



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MARMARA BÖLGESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN CBS VERİLERİ İLE UYGUN YER KARARI

SİBEL ÇETİN
(523119012)

YÜKSEK LİSAN TEZİ
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Pınar ÖZKAN BAKBAK

İSTANBUL, 2024

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca akademik bilgi ve tecrübemi geliştirmem hususunda yardımlarını esirgemeyerek değerli katkılar sunan, kıymetli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Pınar ÖZKAN BAKBAK’a teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	1
İÇİNDEKİLER.....	ii
ABSTRACT	v
SEMBOLLER	vi
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xi
GİRİŞ.....	xi
1. YÖNTEM.....	2
1.1. Çalışma Alanı	2
1.2. Değişkenlerin Belirlenmesi.....	2
1.2.1. Güneş Enerji Kapasitesi	3
1.2.2. Eğim	5
1.2.3. Bakı.....	8
1.2.4. Trafo Merkezlerine Mesafe	10
1.2.5. Enerji Nakil Hatlarına Mesafe.....	13
1.2.6. Yükseklik.....	15
1.2.7. Kara Yollarına Mesafe	17
1.2.8. Demir Yollarına Mesafe	20
1.2.9. Yerleşim Alanlarına Mesafe.....	23
1.2.10. Akarsulara Mesafe	25
1.2.11. Göllere Mesafe.....	28
1.3. Analitik Hiyerarşi Yöntemi	30
1.3.1. Karar verme problemi tanımlanması	31
1.3.2. Kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulması	31
1.3.3. Kriterlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi	32
1.3.4. Tutarlılık oranının hesaplanması	33
1.3.5. Her bir kriterlerin her bir karar noktası için yüzde önem dağılımlarının hesaplanması	34
1.3.6. Karar noktalarındaki sonuç dağılımlarının hesaplanması	34
1.4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi.....	35
1.4.1. Karşılaştırma matrisi oluşturma	36
1.4.2. Geometrik ortalama alma	37
1.4.3. Kriterlerin bulanık ağırlıklarının hesaplanması.....	37
1.4.4. Kriterlerin ağırlıklarının normalleştirilmesi	37
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemi	38 ⁱ

2. BULGULAR	38
2.1. Analitik Hiyerarşı Yöntemi Analizi.....	38
2.1.1. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	38
2.1.2. Güneş Enerji Santrali Uygunluk Haritaları	39
2.2. Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi Analizi	42
2.2.1. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	42
2.2.2. Güneş Enerji Santrali Uygunluk Haritaları	43
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	45
4. KAYNAKÇA	52



ÖZET

MARMARA BÖLGESİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN CBS VERİLERİ İLE UYGUN YER KARARI

Dünya genelinde artan nüfus ve gelişmekte olan sanayinin enerji ihtiyacı yeterli olmayan enerji kaynakları ile karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık her geçen gün giderek artmaktadır. Global enerji tüketiminin, 2035 yılına gelindiğinde 1998 yılında harcanan enerjinin iki katı, 2055 yılına gelindiğine ise üç katı olacağı ön görülmektedir. Geleneksel enerji kaynaklarının sonlu kaynaklar olması ve çevre kirliliğine sebebiyet vermesi açısından son yüz yılda Dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları her gün bir önceki gün gibi kalabilen kaynaklar olup bunlar; rüzgâr, jeotermal, biokütle, gel-git, dalga, bitki artıkları, hidro ve güneş gibi kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok tercih edilenlerinden bir tanesi güneş enerjisidir. Uygun alanlara kurulan güneş enerjisi santralleri (GES) ile güneşten yüksek verim elde etmek mümkündür. Gerçekleştirilen bu çalışmada Marmara bölgesi genelinde kurulması planlanan üç adet güneş enerji santrali için mekân analizi gerçekleştirilmiştir. Kurulum yapılacak alanların coğrafi, fiziki ve beşerî koşulları göz önünde bulundurularak analizler gerçekleştirilmiştir. Santral kurumlarında mekân analizi yapılırken klasik ve bulanık mantık uygulamalarından çokça yararlanılmaktadır. Hazırlanan bu çalışmada da eğim, bakı, güneş enerji potansiyeli gibi birden fazla kriter söz konusu olduğundan çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan analitik hiyerarşi proses (AHP) ve bulanık analitik hiyerarşi prosesden (BAHP) faydalanılmıştır. Her iki yöntem birden kullanılarak sonuçların daha sağlıklı değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Öncelikli olarak bölgede yer alan iller için haritalar oluşturulmuş sonrasında AHP ve BAHP için bölge üç bölüme ayrılarak uygun alan analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda AHP ve BAHP yöntemleri ile alınan sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışma boyunca yapılan tüm aşamalar coğrafi bilgi sistemlerinde gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Bulanık Mantık, Çok Kriterli Karar Verme.

ABSTRACT

SUITABLE LOCATION DECISION FOR SOLAR ENERGY POWER PLANT IN MARMARA REGION WITH GIS DATA

The energy needs of the increasing population and developing industry around the world cannot be met with insufficient energy resources, and the gap between energy production and consumption is increasing day by day. It is predicted that global energy consumption will be twice the energy consumed in 1998 by 2035 and three times by 2055. [31] Since traditional energy sources are finite and cause environmental pollution, the world has turned to renewable energy sources in the last hundred years. Renewable energy sources are resources that can remain the same every day as the previous day and include wind, geothermal, biomass, tidal, wave, plant residues, hydro and solar. One of the most preferred renewable energy sources is solar energy. It is possible to obtain high efficiency from the Sun with solar power plants (SPP) installed in suitable areas. In this study, space analysis was carried out for three solar power plants planned to be established throughout the Marmara region. Analyses were carried out taking into account the geographical, physical and human conditions of the areas where installation will be carried out. Classical and fuzzy logic applications are widely used when performing space analysis in power plant institutions. In this study, since there are more than one criteria such as slope, aspect and solar energy potential, analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy analytical hierarchy process (FAHP), which are multi-criteria decision-making methods, were used. It is aimed to evaluate the results more accurately by using both methods. First of all, maps were created for the provinces in the region, and then the region was divided into three parts for AHP and FAHP and appropriate area analysis was carried out. As a result of the analyses, an evaluation was made by comparing the results obtained with the AHP and FAHP methods. All stages throughout the study were carried out in geographic information systems.

Key Words: Geographic Information Systems, Analytical Hierarchy Method
Fuzzy Logic Multi-Criteria Decision Making

SEMBOLLER

kWh/m²: Saatte metre kareye düşen güneş enerjisi miktarı

km² : Kilometre kare

MWe : megawatt elektrik

WGS : World Geodetic System

km : Kilo metre

λ : Temel değer

$\mu_A(x)$: A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Proses
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşı Proses
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CR	Consistency Ration
DEM	Digital Elevation Model
ENHM	Enerji Nakil Hatları Mesafe
GES	: Güneş Enerji Santrali
TMM	Trafo Merkezlerine Mesafe
RI	Random Index
SPP	: Sun Power Planet

