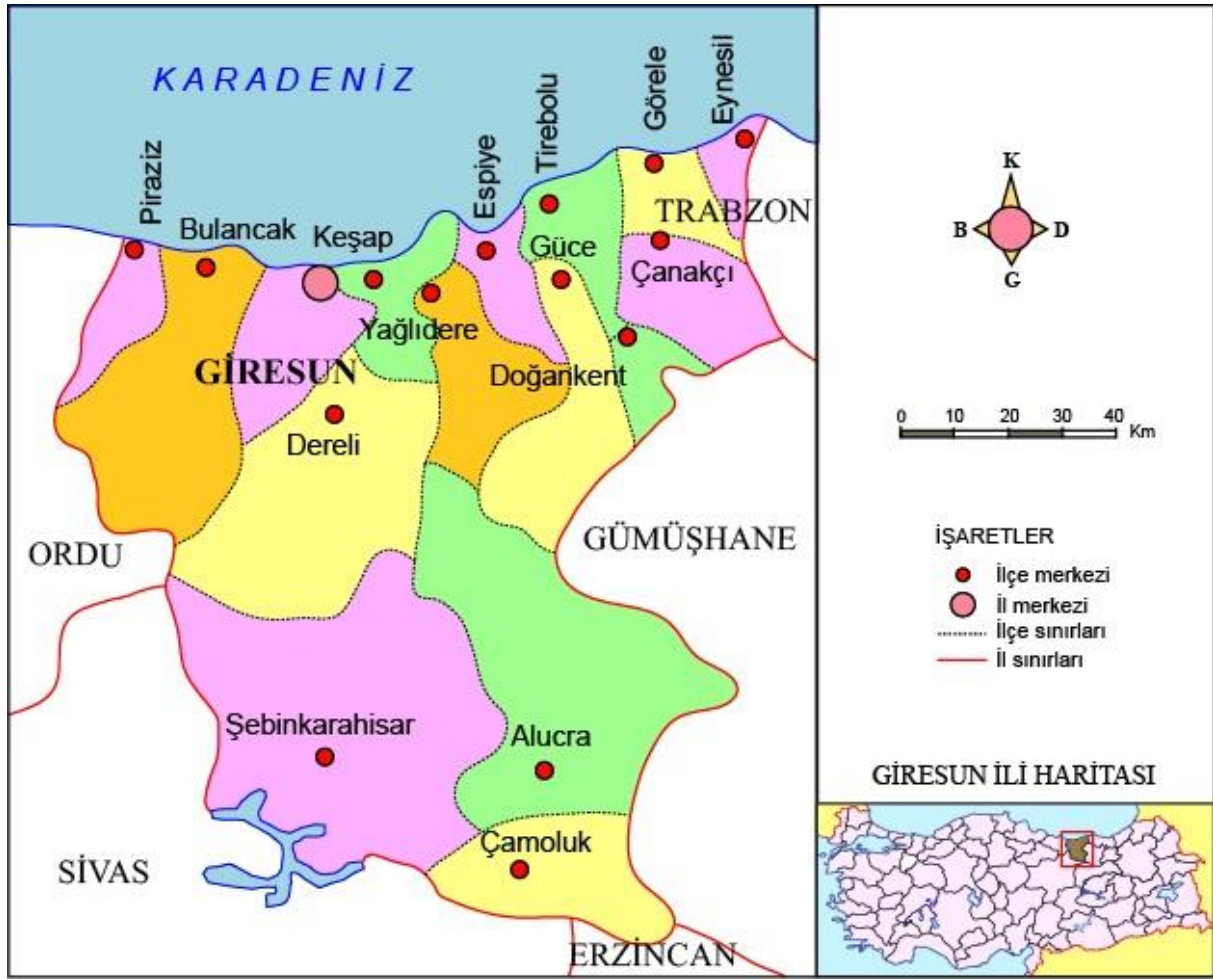
4.1 ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN METERYALLER

4.1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Giresun İl sınırları içerisindeki alanlar belirlenmiştir. Giresun Karadeniz bölgesinin Doğu Karadeniz bölümünde yer almakta olup 37,50 ve 39,12 doğu boylamları ile 40,07 ve 41,08 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Giresun'un doğusunda Trabzon ve Gümüşhane, batısında Ordu, güneyinde Sivas ve Erzincan illeri ile komşu olup kuzeyinde Karadeniz bulunmaktadır. Giresun'un yüz ölçümü 6934 km² olup ülke yüzölçümünün yaklaşık binde 8.5'ini oluşturmaktadır. 2020 yılı nüfus sayımına göre 448.721 kişi yaşamaktadır (URL 12).

Giresun 1923 yılında il olmuştur. 2020 yılı itibari ile Merkez, Tirebolu, Görele, Bulancak, Keşap, Espiye, Şebinkarahisar, Alucra, Keşap, Espiye, Dereli, Eynesil, Piraziz, Yağlıdere, Çanakçı, Güce, Doğankent, Çamoluk olmak üzere 15 ilçesi bulunmaktadır (Şekil 4.1).

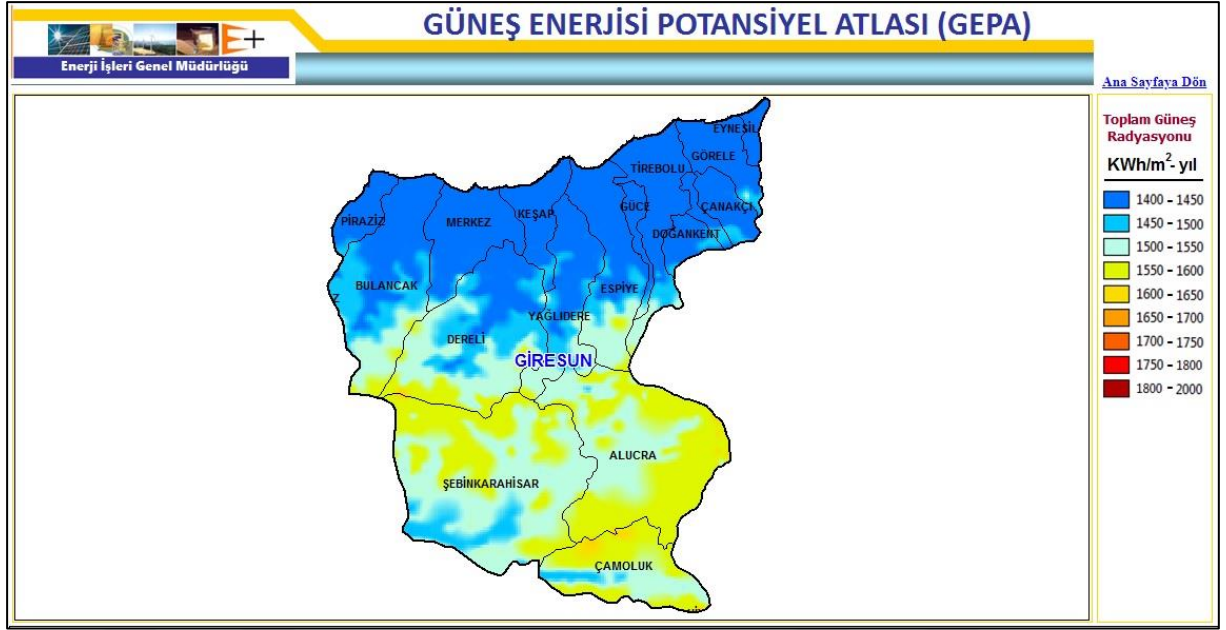
Giresun yüzey şekilleri açısından yükseltisi, dağları, dik kıyıları ile engebeli bir yapıya sahiptir. Karadeniz sahil şeridi ile güneyinde Kelkit vadisi arasında Giresun Dağları sahile paralel olarak uzanmakta olup bazı noktalarda 3000 mt. Yüksekliğini aşmaktadır. Güneyi ile kuzeyi arasındaki ana ulaşım Eğribel (2200 mt.) geçidinden sağlanmaktadır. Eğribel geçidinin güneyi ve kuzeyi olmak üzere iki farklı arazi ve iklim yapısı gözlemlenmektedir. Eğribel geçidinin güney bölgesinde kalan Şebinkarahisar, Güce ve Alucra ilçelerinde dağlık arazi azalmakta olup ortalama yükseklik 1000-1500 mt civarlarındadır (URL 13).



Şekil 4.1 Giresun İlçeleri Haritası (URL 14).

Giresun iklimi iki farklı özellik göstermektedir. Karadeniz sahil şeridine bakan kısmı ılık ve yağışlı, Eğribel geçidinin güney kısmında (Şebinkarahisar, Çamoluk, Alucra ilçeleri) karasal iklim şekli gözlemlenmektedir. Kıyı kesimlerde yağış miktarı fazla olup iç kesimlere gidildikçe yağış miktarı azalır. Giresun dağlarının kuzey yamaçlarında yağış miktarının fazla olması nedeni ile bitki örtüsü açısından zengindir (URL 15).

Giresun güneş radyasyonu haritasına göre ilin kuzey bölümünde toplam güneş radyasyonu değeri yıllık 1400-1500 kwh/m² ölçülüyorken güney bölümünde bu değer 1500-1600 kwh/m² değerine çıkmaktadır. GES verimliliğinde çok önemli bir faktör olan güneş radyasyonu değeri haritasına göre ilin güney bölümü daha elverişli olarak görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Giresun Toplam Güneş Radyasyonu Haritası (URL 9).

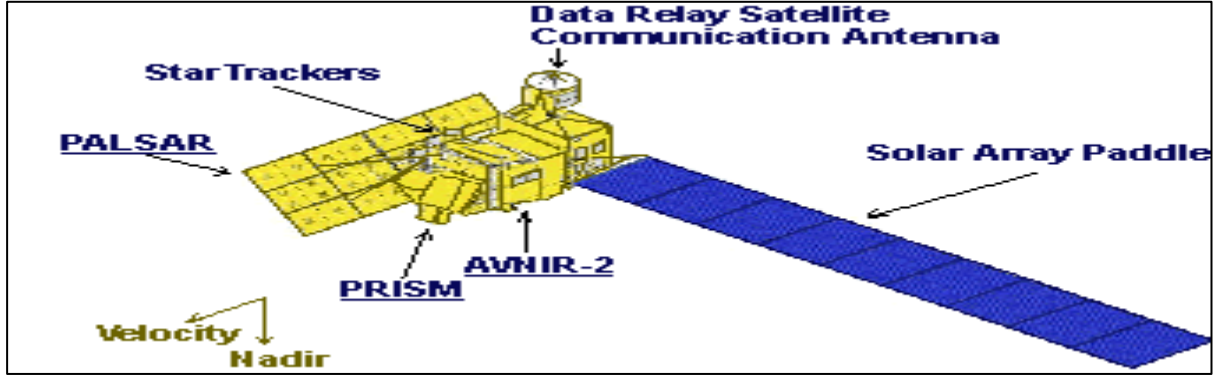
4.1.2 Kullanılan Materyaller

Giresun il sınırları içerisinde GES için en uygun yer seçimi projesinde Japonya Uzay Araştırma Ajansı tarafından oluşturulmuş olan ve açık erişimli kullanıma sunulan 30 mt pixel çözünürlüklü Alos Global Dijital Yüzey Modeli (Aw3D30) verileri kullanılacaktır (URL 16). İl ve İlçe sınırı olarak Harita Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan ve açık erişimli olarak kullanıma sunulan haritalar kullanılacaktır (URL 17). CBS yazılımı olarak açık erişimli olarak kullanıma sunulan açık kaynak kodlu Quantum GIS (QGIS) 3.18 programı kullanılacaktır (URL 18). Güneşlenme ve güneş radyasyonu bilgileri olarak Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA) kullanılacaktır. Sorgulama sonuçlarının uygunluğunun kontrolü Google Earth uydu görüntüleri üzerinden kontrol edilecektir.

4.1.2.1 Aw3D30 Sayısal Yükseklik Modeli

Küresel ölçekte haritacılık, afet izleme, kaynak araştırması ve bölgesel gözlemler yapabilmek amacı ile JAXA (Japonya Havacılık Ajansı) tarafından ALOS (Advanced Land Observing Satellite) uydusu Japonya'daki Tanageshima uzay merkezinden H-IIA fırlatma aracı vasıtası

ile 2006 yılında planlanmış yörüngesine fırlatılmıştır. Alos uydusunun uçuş yüksekliği ekvatorda yaklaşık 691,65 km ve ağırlığı yaklaşık 4 ton 'dur (URL 16).



Şekil 4.3 ALOS Uydusu Bölümleri (URL 16).

ALOS uydusu üzerinde 3 adet uzaktan algılama sensörü bulunmaktadır (Şekil 4.3). Bunlar Prism, Avnir-2 ve Palsar sensörleridir.

PRISM (Panchromatic Remote-sensing instrument for Sterio Mapping) sensörü en düşük noktasında 2,5 mt uzamsal çözünürlüğe sahip tek bandlı pankromatik bir radyometredir. Bu sensör ile elde edilen veriler kullanılarak hassas bir şekilde sayısal yükseklik modelleri üretilebilecektir. Aw3d30 sayısal yükseklik modelleri bu sensörden derlenen veriler yardımı ile oluşturulmuştur (URL 16).

AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type2) sensörü kara ve kıyı bölgelerini gözlemlemek için görünür ve yakın kızılötesi 4 bandlı radyometredir. Uzaysal çözünürlüğü nadir'de 10 mt olup bu sensör ile toplanan veriler ile bölgesel ortamları inceleyerek arazi kullanım ve sınıflandırma haritaları, afet bölgelerini gözlemleme haritaları oluşturulabilecektir.

PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) sensörü her türlü hava şartında ölçüm yapabilen sentetik açıklıklı radar sensörü olup faz farklarını ölçerek yükseklik değişimlerini tespit edebilmektedir.

Aw3d30 sayısal yükseklik verisi Japonya Uzay Ajansı tarafından hazırlanan proje kapsamında uzaya fırlatılan ALOS uydusu üzerinde bulunan PRISM sensörü tarafından toplanan verilerin

işlenmesi ile oluşturulmuştur. Pixel çözünürlüğü 30 m olup açık erişimli olarak kullanıma sunulmuştur.

Aw3d30 dosyaları web sitesinden indirildiğinde her pafta için 6 farklı uzantılı dosya vardır. Bunlar;

DSM dosyası: Deniz Seviyesinden yükseklik

MSK dosyası: Maske bilgileri

STK dosyası: DSM üretmek için kullanılan görüntü sayısı

QAI dosyası: Kalite güvence bilgileri

HDR dosyası: Ürünle ilgili meta veriler

LST dosyası: Kaynak Aw3d DSM'yi üretmek için kullanılan görüntü kimliklerinin listesi.

Giresun İli GES yer tespiti çalışmasında açık erişimli ve ücretsiz olarak kullanıma sunulmuş olan Aw3d30 sayısal yükseklik modeli verisi kullanılacaktır.

4.1.2.2 QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi Programı

Açık Kaynak Coğrafya Vakfı (OSGeo) tarafından oluşturulmuş olan QGIS programı açık kaynak kodlu, lisanslama ücreti olmayan ve isteyen herkes tarafından kullanılabilen bir CBS programıdır. Bu program ile yersel ölçümler veya uydu görüntüleri ile toplanmış veriler işlenebilmekte, analiz edilmekte ve sunumu yapılabilmektedir (URL 18).

Açık kaynak kodlu yazılımların lisansları ücretsiz olması, program üzerinde eklentiler ve değişiklikler yapmaya izin vermesi sebebi ile tercih edilmelidir.

Giresun GES yeri belirlenmesi projesinde açık kaynak kodlu ve ücretsiz olarak kullanıma sunulan QGIS programı kullanılacaktır. Programın eğitim dokümanları ve kullanım kılavuzu web sitesi üzerinden indirilebilmekte örnek uygulamalarla program kısa zamanda öğrenilebilmektedir.

4.1.2.3 Google Earth (GE) Programı

ABD merkezi haber alma teşkilatı (CIA) tarafından kurulmuş olan Keyhole şirketinin geliştirmiş olduğu Earth Viewer 3D (üç boyutlu yeryüzü görüntüleme) programının Google tarafından 2004 yılında satın alınması ile birlikte 2005 yılında Google Earth olarak

kullanıcıların ücretsiz olarak bilgisayarlarına kurabildiği ve kullanabildiği uydu görüntülerinin olduğu bir harita ve coğrafi bilgi programıdır. GE yükseklik haritası olarak SRTM verilerini kullanmakta ve WGS84 koordinat sisteminde verilerini birleştirmektedir (Mohammed vd. 2013).

GE programının dosyalama formatı KML (Keyhole Markup Language) olup sıkıştırılmış dosyalama adı KMZ (Keyhole Markup Language Zipped) olarak kullanılmaktadır. Harita çizim ve CBS programları ile veri alışverişi yapabilmektedir.

GE programı dünya çapında her yaştan kullanıcı tarafından kullanılabilen, dünyaya uzaydan bakıyormuş hissi uyandıran aynı zamanda yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri sayesinde yeryüzü ile ilgili birçok detayı sunabilen ve sürekli görüntülerini güncelleyen bir programdır.

GE haritalarının doğrulukları ile ilgili 2019 yılında yapılan araştırmada yatay konum doğruluğu 5 mt, düşey konum doğruluğu 14 mt olarak hesaplanmış olup CBS uygulamalarında kullanılabileceği belirtilmiştir (Atak 2019).

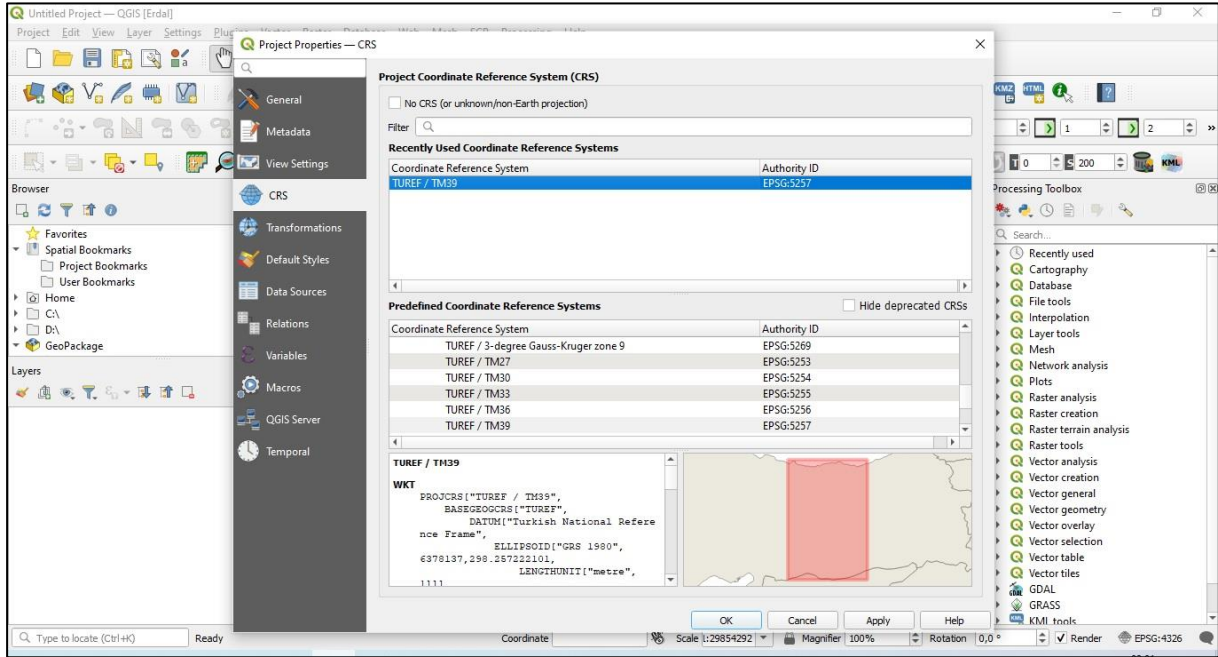
GE programı adres araştırmaları, altyapı projeleri, en uygun güzergâh belirleme gibi ön fizibilite çalışmalarında kullanılabilir durumda olan kullanımı ücretsiz bir programdır.

4.2 UYDU VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE ANALİZ EDİLMESİ

Giresun GES santrali en uygun yer seçimi projesi için arazinin eğim durumu çok önemlidir. Çok fazla eğimli olan arazide paneller yerleştirilemeyeceği için yüksek eğimli alanlar bulunup araştırma kapsamı dışına çıkarılması gerekmedir. Eğimi olmayan arazide su baskınları, çamurlaşma gibi sorunlar olabileceği için eğimi olmayan ya da çok az olan alanlarında araştırma kapsamı dışına çıkarılması gerekmektedir. Projede eğim aralığı %2- %8 aralığında olan alanlar çalışma kapsamına alınıp %2 eğimden daha az eğimli alanlar ve %8 değerinden daha büyük eğimli alanlar çalışma kapsamından çıkartılacaktır. Bu amaçla çalışma alanının eğim haritası oluşturulup uygun eğim aralığına sahip alanlar belirlenecektir.

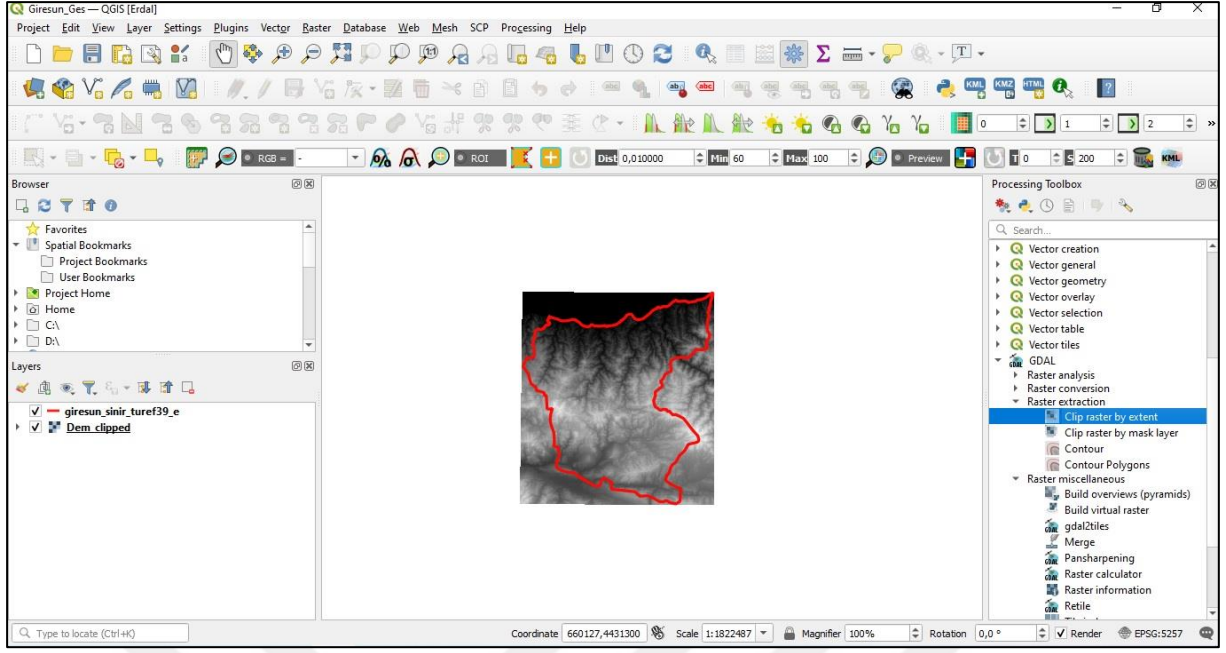
4.2.1 Eğim Haritası

Aw3D3 uydu verileri kullanılarak eğim haritası oluşturmak için öncelikle QGIS programında yeni proje oluşturulup projeksiyon sistemi Turef-39 olarak değiştirilmeli ve proje kayıt edilmelidir (şekil 4.4).