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 Edirne Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası	4
Şekil 1. 2 Bursa Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası	4
Şekil 1. 3 Kocaeli Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası	5
Şekil 1. 4 Edirne Eğim Haritası.....	6
Şekil 1. 5 Bursa Eğim Haritası	7
Şekil 1. 6 Kocaeli Eğim Haritası.....	7
Şekil 1. 7 Edirne Bakı Haritası.....	9
Şekil 1. 8 Bursa Bakı Haritası	9
Şekil 1. 9 Kocaeli Bakı Haritası	10
Şekil 1. 10 Edirne TMM Haritası.....	11
Şekil 1. 11 Bursa TMM Haritası	12
Şekil 1. 12 Kocaeli TMM Haritası	12
Şekil 1. 13 Edirne ENH Mesafe Haritası	14
Şekil 1. 14 Bursa ENH Mesafe Haritası.....	14
Şekil 1. 15 Kocaeli ENH Mesafe Haritası.....	15
Şekil 1. 16 Edirne Yükseklik Haritası.....	16
Şekil 1. 17 Bursa Yükseklik Haritası	17
Şekil 1. 18 Kocaeli Yükseklik Haritası	17
Şekil 1. 19 Edirne Karayollarına Mesafe Haritası.....	19
Şekil 1. 20 Bursa Karayollarına Mesafe Haritası	19
Şekil 1. 21 Kocaeli Karayollarına Mesafe Haritası.....	20
Şekil 1. 22 Edirne Demiryollarına Mesafe Haritası	21
Şekil 1. 23 Bursa Demiryollarına Mesafe Haritası	22
Şekil 1. 24 Kocaeli Demiryollarına Mesafe Haritası	22
Şekil 1. 25 Edirne Yerleşim Yerlerine Mesafe Haritası.....	24
Şekil 1. 26 Bursa Yerleşim Yerlerine Mesafe Haritası	24
Şekil 1. 27 Kocaeli Yerleşim Yerlerine Mesafe Haritası	25
Şekil 1. 28 Edirne Akarsulara Mesafe Haritası	26
Şekil 1. 29 Bursa Akarsulara Mesafe Haritası	27
Şekil 1. 30 Kocaeli Akarsulara Mesafe Haritası	27
Şekil 1. 31 Edirne Göllere Mesafe Haritası.....	29
Şekil 1. 32 Bursa Göllere Mesafe Haritası	29
Şekil 1. 33 Kocaeli Göllere Mesafe Haritası.....	30

Şekil 2. 1 AHP Trakya Bölümü Uygunluk Haritası.....	40
Şekil 2. 2 AHP Güney Marmara Bölümü Uygunluk Haritası.....	41
Şekil 2. 3 AHP Kocaeli Uygunluk Haritası.....	41
Şekil 2. 4 ArcGIS BAHP Ekran Resmi-1	42
Şekil 2. 5 ArcGIS BAHP Ekran Resmi-2	43
Şekil 2. 6 BAHP Trakya Bölümü Uygunluk Haritası	44
Şekil 2. 7 BAHP Güney Marmara Uygunluk Haritası	44
Şekil 2. 8 BAHP Güney Marmara Uygunluk Haritası	45
Şekil 3. 1 AHP İpsala Uygunluk Haritası	47
Şekil 3. 2 AHP Bigadiç Uygunluk Haritası.....	47
Şekil 3. 3 AHP Edremit Uygunluk Haritası	48
Şekil 3. 4 AHP Karacabey Uygunluk Haritası.....	48
Şekil 3. 5 AHP Savaştepe Uygunluk Haritası	49
Şekil 3. 6 BAHP İpsala Uygunluk Haritası.....	49
Şekil 3. 7 BAHP Bigadiç Uygunluk Haritası.....	50
Şekil 3. 8 BAHP Edremit Uygunluk Haritası	50
Şekil 3. 9 BAHP Karacabey Uygunluk Haritası	51
Şekil 3. 10 BAHP Savaştepe Uygunluk Haritası	51

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. 1 Güneş enerjisi potansiyeli sınıflandırması	3
Tablo 1. 2 Eğim verisi sınıflandırması	6
Tablo 1. 3 Bakı verisi sınıflandırması	8
Tablo 1. 4 TMM verisi sınıflandırması	11
Tablo 1. 5 ENHM verisi sınıflandırması	13
Tablo 1. 6 Yükseklik veri sınıflandırması	16
Tablo 1. 7 Karayollarına mesafe verisi sınıflandırma	18
Tablo 1. 8 Demiryollarına mesafe verisi sınıflandırma.....	21
Tablo 1. 9 Yerleşim alanlarına mesafe verisi sınıflandırma.....	23
Tablo 1. 10 Akarsulara mesafe verisi sınıflandırma	26
Tablo 1. 11 Göllere mesafe verisi sınıflandırma	28
Tablo 1. 12 Önem skalası.....	32
Tablo 1. 13 Rassallık indeksi	34
Tablo 1. 14 Kriter önem dereceleri	36
Tablo 2. 1 Karşılaştırma matrisi	39
Tablo 2. 2 Kriterlere ait ağırlıklar	39

GİRİŞ

Son yıllarda, küresel olarak enerji ihtiyacı, teknolojiadaki hızlı gelişmeler ve nüfus artışı gibi faktörler nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Türkiye'nin enerji ihtiyacı da çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Ancak, bu tüketim çevreye ciddi zararlar verirken, fosil yakıtların sınırlı kaynaklar olduğu gerçeği, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Ayrıca, fosil yakıtlar bakımından Türkiye'nin zengin kaynaklara sahip bir ülke olmadığı gerçeği göz önüne alındığında bu durum önemli maddi giderleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, daha uygun maliyetli, çevre dostu ve sonsuz bir kaynak olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle, güneş enerjisi son yıllarda dünya genelinde hızla yaygınlaşmaktadır. Türkiye, orta kuşak iklimine sahip bir ülke olarak güneş enerjisi kapasitesi açısından oldukça avantajlıdır. Yıllık 2.741 saat güneşlenme süresi ile 1.527,46 kWh/m² güneş enerji kapasitesine sahip olan Türkiye, güneş enerjisi kullanımında büyük bir kapasiteye sahiptir.[1]

Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi kapasitesini kullanmak için güneş enerji santralleri'ne (GES) ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, kurulacak GES'lerin maksimum verim alınabilecek şekilde kurulması gerekmektedir. Aksi takdirde, maliyet etkin olmayacaklardır. Bu nedenle, santral kurulacak bölgenin doğru şekilde analiz edilerek en uygun alanın tespit edilmesi son derece önemlidir.

Gerçekleştirilen bu çalışma da Marmara bölgesinde kurulması planlanan üç farklı santral için en uygun mekân analizi yapılması amaçlanmıştır. Bunun için coğrafi bilgi sisteminden (CBS) faydalanılmıştır. Santral kurulumu için yapılan literatür çalışması sonucunda diğer çalışmalar örnek alınarak eğim, bakı, enerji nakil hatlarına mesafe gibi önem arz eden on bir farklı kriter belirlenmiştir. Tüm kriterler için öncelikle bölgede bulunan on bir için CBS'den yararlanılarak mesafe ve sayısal yükseklik haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra Marmara bölgesi üç ana bölgeye ayrılarak kriterlere göre uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz için yine CBS'den faydalanılırken kriterler arasında önceliklendirme işlemi için klasik ve bulanık mantık yöntemlerinden faydalanılmıştır. Analitik hiyerarşi yöntemi ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile ayrı ayrı karar verme işlemi gerçekleştirilmiş ve sonrasında analizler birbirleri ve bir önceki aşamada yapılan mesafe ve yükseklik haritaları ile karşılaştırılmıştır.[9]

1. YÖNTEM

Gerçekleştirilen çalışmada karar verme aşamasında analitik hiyerarşi ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemleri kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yardımı ile Marmara bölgesinde yer alan on bir il için belirlenen kriterlere ait haritalar oluşturulmuş sonrasında bölge üç ana bölüme ayrılarak kurulacak üç farklı GES için uygun mekân analizi gerçekleştirilmiştir.