şekil 4.4 QGIS Yeni Proje Oluşturma

Yeni proje projeksiyon sistemi oluşturulduktan sonra Giresun İl sınırı vektör dosyası ve Aw3D30 raster dosyaları projeye eklenir. Raster dosyası birden fazla ise merge (birleştir) komutu ile birleştirilir daha sonra raster dosyasında fazla olan alanlar kesme işlemi yapılarak silinir. Raster dosyasının alanı il sınırından biraz fazla olması eğim hesaplamada sınırlarda daha doğru sonuç vermesini sağlayacaktır (şekil 4.5).

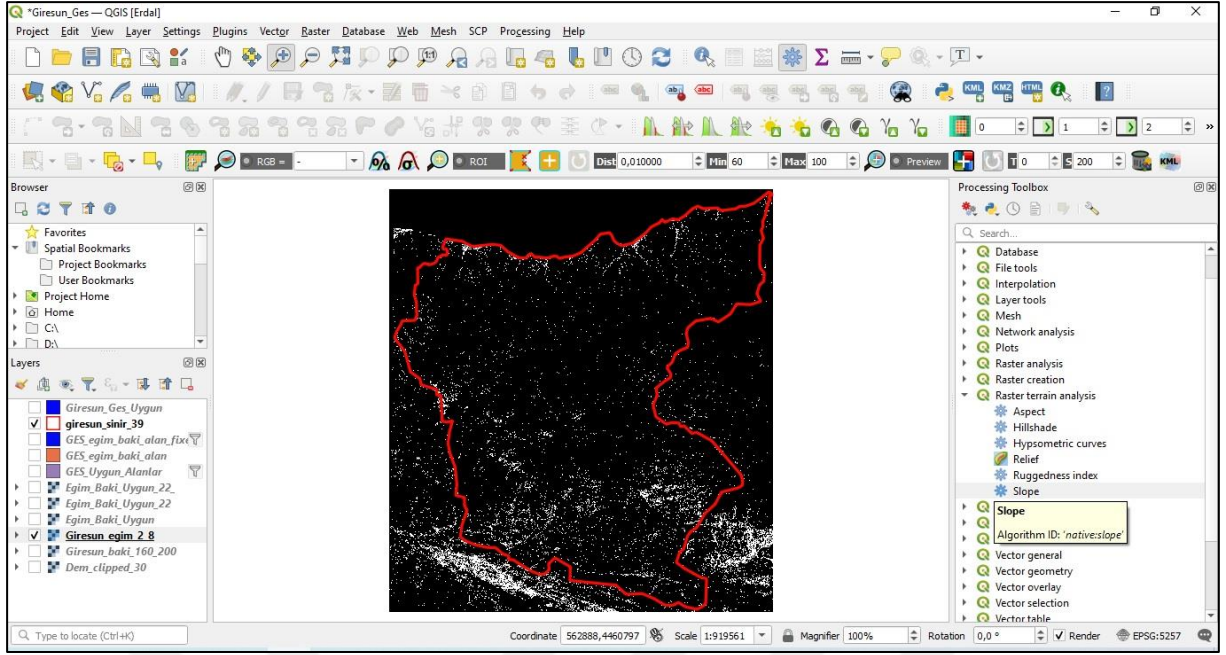


Şekil 4.5 Raster Dosyaları Birleştirme-Kesme

Raster dosyalarının birleştirilme-kesilme işlemlerinden sonra raster çözünürlük değerini 30 m olarak değiştirip projeksiyon sistemi proje koordinat sistemine dönüştürülür.

Projeksiyon sistemi dönüştürülmüş olan dosyada eğim (slope) dosyası oluşturulur. Eğim dosyası oluşturma aşamasında eğim hesabının derece olarak değil yüzdelik olarak hesaplanması gerekmektedir. Eğim hesabı yapıp dosyası oluşturulduktan sonra eğimi %2'den büyük, %8'den küçük olması için raster hesaplayıcıda değerleri girilir. Yeni oluşan dosyada eğimi istediğimiz aralıkta olan değerler 1, aralık dışı değerler için 0 olmak üzere 2 katman bulunur.

Şekil 4.6'da eğim haritası görülmektedir. Eğim durumu istenilen aralıkta olan katman beyaz renk, kapsam dışı alan siyah renk ile görülmektedir. Giresun İli yüzey şekilleri bakımından çok engebeli bir yapıya sahip olduğu için istenilen eğim şartını sağlayan alanlar azınlıkta kalmıştır. Eğim oranları istenilen şekilde değiştirilip farklı ihtiyaçlar için yeni dosyalar oluşturulabilir. Örneğin düz bir alan olması isteniyorsa eğim değeri 0 olarak girilip istenilen alanlar elde edilebilir.

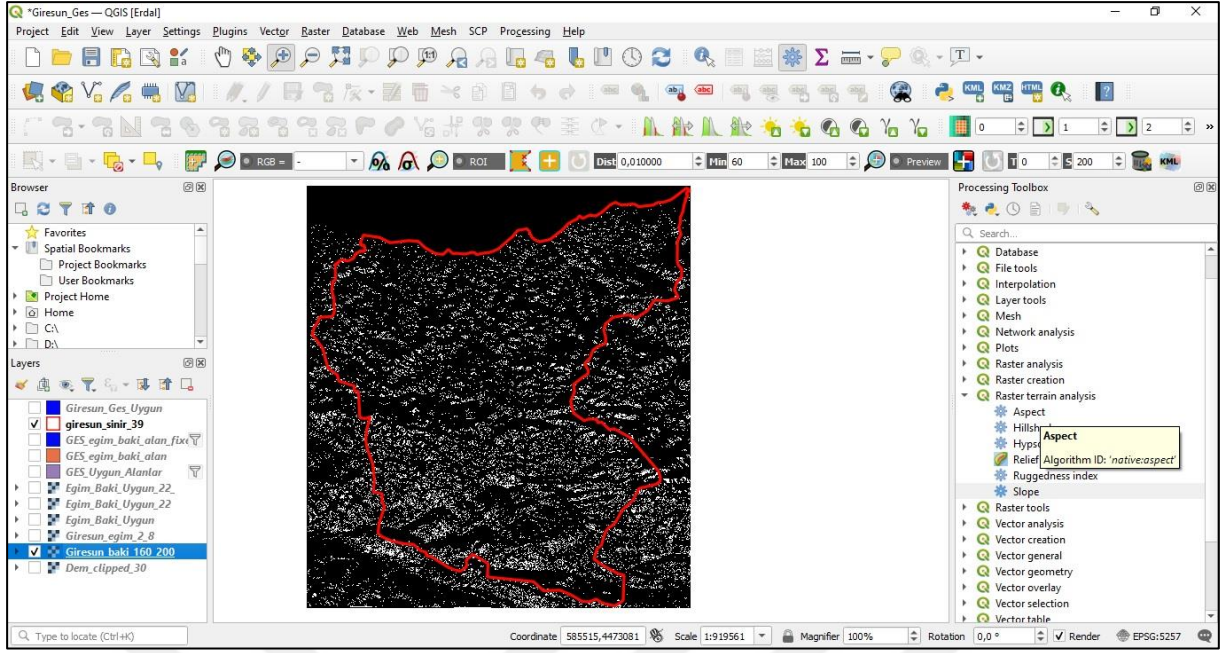


Şekil 4.6 Eğim (slope) Haritası Görünümü.

4.2.2 Bakı Haritası

Eğim hesabı yapımının ardından ikinci önemli veri bakı durumudur. Arazinin eğim yönü güneşlenme süresi ve şiddeti açısından verimliliği etkileyen en önemli faktörlerdendir. Ülkemiz kuzey yarım kürede bulunduğu için santral kurulması planlanan alanın eğiminin güney yönüne doğru olması güneş panellerinin güneşi görme sürelerini artıracak ve santralin verimliliği önemli oranda artacaktır. Güney yönünde 20° doğu ve batı yönlerine doğru tolerans sınırı eklediğimizde arazinin bakı açısını 160° - 200° aralığında sınırlandırmak uygun olacaktır. Bakı hesabı yapılmış olan dosyada raster hesaplayıcı yardımı ile bakı durumu 160° - 200° aralığında olacak şekilde sınırlandırma yapıp yeni dosya oluşturulur. Yeni oluşturulan bakı dosyasında belirlenen aralık içinde kalan değerler 1, aralık dışı değerler için 0 olmak üzere 2 katman bulunur.

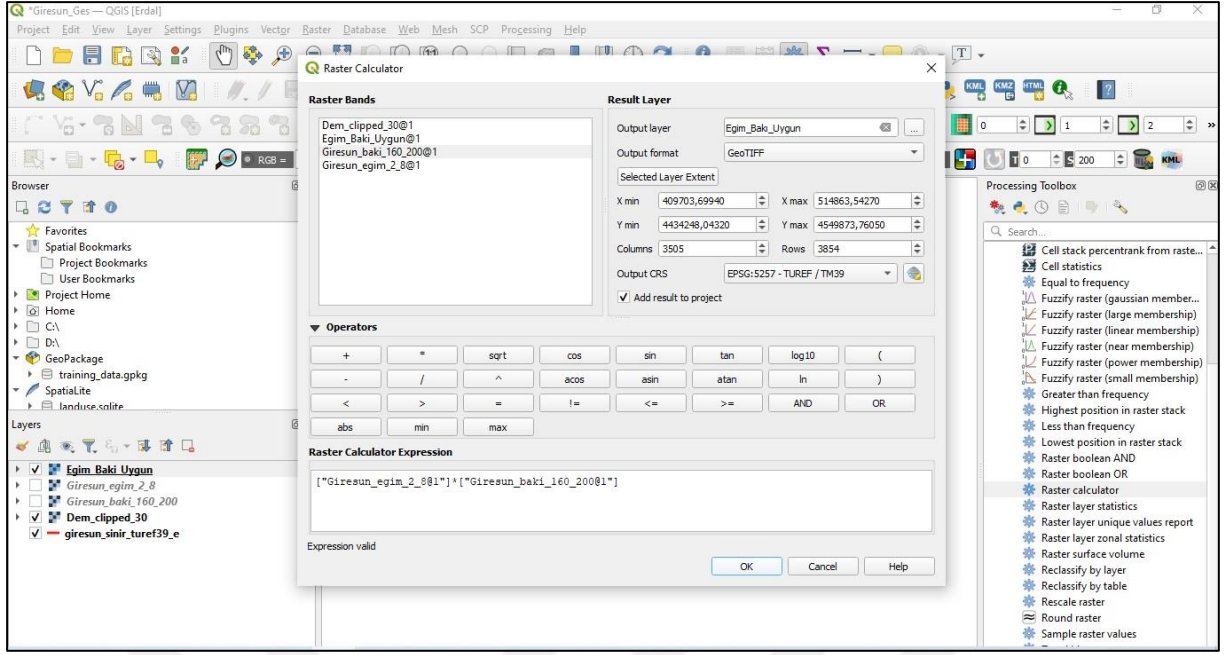
Şekil 4.7’de bakı haritası görülmektedir. Bakı durumu istenilen aralıkta olan alanlar beyaz renk ile, kapsam dışı alanlar siyah renk ile görülmektedir. Giresun ili arazi eğim yönü bakımından büyük çoğunluğu kuzey yönüne doğru olduğu görülmektedir. Bakı dosyasını oluşturmada istenilen değer aralıkları değiştirilerek yeni durum haritaları oluşturulabilir.