1.1.Çalışma Alanı

Hazırlanan bu çalışmada alan olarak Marmara bölgesi seçilmiştir. Marmara bölgesi 24.899.126 kişilik nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık bölgesini oluşturmaktadır. [26] Marmara bölgesi yaklaşık olarak 26° ve 30° doğu boylamları ve 40° 46' ve 39° 6' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Bölge yaklaşık olarak 67.000 km² yüz ölçümüne sahiptir. [16] [17] [18] [19] [22]

Bölgede çeşitli firmalar ve devlet kuruluşlarına ait İstanbul'da 3.453 MWe, Edirne'de 212 MWe, Tekirdağ'da 1.415 MWe, Kırklareli'de 1.876 MWe, Kocaeli'de 2.099 MWe, Yalova'da 422 MWe, Bilecik'te 286 MWe, Sakarya'da 2.847 MWe, Bursa'da 2.906 MWe, Balıkesir'de 3.184 MWe, Çanakkale'de 4.563 MWe kurulu gücüne sahip GES bulunmaktadır. [30]

1.2.Değişkenlerin Belirlenmesi

Bu analiz, Türkiye'nin en yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş bölgelerinden biri olan ve aynı zamanda ülkenin kuzeyinde yer alan bir bölgeyi kapsamaktadır. Analiz için, nüfus, çevre ve coğrafi koşullar gibi kriterler belirlenmiş ve önceki çalışmalar referans alınarak seçilmiştir.[4] [9]

Haritalar Genel Müdürlüğü ve çeşitli web sitelerinden elde edilen veriler, ArcGIS programı kullanılarak WGS_1984, N36 koordinat sistemi ve 30 metre çözünürlükte haritalar şeklinde elde edilmiştir.[18] [10] [11] ArcGIS programında, iller için belirlenen kriterler arasında yer alan mesafe haritaları, öklid mesafe kuralına göre oluşturulmuştur. Eğim, bakı, güneş enerjisi kapasitesi haritaları, 30 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik verileri (Digital Elevation Model, DEM) kullanılarak oluşturulmuştur. Analiz için belirlenen koşullar aşağıda belirtilmiştir. Her il için tüm kriterlerin haritaları oluşturulmuş ve Edirne iline ait örnek analiz çalışmaları eklenmiştir.

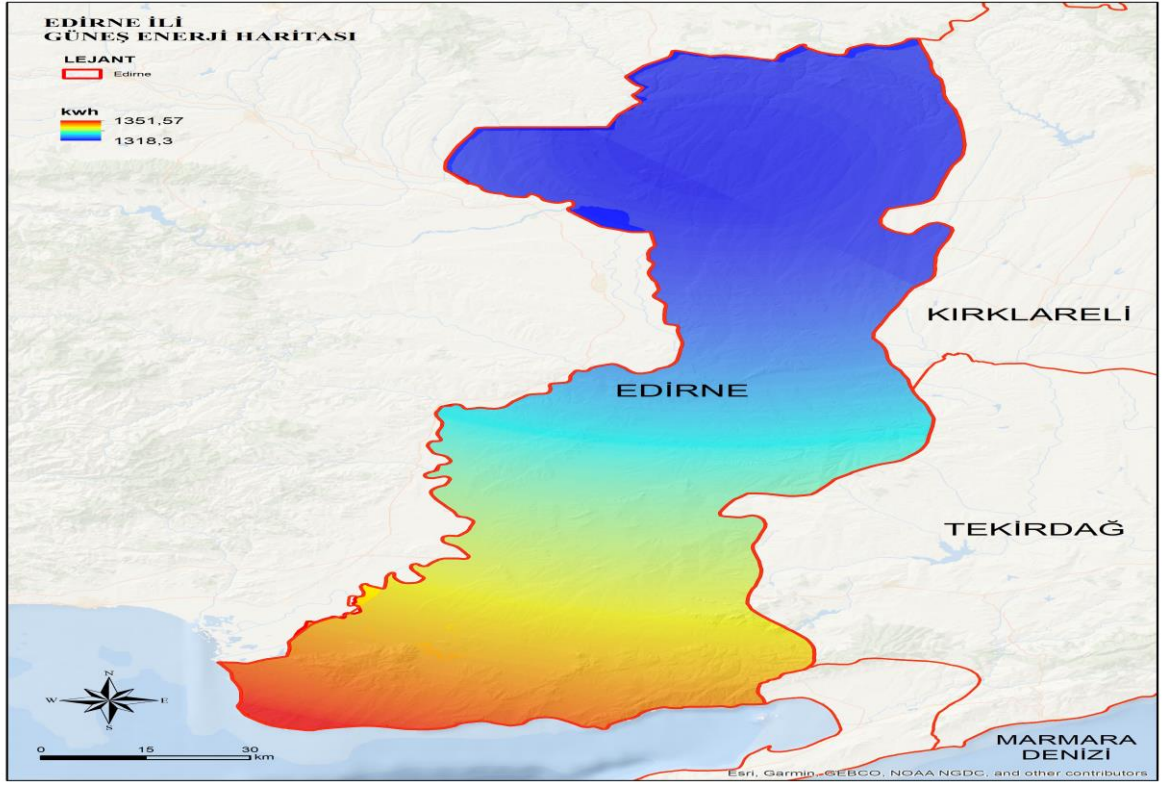
1.2.1. Güneş Enerji Kapasitesi

Güneş enerji kapasitesi santral kurulumu için en önemli değişkenlerden biridir. Marmara Bölgesi, Türkiye'nin orta ve güney bölgelerine göre güneş enerjisi kapasitesi açısından daha düşük olmasına rağmen önemli bir kapasiteye sahiptir. Bölge, yıllık 2409 saat güneşlenme süresi ve 1168 kWh/m² güneş enerjisi kapasitesi ile oldukça verimli bir bölgedir.[14] Bu değerler, Federal Almanya'nın 2019 yılında güneş enerjisini kullanarak, güneş ışıyım şiddeti yıllık 1.100 kWh/m² ve toplam güneşlenme süresi 1.600 saat ile Türkiye'nin toplam enerji üretiminden 6 kat fazla enerji ürettiği düşünüldüğünde oldukça iyi değerlerdir.[2]

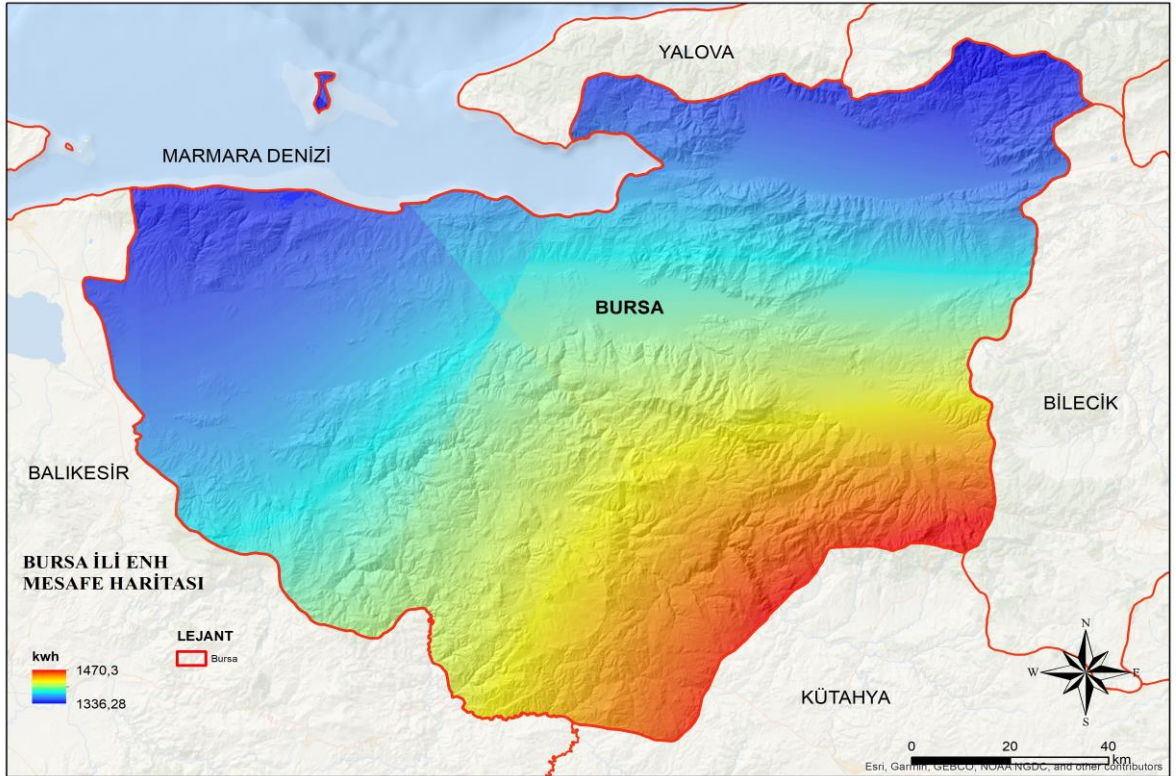
Watt.saat/metre-kare (Wh/m²) biriminden güneş enerji kapasitesi haritaları coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile Marmara Bölgesinde tüm iller için güneş enerji kapasitesi verileri oluşturulmuştur. Tablo 1.1'de belirtilen radyasyon aralıkları kullanılarak aralıklara 1-5 arasında değerler verilmiş ve puanlama yapılmıştır. Örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait güneş enerji kapasitesi haritaları Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te yer almaktadır.