Şekil 4.7 Bakı (aspect) Haritası Görünümü.

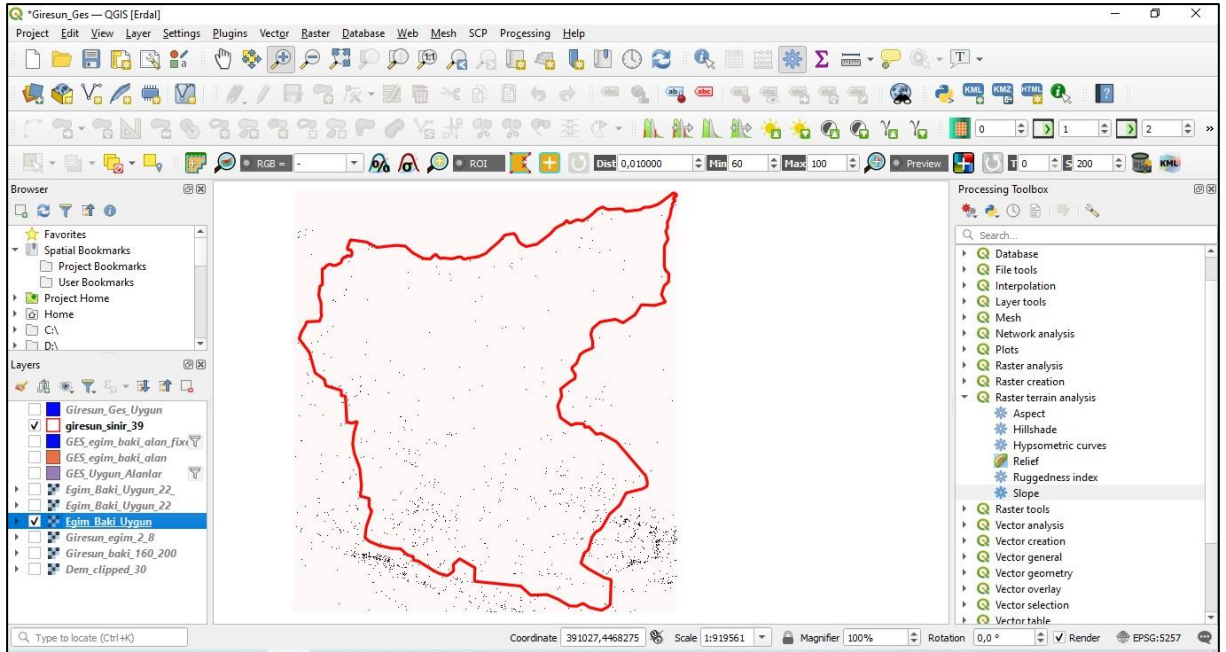
4.2.3 Verilerin Analizi

Eğim ve bakı dosyaları hazırlığının tamamlanmasının ardından bu dosyalardaki verilerin kesiştirilmesi işlemi yapılır. Eğim durumu uygun olan veriler ile bakı durumu uygun olan verilerin birleştirilmesi işlemi yapılır. Raster hesaplayıcı modülü çalıştırılıp eğim ve bakı değeri 1 olan verilerin tek katmanda toplanması işlemi yapılır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Raster Hesaplayıcı Formül Girişi

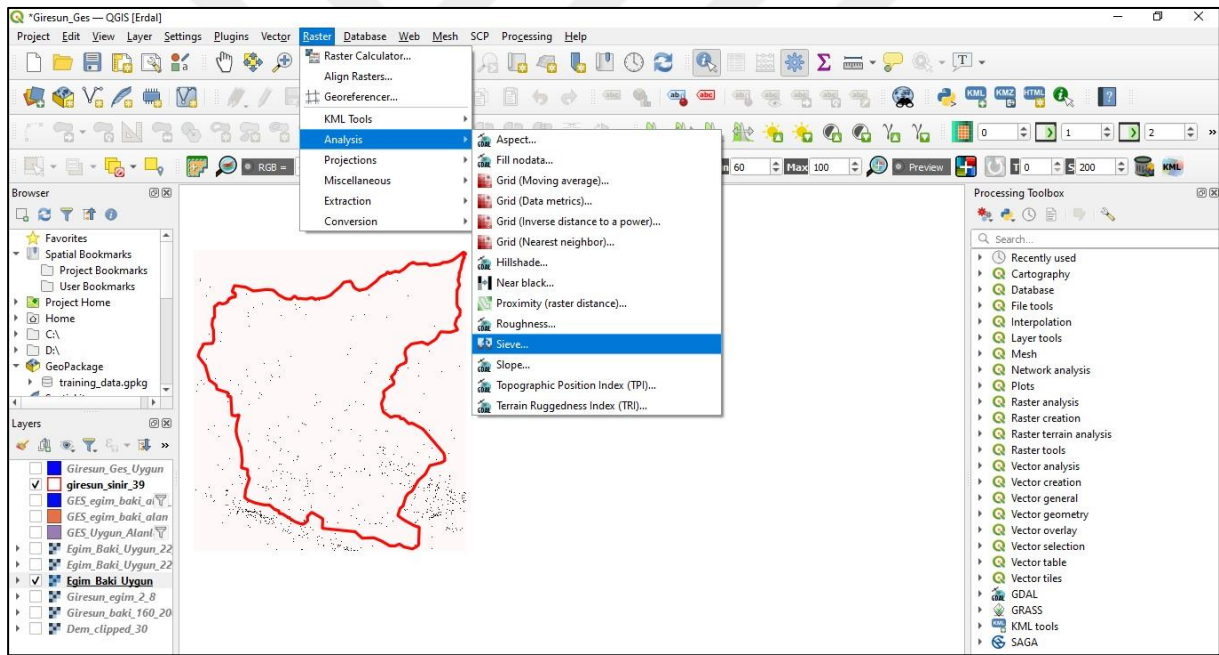
Projede tek katman içerisinde eğim ve bakı durumları uygun olan değerler bulunmaktadır. Şekil 4.9’da eğim ve bakı şartlarını sağlayan alanlar görülmektedir. Giresun İli engebeli arazi yapısı nedeni ile eğim ve bakı şartları sağlayan alan miktarı çok azalmış görülmektedir.



Şekil 4.9 Eğim ve Bakı Durumu Uygun Olan Alanlar.

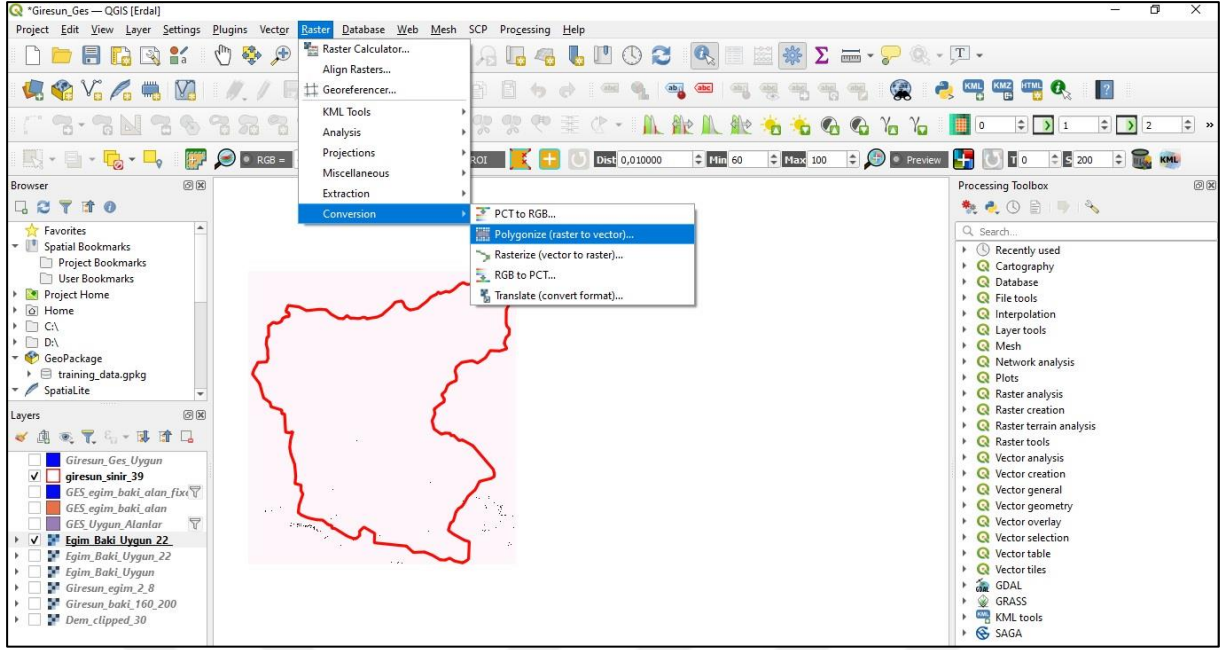
1 mW elektrik üretebilme kapasitesine sahip GES kurulumu yapılabilmesi için yaklaşık 2 hektarlık araziye ihtiyaç duyulmaktadır (Koca 2019). Daha düşük kapasitede santral yapmak yatırım ve işletme maliyetleri açısından uygun olmayacağı için proje alanının en az 2 hektar olmasının planlanması gerekmektedir.

Eğim ve bakı durumu uygun olan katman içerisinden alanı 2 hektardan az olan alanların çıkartılması gerekmektedir. Uydu verisinin çözünürlüğü 30 mt olduğu için 22 adet pixel alanı 19.800 m² olacaktır. Projede bitişik durumda en az 22 pixel olmalı şartı eklendiği zaman en küçük alan yaklaşık 2 hektar olan yeni bir tabaka oluşacaktır. Bu işlemi yapabilmek için raster menüsünde Sieve (elek) komutunun çalıştırılması gerekmektedir (Şekil 4.10). Bu işlem tamamlandığı zaman alanı yaklaşık 2 hektardan büyük olan alanlar aynı katman içerisine alınacaklardır.



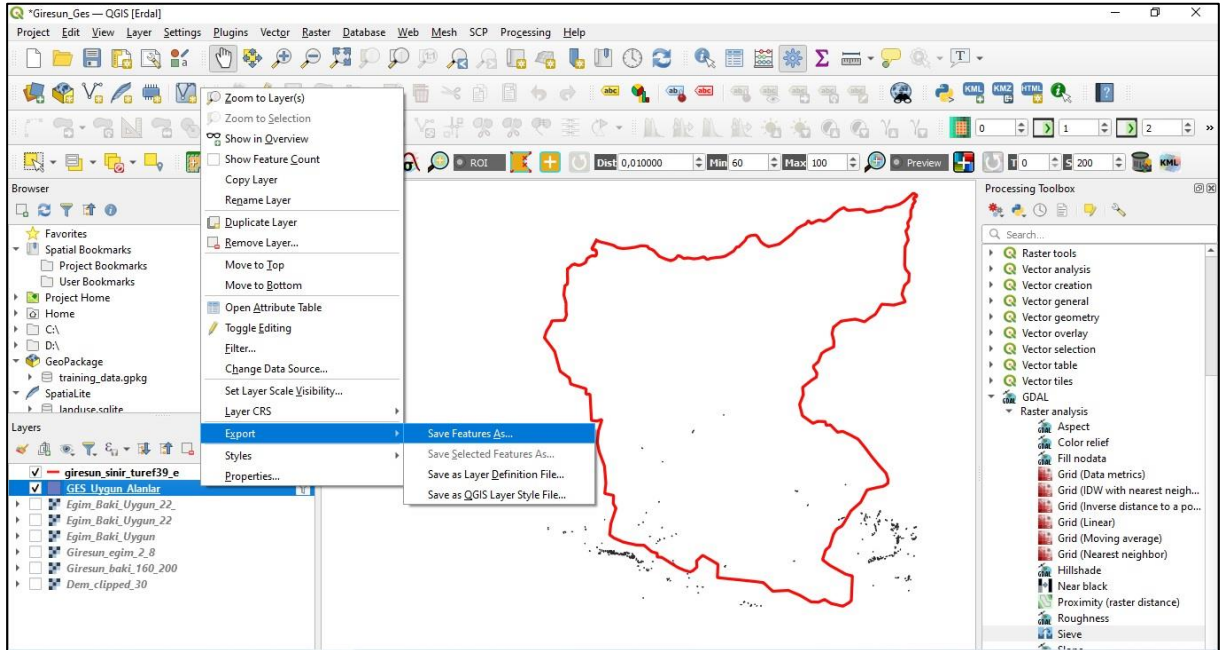
Şekil 4.10 Sieve Komutu ile Küçük Alanların Elenmesi.