Tablo 1. 1 Güneş enerjisi potansiyeli sınıflandırması

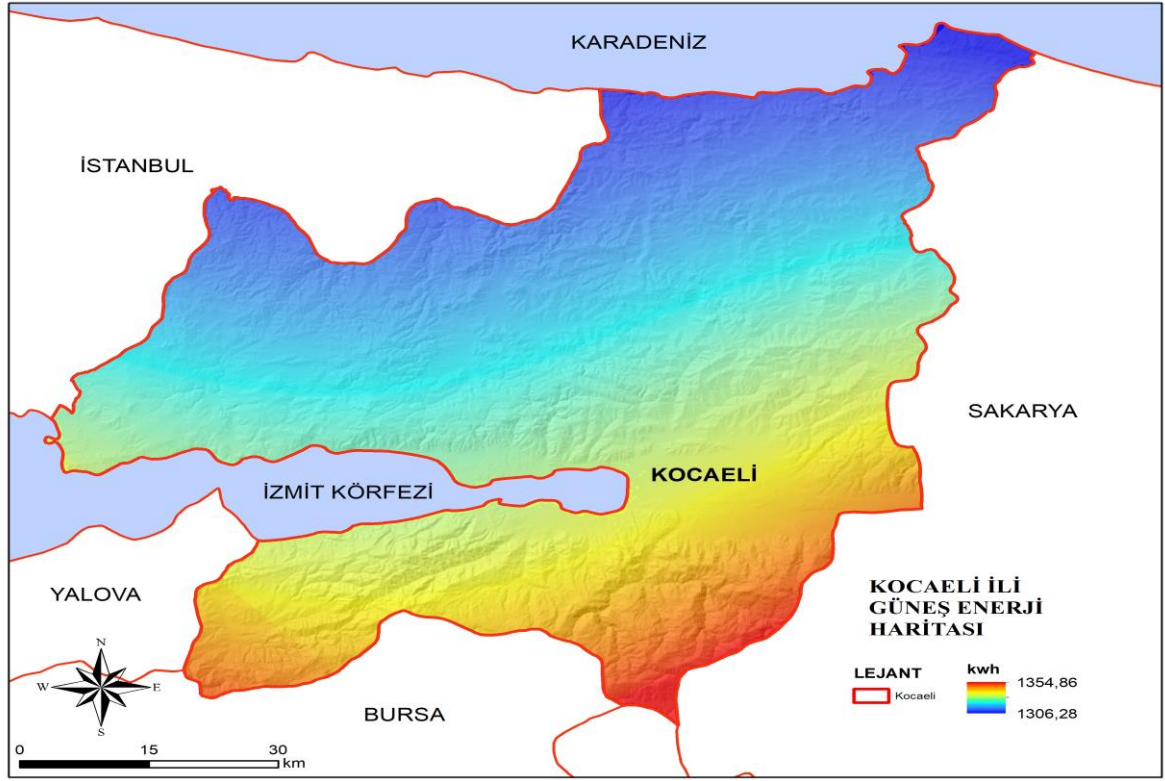
Solar	Uygunluk Puanı
760-1300	1
1300-1400	2
1400-1500	3
1500-1600	4
>1600	5



Şekil 1. 1 Edirne Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası



Şekil 1. 2 Bursa Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası



Şekil 1. 3 Kocaeli Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası

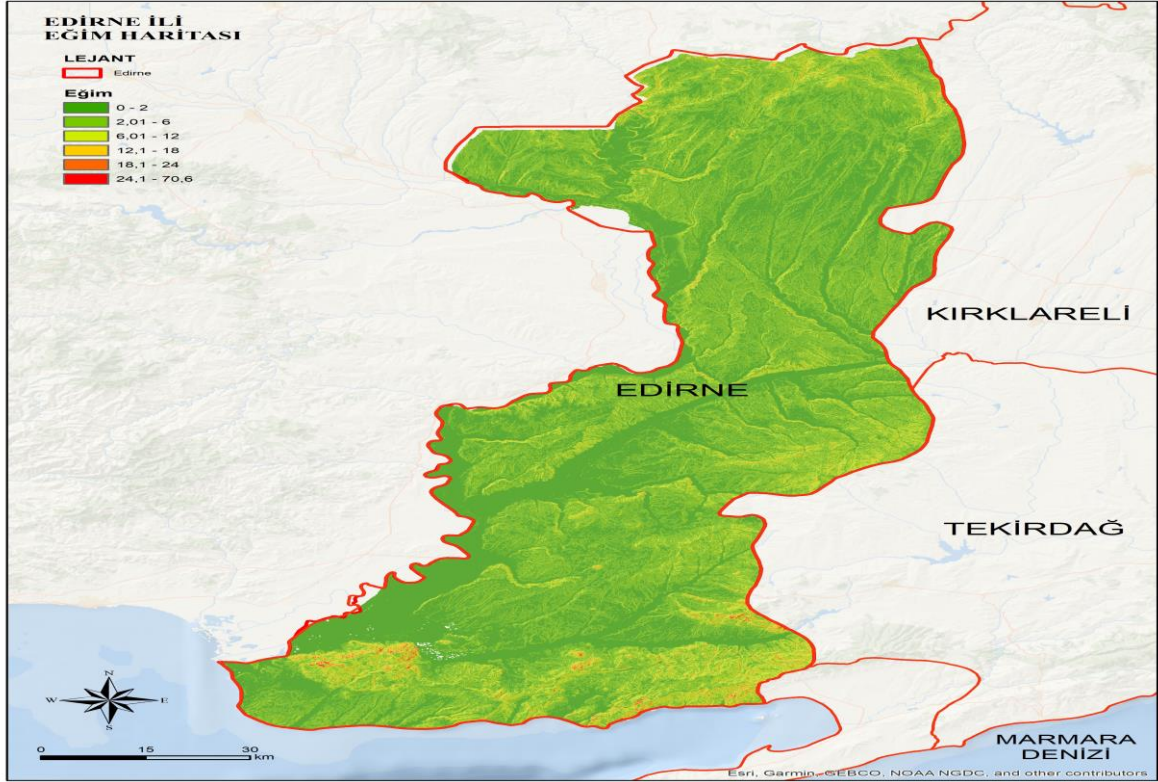
1.2.2. Eğim

Güneş Enerjisi Santrallerinin kurulumunda bir diğer önemli değişken de eğim değişkenidir. Eğim oranı %11 ve üzeri olan bölgeler genel olarak uygunsuz kabul edilirken, uygun olarak kabul gören bölgeler ise %4 ve altıdır. Eğimli bölgeler panellerin birbirlerine gölge oluşturmalarına sebebiyet verip verimliliği azaltmasının yanında eğimli alanlara santral kurulumu da maliyet etkinlik açısından verimli olmayacaktır.[21]

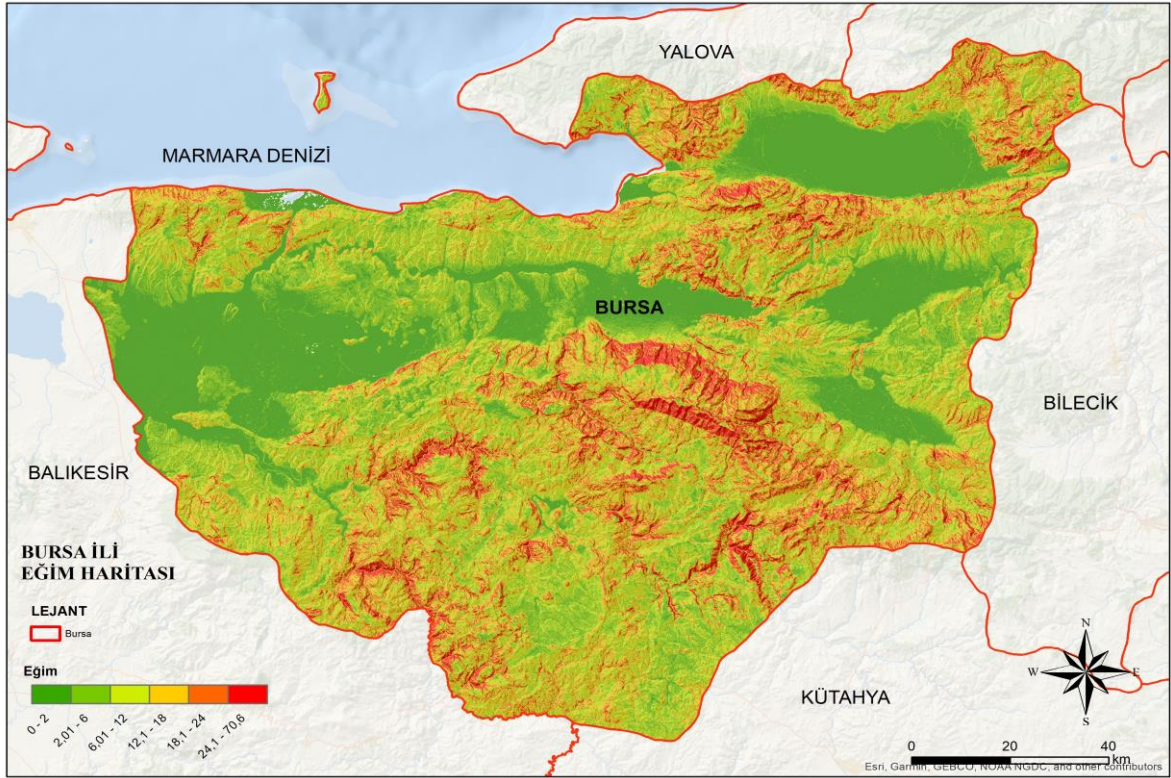
Sayısal yükseklik verisi kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile Marmara Bölgesinde tüm iller için eğim verisi oluşturulmuştur.[10] Veri oluşturulurken eğim derece türünden değerlendirmeye alınmıştır. Derecelere Tablo 1.2’de gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. 20 ve üzeri değerlendirme dışı bırakılmıştır. Örneklem amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait eğim haritaları Şekil 2.4, Şekil 2.5, Şekil 2.6’da görülmektedir.[4]

Tablo 1. 2 Eğim verisi sınıflandırması

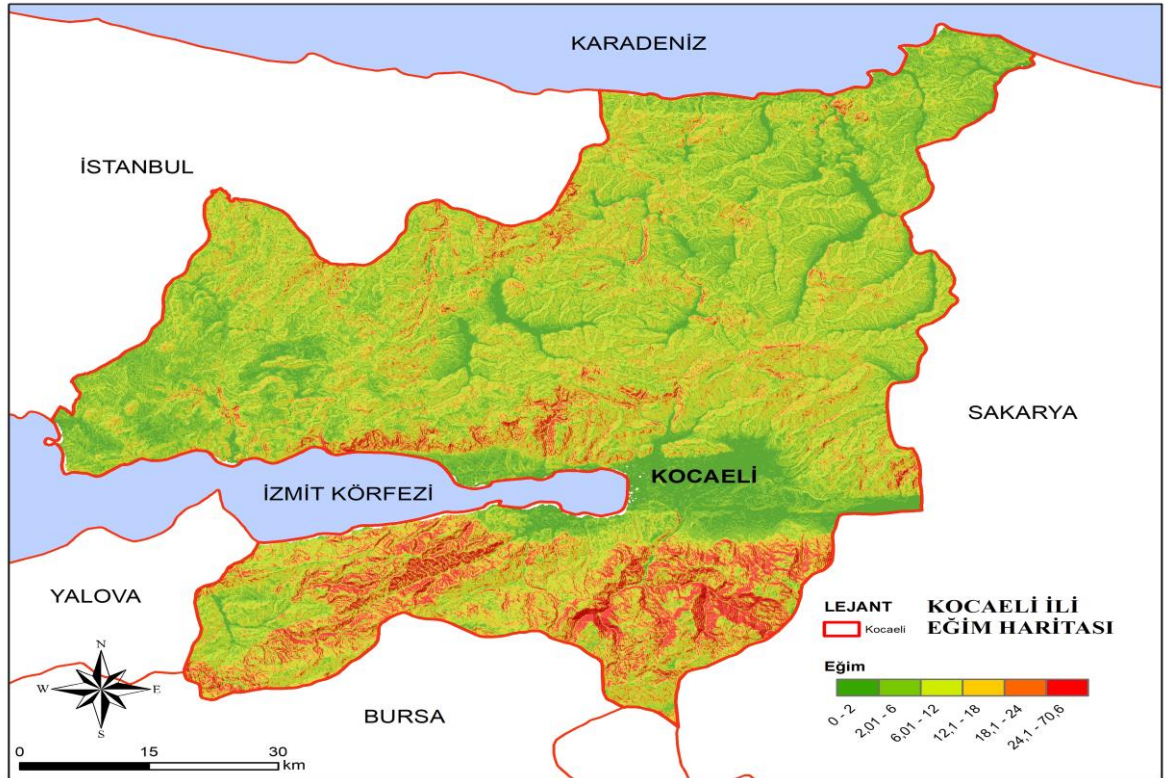
Eğim	Uygunluk Puanı
0-1	5
1-3	4
3-5	3
5-10	2
10-20	1
>20	0