Eğimi, bakı durumu uygun olan ve alanı 2 hektar'dan büyük olan alanlar raster analizi metotları yardımı ile bulunmuş durumdadır.



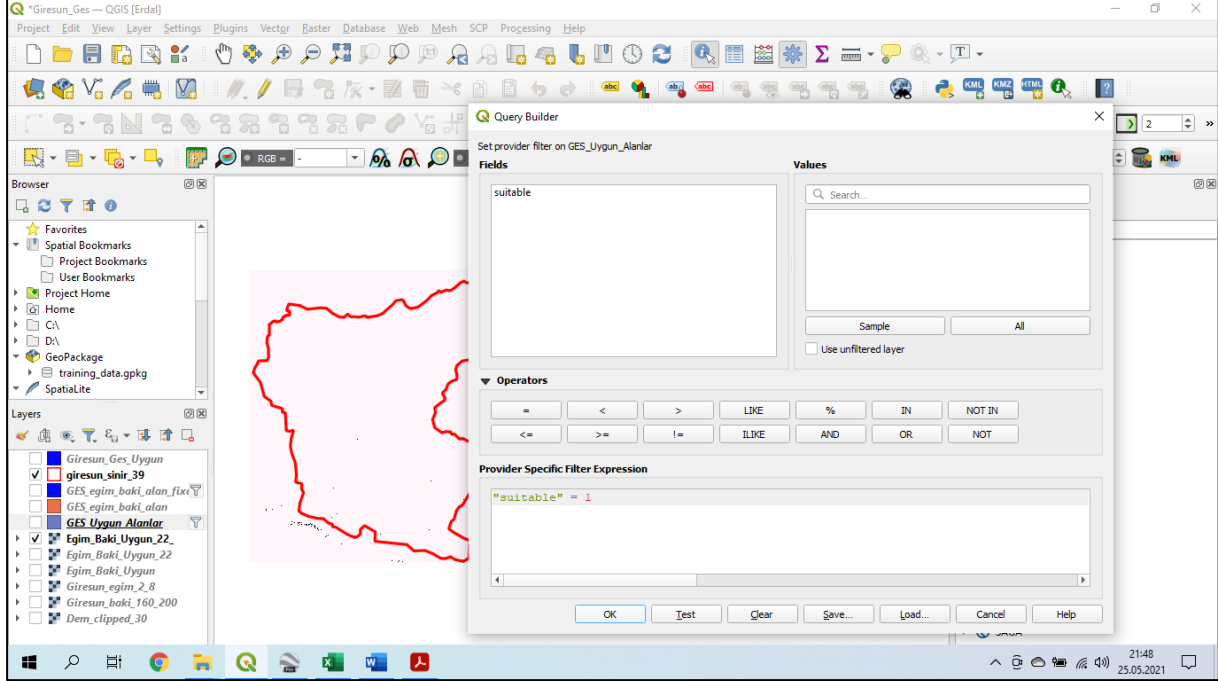
Şekil 4.11 Raster-Vektör Dönüşümü Yapılması.

Raster olarak oluşturulan dosya vektör dosyası haline getirilebilir durumda olduğu için dönüşüm işlemi yapılmalıdır (Şekil 4.11). Raster menüsünden vektöre dönüştür işlemi yapıldığı zaman 3 şartı da sağlayan ve sağlamayan alanların olduğu dosya elde edilecektir (Şekil 4.12).



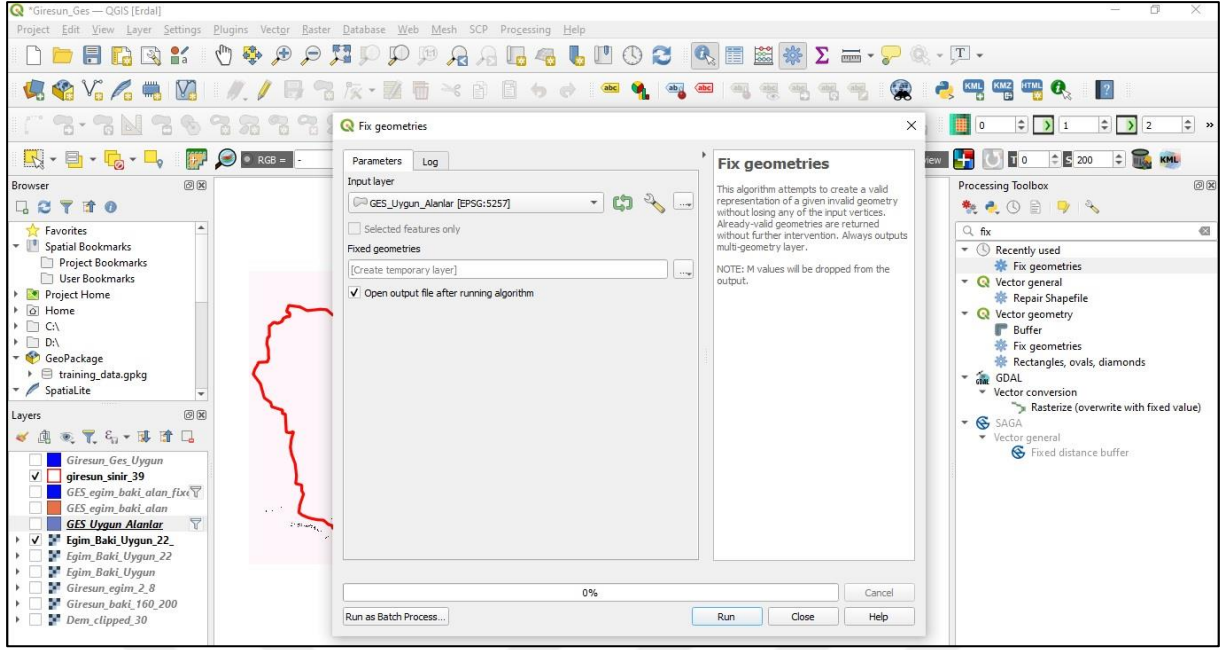
Şekil 4.12 Eğim, Bakı, Alan Şartlarını Sağlayan Alanlar ve Dışa Aktar Menüsü.

Oluşturulan vektör dosyasında 1 ve 0 değerlerinden oluşan 2 katman bulunmaktadır. Sorgu oluşturucu (query builder) menüsü kullanılarak dosya içerisinde sadece değeri 1 olan verilerin kalması sağlanır ve dışa aktar seçeneği ile vektör dosyası tamamlanmış olur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Sorgu Oluşturma Komutu.

Raster dosyadan vektör dosyaya çevrilmiş olan verilerde geometri bozulması ya da içlerinde hata olan çokgenler olabilir. Bu hatayı giderebilmek amacı ile geometriyi düzelt aracının kullanılması gerekmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Geometrinin Düzeltilmesi.

Eğim, bakı, alan şartlarını sağlayan vektör dosyası hazırlanmış oldu.

Raster verilerin işlenmesi ile başlayan proje raster verilerin sorgulanması ve istenilen özellikleri sağlayan verilerin ayıklanması işlemlerinden sonra vektör veri formatına çevrilmiş durumdadır. Vektör dosyaları üzerinde tampon oluşturma (Buffer Analiz) yöntemleri kullanılarak çeşitli sorgulamalar yapılabilir.

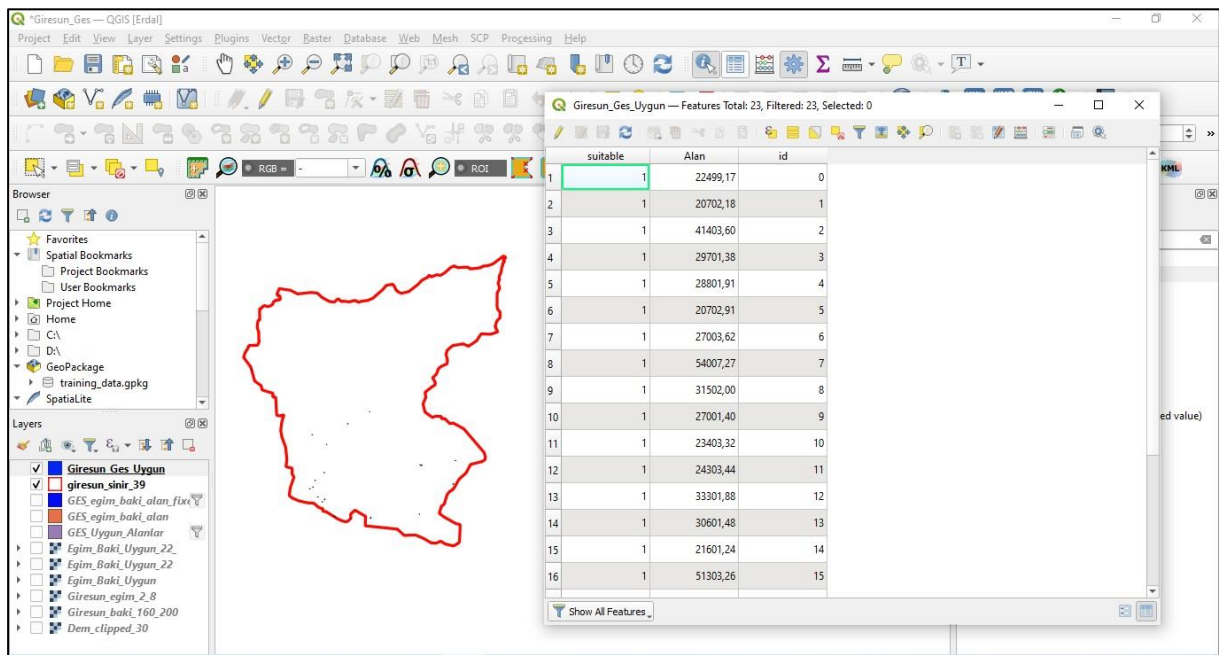
Yerleşim yerlerinden, akarsu, göl, yol gibi alanlardan belirli mesafelerde uzak olan bölgeler için tampon analizleri yapılabilir ve santral yapımına uygun olmayan bölgeler çalışma kapsamı dışına çıkarılabilir. Askeri yasak bölgeler, havalimanları, korunması gerekli kültür ve tabiat varlıkları gibi alanlarda yapılaşmaya ve santral yapımına izin verilmeyeceği için çalışma kapsamından çıkarılması gerekmektedir. Çalışma kapsamından çıkarılması gereken bölgelerin vektör verileri temin edilip mevcut alanlardan çıkarılması yöntemi ile santral yapılabilecek alanlar elde edilebilecektir.

Giresun İli coğrafi yapı olarak yükseltilerinin çok fazla olması, yapılaşmaya elverişli alanların az olması nedeni ile bu çalışmada eğim, bakı ve alan şartlarına uyan çok az miktarda arazi parçası kalmıştır. Bu nedenle tampon analizi oluşturma işlemlerine gerek bulunmamaktadır. Çalışma bölgesinde hava limanı, askeri yasak bölge, korunması gerekli kültür ve tabiat varlığı

gibi kısıtlı alanların olmaması nedeni ile vektör veriler arasında analiz ve kırpma işlemleri yapılmayacaktır.