Şekil 1. 4 Edirne Eğim Haritası



Şekil 1. 5 Bursa Eğim Haritası



Şekil 1. 6 Kocaeli Eğim Haritası

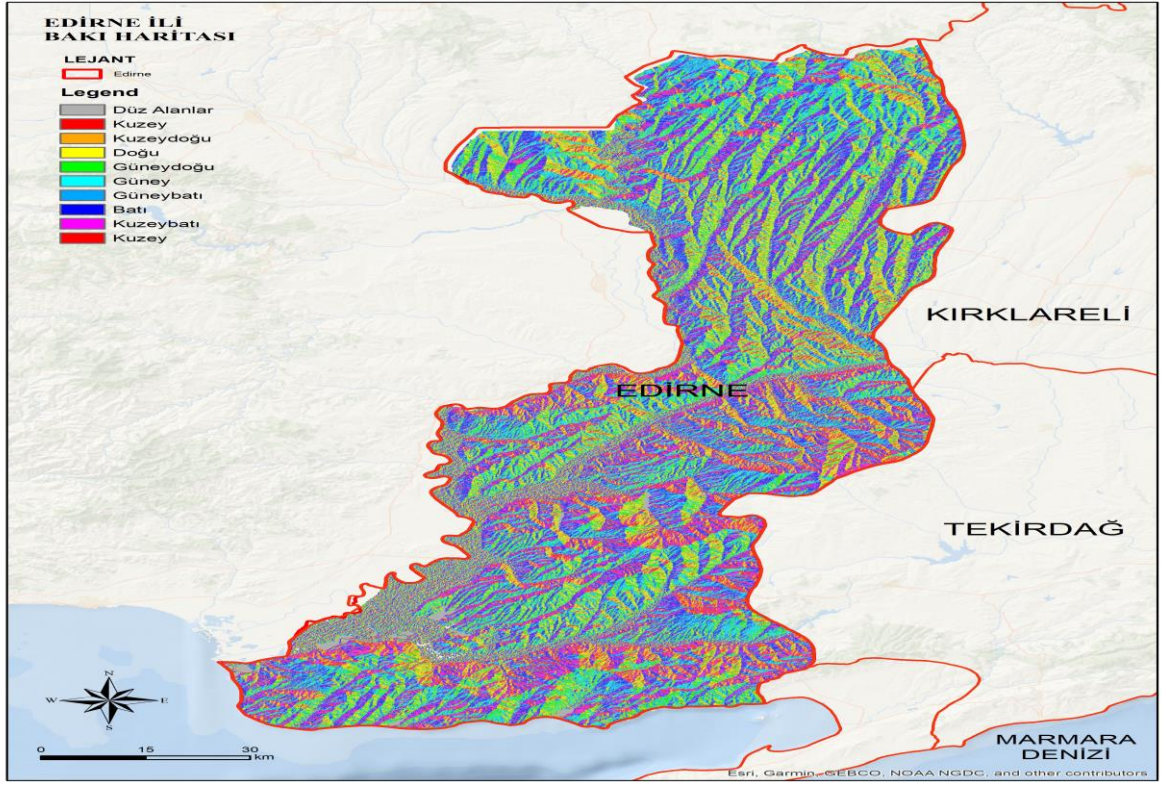
1.2.3. Bakı

Santral kurulumlarında gölge oluşturacak yükseltilerin var olmadığı doğu, batı ve güney yönleri arasında bölge seçimi yapılmalıdır. Bu bölgeler içinden de bakı yönü güney olan düz alanlar tercih edilmelidir. Kuzeye bakan bölgeler tercih edilmeyecek alanlardır.[4]

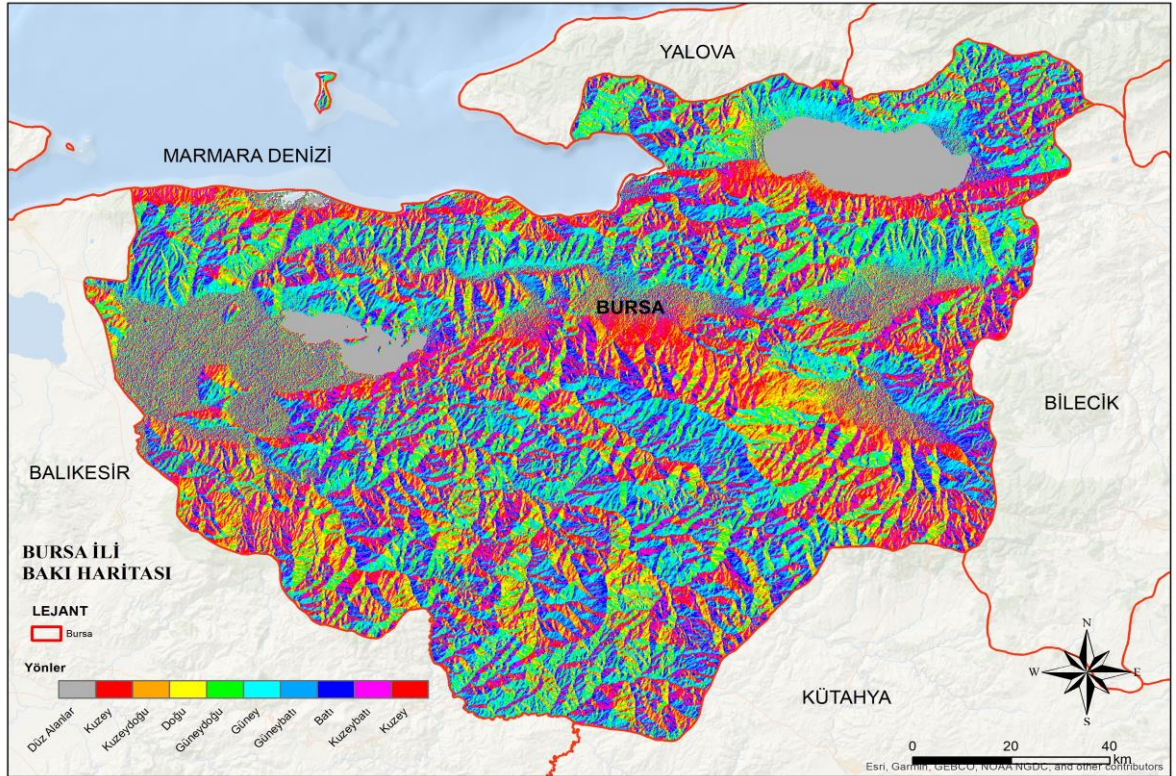
Sayısal yükseklik verisi kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile Marmara Bölgesinde tüm iller için bakı verisi oluşturulmuştur.[10] Veri oluşturulurken bakı coğrafi yönler olarak değerlendirmeye alınmıştır. Yönler Tablo 1.3'te gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Kuzey yönleri sınıflama dışı bırakılırken güney düz alanlara en yüksek puan verilmiştir. Örneklem amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait bakı haritaları Şekil 2.7, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da yer almaktadır.

Tablo 1. 3 Bakı verisi sınıflandırması

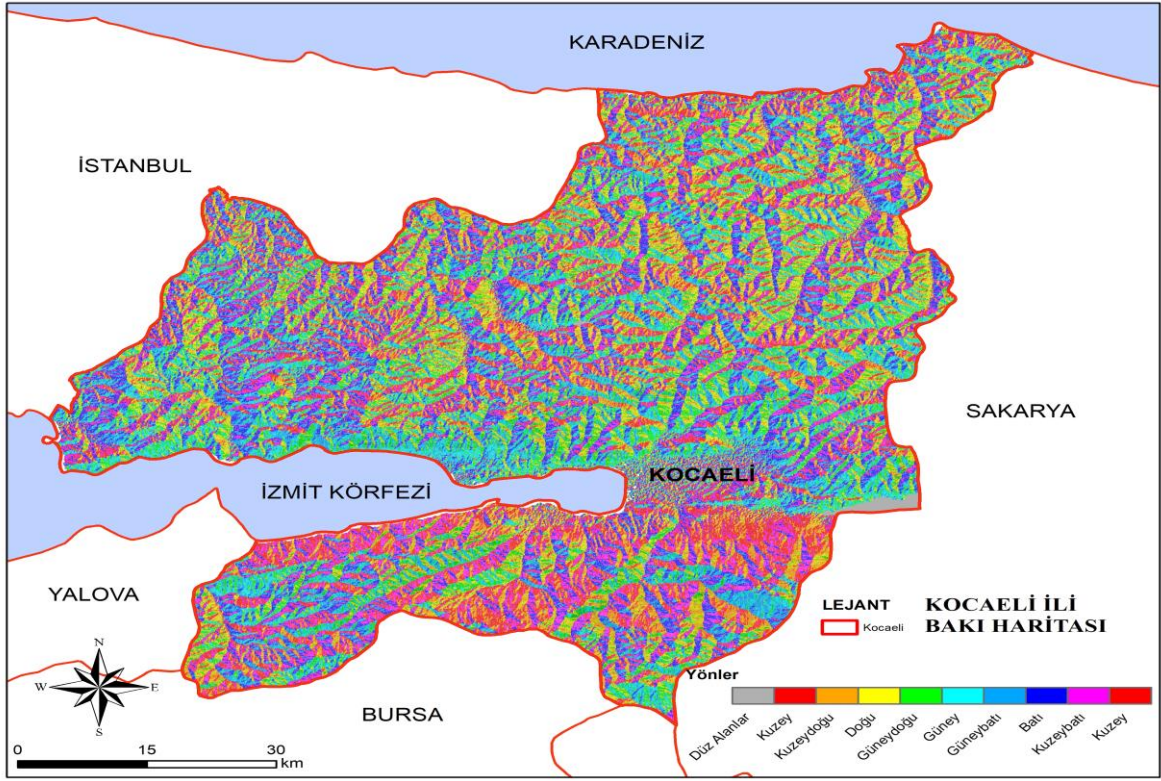
Bakı	Uygunluk Puanı
Kuzeybatı, Kuzey, Kuzeydoğu	0
Doğu	1
Batı	2
Güneydoğu, Güneybatı	4
Güney, Düz Alanlar	5



Şekil 1. 7 Edirne Bakı Haritası



Şekil 1. 8 Bursa Bakı Haritası



Şekil 1. 9 Kocaeli Bakı Haritası

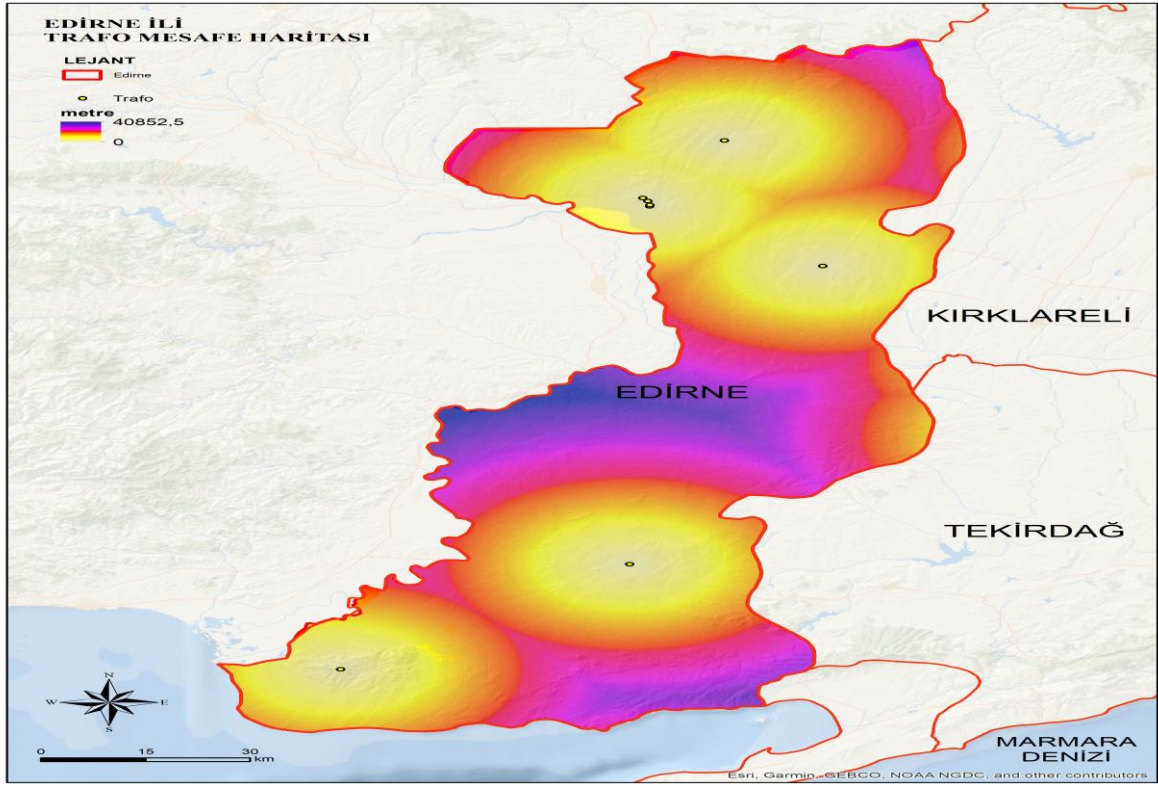
1.2.4. Trafo Merkezlerine Mesafe

Güneş enerji santrallerinin kurulumu sırasında düşünülmesi gereken bir diğer konu üretilen enerjinin trafo merkezlerine iletilmesidir. Maliyet etkin bir çalışma ve enerji iletiminde kayıpların az olması için kurulan santralin bölgede bulunan trafo merkezlerine yakın mesafede olması gerekmektedir. Yapılan literatür taramasına göre ulusal şebeke ağına 10 km'den uzak mesafe santraller genellikle tercih edilmemektedir.[8]

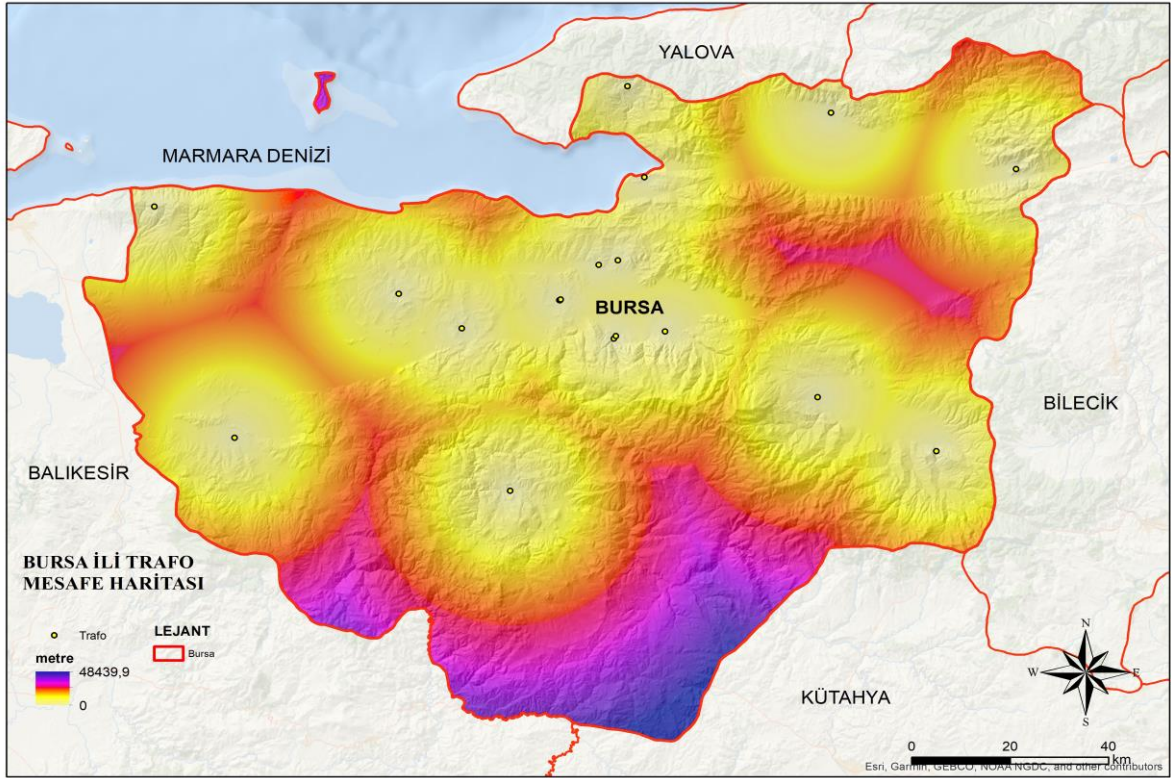
Trafo merkezlerine mesafe (TMM) haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Trafo merkezlerine mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo 1.4'te gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait ait trafo merkezlerine mesafe haritaları Şekil 2.10, Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de yer almaktadır.