Projede bu aşamada alan hesabı yapılacaktır, sorgulama sonucunda uygun bulunan alanlar güncel uydu fotoğraflarının olduğu Google Earth programına dönüştürülecek ve santral yapımına uygunlukları kontrol edilecektir.

Çalışma kapsamında kalan vektör dosyasında alan hesabı yapabilmek için alan hesabı menüsünden dosya seçilerek işlem tamamlanır (Şekil 4.15).



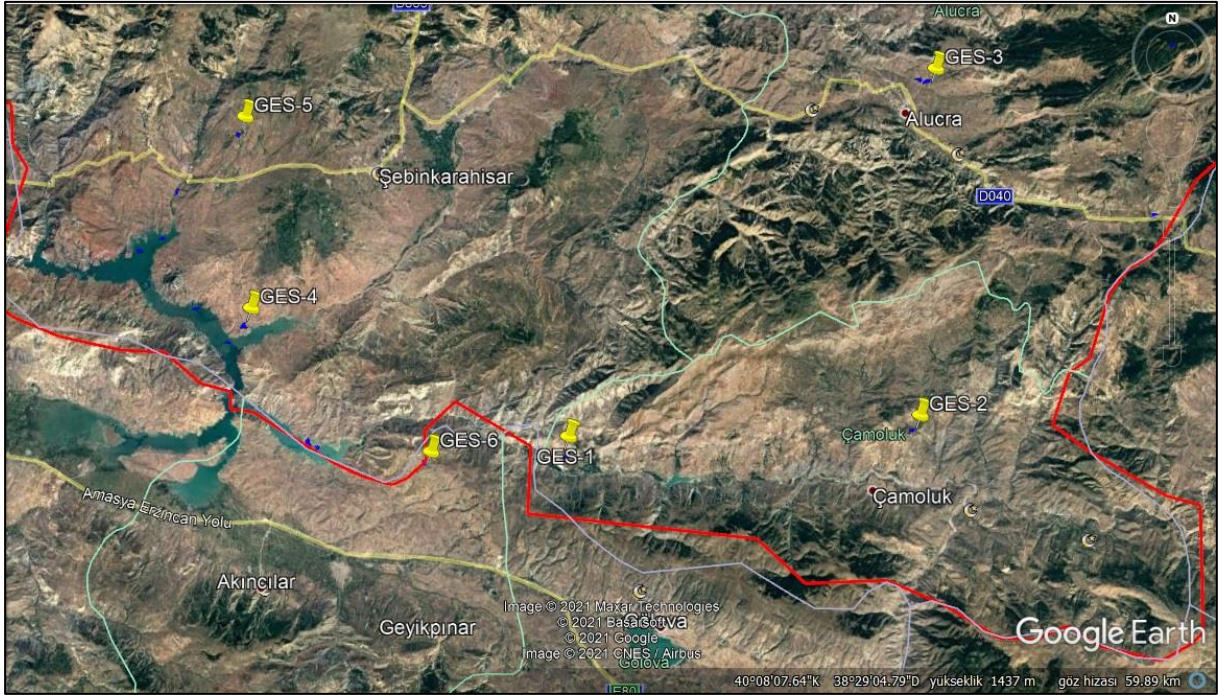
Şekil 4.15 Alan Hesabı Yapılması.

Alan hesabı yapılması sonucunda eğim, bakı ve alan şartlarını sağlayan alanlar 23 parça halinde toplam 728.162 m² olarak bulunmuştur. En küçük alan 20.702 m² olarak tespit edilmiş olup bütün değerlerin 2 ha üzerinde olması sorgulamanın doğru olduğunu göstermektedir. Giresun İli yüz ölçümü olan yaklaşık 6.934 km² ile kıyaslandığında %0,01 değeri elde edilir yani toplam yüz ölçümünün %99,99'unun santral kurulumuna elverişli olmadığı eğim, bakı ve alan kısıtlamaları sonucunda ortaya çıkmıştır.

Alanların olduğu vektör dosyası Google Earth programı formatına dönüştürülüp uygun olmayan alanlar tespit edilmelidir. Google Earth programı güncel uydu görüntülerinin açık

erişim olarak kullanıcılara sunulduğu bir programdır. Çalışma yapılacak bölgede uydu görüntüleri Mayıs 2019 tarihine ait olup ön fizibilite çalışması yapılabilecek durumdadır.

Alan hesabı yapılmış olan dosya Google Earth programı formatına dönüştürülmüş ve alanların uygun olup olmadığı kontrolü yapılmıştır. 23 parça alandan oluşan alan yerleri incelenmiş olup 15 adet alanın santral yapımına uygun olmadığı belirlenmiştir. Yüksekliği 1500 mt üzerinde olan 7 adet alan ve baraj gölü içerisinde çıkan 8 adet alan santral kurulamayacak alanlar olarak çalışma kapsamı dışına çıkarılmıştır.

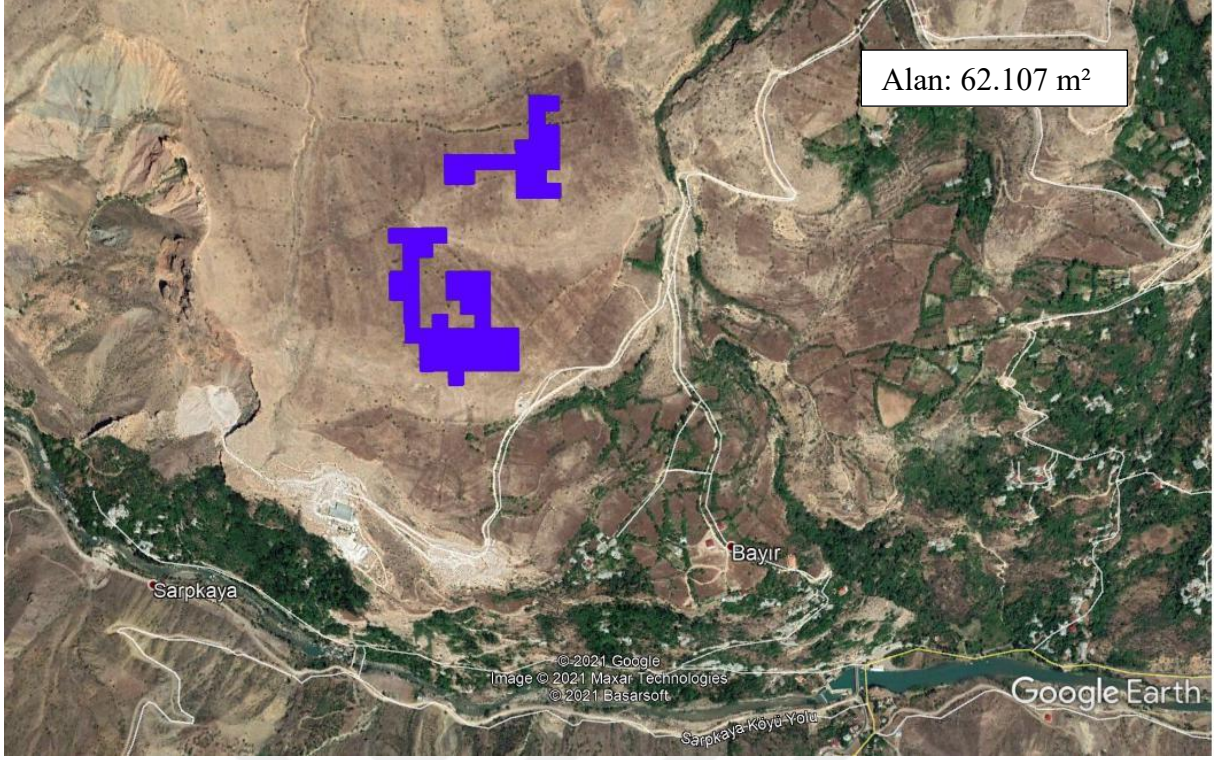


Şekil 4.16 Uygun Alanlar Genel Görünümü

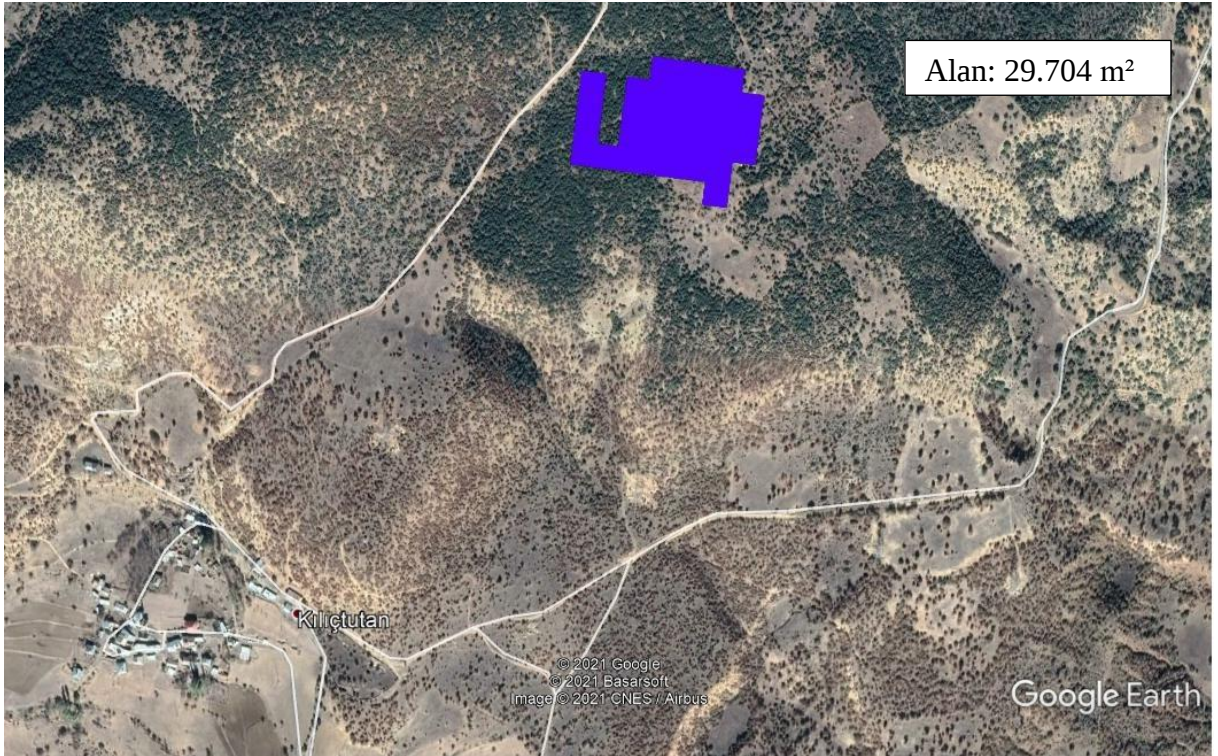
Giresun İli GES yeri belirleme çalışması sonucunda Şebinkarahisar, Çamoluk ve Alucra ilçelerinde 6 farklı bölgede yaklaşık olarak 285.330 m² alanın uygun olduğu uzaktan algılanmış görüntüler ve CBS yazılımı kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

1 mW kapasiteli GES yapımı için gerekli olan alan yaklaşık 2 hektar olduğu için 14.3 mW kapasiteli GES yapımına elverişli alan tespit edilmiştir. 1 mW kurulu gücünde GES yaklaşık olarak 700 konutun ihtiyacını karşılayabileceği varsayılırsa 10.010 adet konutun elektrik ihtiyacının karşılanabileceği düşünülebilir.

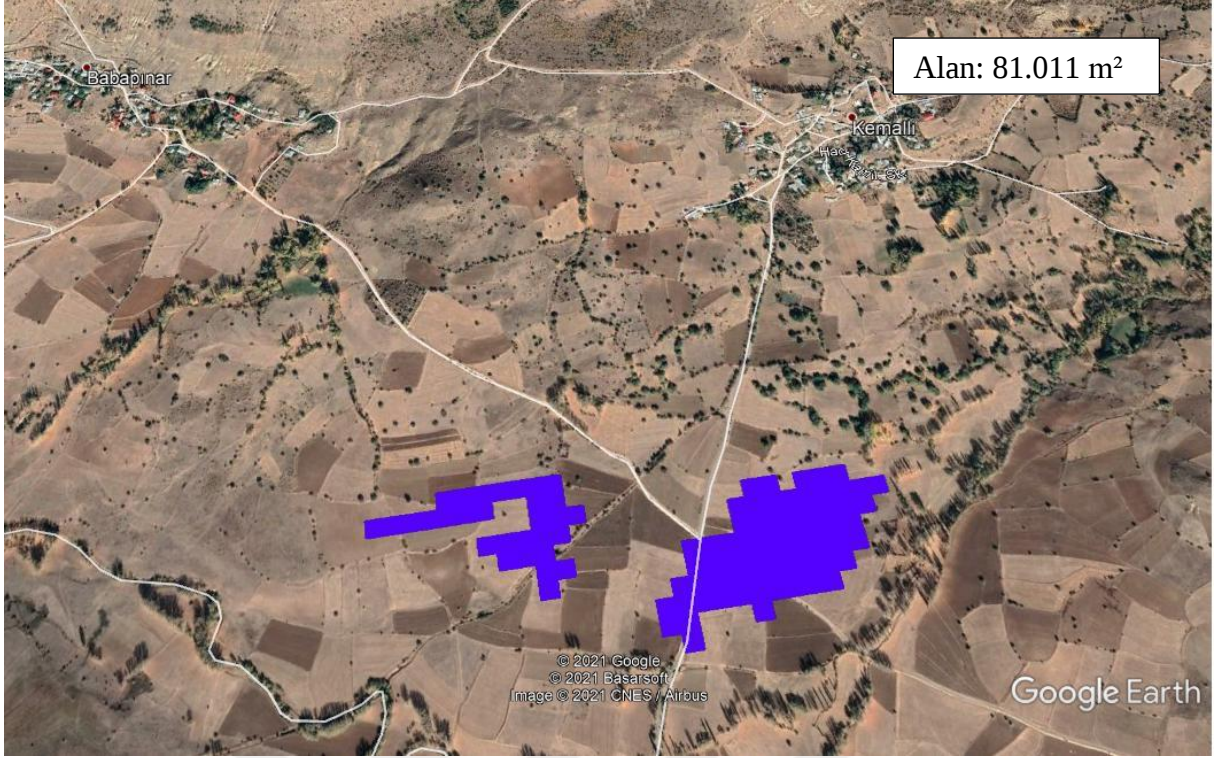
Uygun olan alanlar Şekil 4.17 ile Şekil 4.22 arasındaki 6 bölgede GES yatırımı yapılabilecek durumdadır.



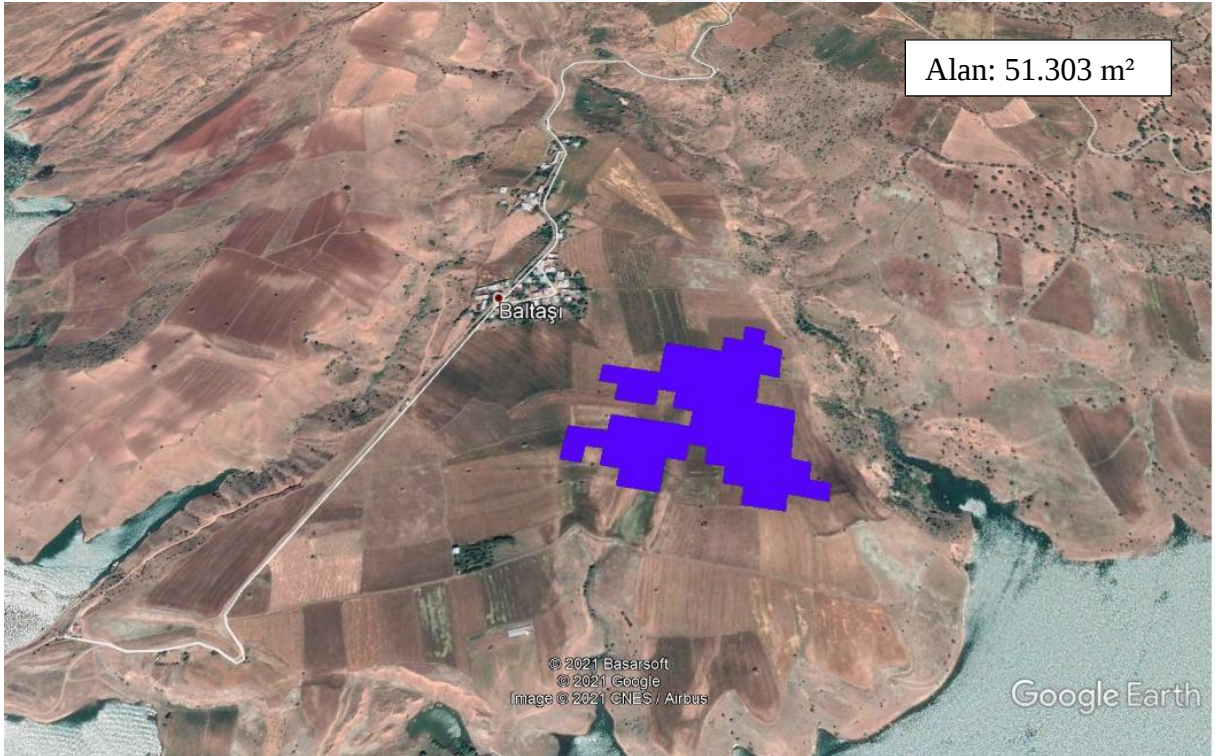
Şekil 4.17 Uygun Alanlar-1



Şekil 4.18 Uygun Alanlar-2



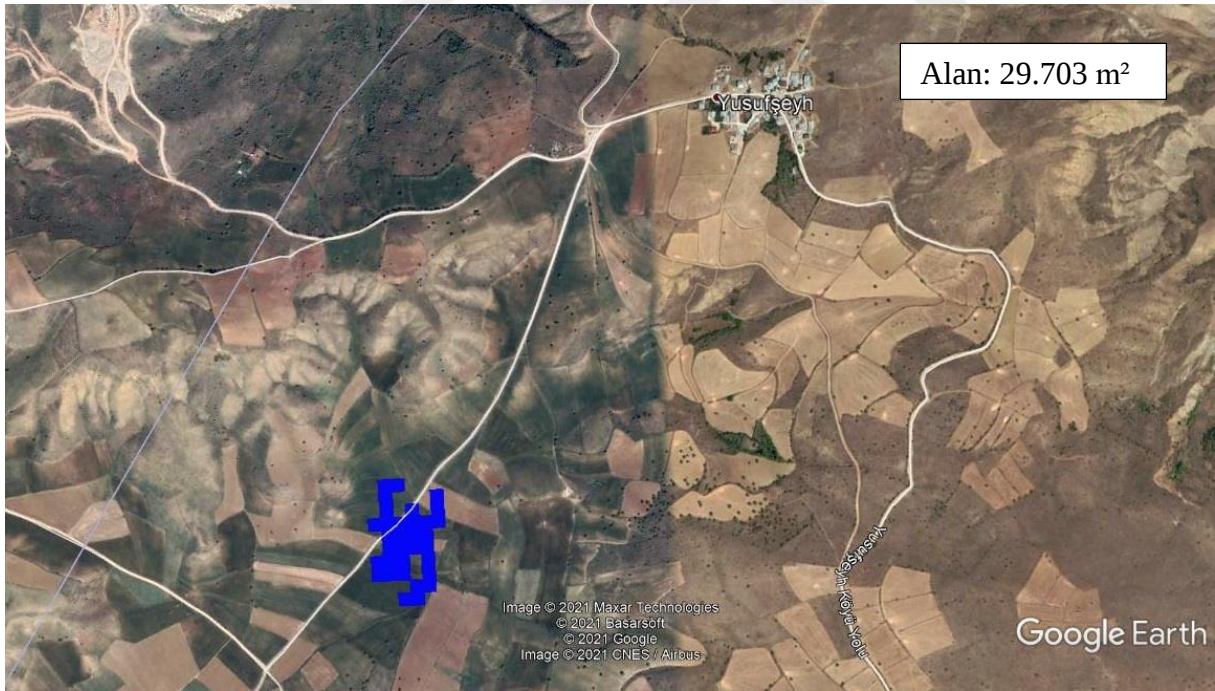
Şekil 4.19 Uygun Alanlar-3



Şekil 4.20 Uygun Alanlar-4



Şekil 4.21 Uygun Alanlar-5



Şekil 4.22 Uygun Alanlar-6

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Enerji ihtiyacımız her geçen gün artmaktadır. Gerekli olan enerji çeşitli kaynaklardan sağlanabilmektedir. Enerji kaynaklarını kullanırken yaşamımızı sürdürdüğümüz doğayı elimizden geldiği kadar korumalıyız. Fosil yakıtlar kullanarak elde ettiğimiz enerji hava kirliliği ve karbon emisyon oranını artırmakta bunun sonucu olarak küresel ısınma problemi ile karşı karşıya kalmaktayız. Küresel ısınma iklim değişikliklerine sebep olacak, su kaynakları azalacak ve dünya canlılar için yaşanabilir olmaktan çıkacaktır.

Güneş enerjisi dünyamız için sonsuz ve temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinden en iyi şekilde faydalanmanın yollarını bütün dünya bilim adamları araştırmakta, yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Elektrikli araç üretim ve kullanımının yaygınlaştırılması konusunda çalışmalar yapılmakta 2030 yılında fosil yakıtlı araçların kullanımının yasaklanması ve sadece elektrikli araçların kullanılması İngiltere, Japonya gibi ülkelerde bir hedef olarak belirlenmektedir.

Fosil yakıtlarla çalışan araçların yerini elektrikli araçların almasıyla birlikte elektrik tüketimi öngörülen değerlerin çok üzerine çıkacak ve tüketimi karşılayabilmek için elektrik üretimini arttırmanın yolları aranacaktır. Elektrik üretimi fosil kaynaklar kullanılarak yapılacağı gibi doğal kaynaklar kullanılarak da yapılabilmektedir. Güneş enerjisi, hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, biokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretmek fosil kaynakların kullanımını azaltarak küresel ısınma probleminin çözümünde yardımcı olacaktır.

Yenilenebilir enerji üretim tesisleri yapım aşamasında doğal çevreye en az zarar vererek en fazla enerji elde etmek temel politika olmalıdır. Güneş enerji santralleri, hidroelektrik santralleri, rüzgâr enerji santralleri gibi yenilenebilir enerji üretim tesisleri yapımı çok geniş alanlara ihtiyaç duymaktadır ve enerji verimlilikleri bulundukları alanlara göre

değişebilmektedir. Bu projelerden en iyi verimi elde edebilmek için planlama ve projelendirme aşamasında çok detaylı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Uzaktan algılama çok geniş alanlarda çok kısa sürede veri toplama sistemi olup toplanan veriler CBS programlarında analiz edilerek kullanıcılara sunulabilmektedir. Güneş enerjisinden en iyi faydayı sağlayabilmek için uzaktan algılama ve CBS kullanılarak dünya çapında ve ülkeler bazında çalışmalar yapılmış güneşlenme potansiyeli haritaları kullanıma sunulmuştur. Güneşlenme potansiyeli haritaları ve analizleri kullanılarak elektrik üretimi en çok olabilecek bölgeler çalışma alanı olarak seçilip bu alanlarla ilgili GES kurulumuna uygun olup olmadığının fizibilite çalışmaları yapılmalı ve en uygun alanlarda GES kurulumu gerçekleştirilmelidir.

GES yeri belirleme için arazinin güneşlenme potansiyeli, arazinin eğimi, eğimin yönü (bakı), yerleşim yerlerine uzaklığı, anayol ve tali yollara uzaklığı, enerji nakil hatlarına uzaklığı gibi birçok değişken faktör vardır ve her biri santralin verimliliğine etki etmektedirler. Dünya çapında ve ülkemizde GES yeri belirleme çalışmaları farklı yöntemlerle yapılmaya devam etmektedir.

Ülkemizde GES yapımı ve işletmeleri genellikle İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde yapılmakta olup Doğu Karadeniz Bölgesi'nde GES yapım ve işletmesinin verimli olabileceği düşünülmemiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin engebeli arazi yapısı ve iklim koşulları nedeni ile GES yapımı ve işletilmesinin uygun olmadığı düşüncesi güneş enerjisinden yeteri kadar yararlanamamasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Giresun İli sınırları içerisinde GES yapımına uygun alanların olup olmadığı Uzaktan Algılama verileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak araştırılmıştır.

Uzaktan Algılama verileri olarak Alos Aw3d30 sayısal yükseklik modeli, analiz ve sorgulama programı olarak QGIS, güncel arazi durum ve kullanım haritası olarak Google Earth programı kullanılmıştır.

Giresun İli arazi yapısı olarak engebeli ve dağlık bir bölge olduğu için uygun eğim şartını sağlayan alanlar tespit edilmiş ve eğim haritası oluşturulmuştur. Daha sonra bakı haritası

oluşturabilmek için güney yönünde ve tolerans sınırı içerisindeki alanlar haritası oluşturulmuştur. Eğim ve bakı şartlarını sağlayan alanların bulunmasının ardından bu iki şartı sağlayan alanlar haritası oluşturulmuştur.

1 mW kapasiteli GES yapabilmek için gerekli olan arazi miktarı yaklaşık 20.000 m² olduğu için eğim ve bakı şartlarını sağlayan veriler içerisinde alanı 20.000 m² üzerinde olan alanlar tespit edilmiş ve şartları sağlamayan alanlar kapsam dışı bırakılmıştır. Eğim, bakı ve alan şartlarını sağlayan alanlar haritası Google Earth programı formatına çevrilmiş, bulunan alanların uygunluğu kontrol edilmiş ve GES yapılabilecek alanlar tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda Giresun İli güney sınır bölgelerinde bulunan Şebinkarahisar, Çamoluk ve Alucra İlçelerinde toplamda 285.330 m² alan GES yapımına uygun olarak tespit edilmiş olup bu alanlara yaklaşık olarak 14.3 mW kapasiteli GES yatırımı yapılabilecektir.

Giresun GES yatırımları için en uygun yer seçimi çalışması literatürde bir ilk olma özelliği ile birlikte GES yatırımı yapan özel şirketler içinde yol gösterici olabilecektir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle ticari yazılımlar kullanılarak yapılmış olduğu tespit edilmiş olup bu çalışmanın açık kaynak kodlu yazılımlar ve ücretsiz olarak temin edilebilen veriler kullanılarak yapılmış olması ayrı bir önem taşımaktadır.

Literatürdeki çalışmalarda multi kriter karar destek sistemlerinden faydalandığı görülmüştür. Giresun İli arazi yapısı bakımından çok eğimli ve engebeli olduğu için eğim, bakı ve alan şartlarını sağlayabilen çok az miktarda arazi parçası kaldığı analizler sonucunda ortaya çıkmıştır. Sadece 6 bölgede 285.330 m² kısıtlı olmayan alan kaldığı için karar destek sistemlerinden faydalanılmamıştır. GES yer seçimi çalışmalarında kısıtlı alanların kapsam dışı bırakılması sonucunda seçim yapılabilecek alan miktarının fazla olması durumunda karar destek sistemlerinden faydalanılması en uygun yer seçimi konusunda faydalı olacaktır.

Karabük İl’inde özel şirketler tarafından işletilen birden çok GES olduğu 2020 yılında Nesrin Sarsıcı tarafından yapılan çalışmada belirtilmektedir (Sarsıcı 2020). GEPA haritasına göre Karabük İli güneşlenme potansiyeli açısından Giresun İl’inden daha az olmasına rağmen orada özel şirketler tarafından GES işletiliyor olması Giresun’da GES yatırımının verimli

olabileceğini göstermektedir. 2021 yılında Alucra ilçesinde özel bir şirket tarafından 2 mW kapasiteli GES devreye alınmış olup Alucra ilçesinde faaliyetine devam etmektedir.

Giresun İli Şebinkarahisar, Çamoluk, Alucra ilçeleri için GES en uygun yer seçimi çalışmalarının İlçe bazında çözünürlüğü daha yüksek haritalar kullanılarak yapılması daha uygun karar verebilmek açısından önemli olabilir.

Giresun İl sınırları içerisinde GES yapımına uygun olarak bulunan alanların çevre düzeni planı haritalarında GES yeri olarak belirtilmesi ve farklı amaçlar için kullanılmaması enerji verimliliği ve güvenliği açısından önemli olacaktır.

Ülkemiz genelinde bütün İl ve İlçeler için GES yapımına uygun olabilecek alanların tespit edilip çevre düzeni planlarına işlenmesi yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisini kullanma açısından uygun olacaktır.

Uzaktan Algılama verileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak toplu konut alanları, yayla turizmi tesis alanları, sporcu dinlenme ve yetiştirme alanları v.b. gibi belirli özelliklere sahip olması gereken alanlar tespit edilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdikan S** (2007) Sar Görüntülerinden Üretilen İnterferometrik ve Sterio Sayısal Yükseklik Modellerinin Kalitesinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5 s.
- Altınışık A** (2020) İzmir İli için Fotovoltaik Güç Santralleri Yer Seçiminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 94 s.
- Atak V O** (2019) Google Earth Uygu Görüntülerinin Doğruluğu, *Harita Dergisi*, 161: 11-25
- Ayday C, Yaman N, Sabah L ve Höke Onur** (2016) Güneş Enerji Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Kullanımı-Eskişehir İl Örneği, *Uzal-CBS Sempozyumu*, 2016, 491 s.
- Cebeci S** (2017) Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, *Uzmanlık tezi*, T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: 2977, Ankara, 5 s.
- Çölkesen İ** (2015) Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme, *Doktora tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 22-25-26 s.
- Duman M H** (2018) Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Yeri Seçimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya, 72 s.
- Eren M E** (2019) Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulacağı Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 81-82 s.
- Everan E** (2014) Uydu Görüntüleri ile Kentsel Gelişimin Zamansal ve Mekansal Olarak İncelenmesi: Artvin Şehir Merkezi Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 15-17 s.
- Gerçek Y** (2018) Güneş Enerji Santralleri için CBS ile En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 61 s.
- Güçlüer D** (2010) Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 45-46 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- İnspire Avrupa Coğrafi Veri Altyapısı** (2018) İnspire Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme İçin Teknik Destek Projesi Eğitim Kitabı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2-3-4-5 s.
- Kaimbekova A** (2020) Güneş Enerjisi Santrali Kurulumuna Uygun Alanların Uzaktan Algılama ve CBS Yöntemleri ile Belirlenmesi (Türkistan ve Karaganda, Kazakistan), *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, 127 s.
- Kanat H** (2019) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Yatırımlarını Etkileyen Faktörler: Konya Güneş Enerjisi Yatırımları Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 12-14 s.
- Karakoç A** (2019) Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralleri için Mekansal Yer Seçiminin Belirlenmesi; Isparta İli Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 89 s.
- Kayman Ö** (2015) Spektral İndekslerin Arazi Örtüsü Kullanımı Sınıflandırmasına Etkisi: İstanbul, Beylikdüzü İlçesi, Arazi Kullanımı Değişimi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 28 s.
- Kırcalı Ş** (2019) Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak CBS Tabanlı Güneş Tarlası Yer Seçimi: Antalya İli Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 55 s.
- Koca H** (2019) Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Güneş Enerjisi Santralleri için Yer Seçimi ve Değerlendirme: Menemen Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 37-38 s.
- Kozal A Ö** (2014) Hiperspektral Veri Sınıflandırma İçin Boyut İndirgeme Yöntemlerinin Başarımlarının Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-5 s.
- Kulaksız A A** (2007) Maximum Güç Noktası İzleyicili ve Uvm İnverterli Fotovoltaik Sistemin Yapay Sinir Ağları Tabanlı Kontrolü, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 18-27 s.
- Küpçü R** (2015) Rasat ve Göktürk-2 Uydu Görüntülerinin Uzaktan Algılama Yazılımları ile Farklı Referans Verileri Kullanarak Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18 s.
- Obut Z** (2016) Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş, 52-53 s.
- Sarsıcı N** (2020) Karabük İlinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulabilecek Alanların Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Tespiti, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, 8-9 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Sefercik U G** (2007) Radar İnterferometri Tekniği ile SYM Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmeleri, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara, Türkiye.
- Sefercik U G** (2010) Generation and Evaluation of DEMs Derived by TerraSAR-X InSAR Images, *Doktora Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Şenlik İ** (2017) Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi, *Emo Dergisi 2017 Ekim, Sayı-462*, Ankara, 95-96-97 s.
- Tapan K S** (2019) Sayısal Hava Kameralarından Elde Edilen 8-16 Bit Görüntülerin Fotogrametrik Kıymetlendirme Açısından Analizi-Zonguldak Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 7 s.
- Tona A U** (2016) Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Matematiksel Morfoloji Yöntemi ile Kartografik Detay Çıkarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 17 s.
- Urfalı T** (2019) Akıllı Şehir Uygulamaları için CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 138s.
- Yılmaz M** (2016) Taşkın Riski Ön Değerlendirmesinde Uzaktan Algılama Sistemlerinin Kullanılabilirliği: Meriç Nehrinde Uygulanması, *Uzmanlık Tezi*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 15,16 s.
- URL-1** <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-2** <<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>>, Ziyaret tarihi: 12.04.2021.
- URL-3** <https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plani.pdf>, Ziyaret tarihi: 12.04.2021.
- URL-4** <<https://www.iea.org/reports/solar-pv>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-5** <<https://www.euas.gov.tr/tr-TR/yillik-raporlar>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-6** <<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-7** <<https://www.irena.org/solar>>, Ziyaret tarihi: 08.02.2021.
- URL-8** <<https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2020>>, Ziyaret tarihi: 10.02.2021.
- URL-9** <<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-10** <<https://cw-enerji.com/cw-enerji-gunes-enerji-sistemi-gesadana-kozan-3-1-mw/>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- URL-11** <https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/2021Guz/uzaktan_algilama/6/index.html>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-12** <<http://www.giresun.gov.tr/cografyanew>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-13** <[https://tr.wikipedia.org/wiki/Giresun_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Giresun_(il))>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-14**<<https://www.milliyet.com.tr/egitim/haritalar/giresun-haritasi-giresun-ilceleri-nelerdir-giresun-ilinin-nufusu-kactir-kac-ilcesi-vardir-6311225>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-15** <<https://giresun.ktb.gov.tr/TR-154293/cografi-durum.html>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-16** <<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-17** <<https://www.harita.gov.tr/urun/dilsiz-turkiye-mulki-idare-bolumleri-haritasi/274>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.
- URL-18** <<https://qgis.org/tr/site/>>, Ziyaret tarihi: 10.04.2021.

ÖZGEÇMİŞ

Erdal UZUNAY, 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Çeşitli şantiyelerde yol, köprülü kavşak, altyapı projelerinde, Hatay-Osmaniye doğalgaz dağıtım projesinde Harita Mühendisi olarak görev yaptı. 2019 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eēitimine başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.