Tablo 1. 4 TMM verisi sınıflandırması

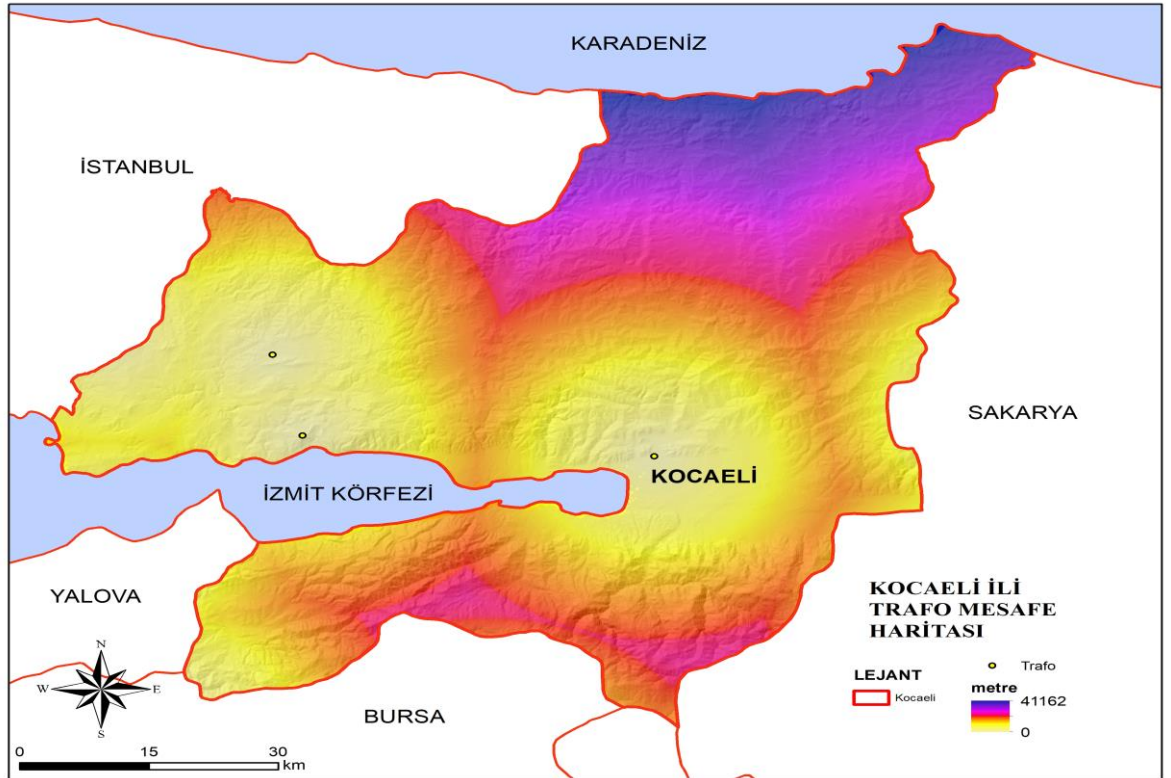
Trafo Merkezlerine Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-5000	5
5000-10000	4
10000-20000	3
20000-30000	2
>30000	1



Şekil 1. 10 Edirne TMM Haritası



Şekil 1. 11 Bursa TMM Haritası



Şekil 1. 12 Kocaeli TMM Haritası

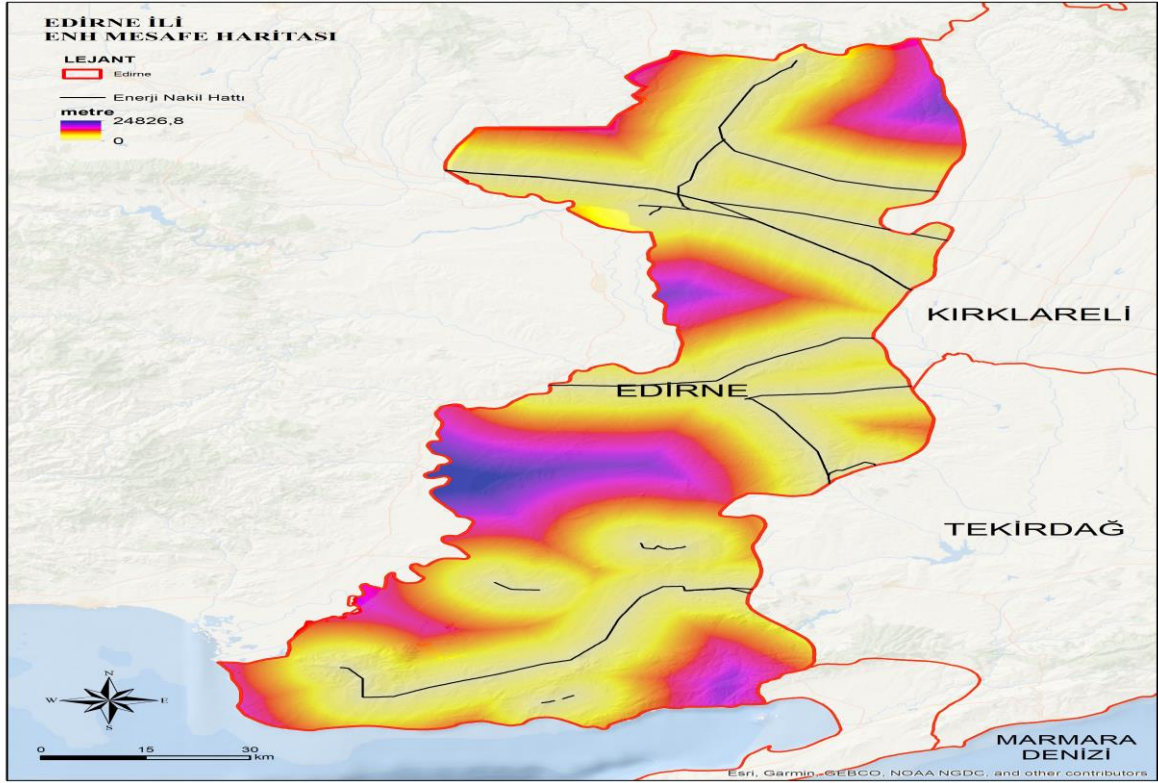
1.2.5. Enerji Nakil Hatlarına Mesafe

Güneş enerjisi santral kurulumlarında enerji nakil hatlarına (EHN) olan mesafe oldukça önemlidir. Enerjinin toplama merkezleri sırasında enerji nakil hatları kullanılacağından iletim esnasında enerji kayıpları ve maliyetin olabildiğince aza indirgenmesi gerektiğinden santralin bulunduğu bölgenin enerji nakil hatlarının bulunduğu bölgelerde öncelikli olarak kurulmasının planlanıyor olması önem arz etmektedir.[8]

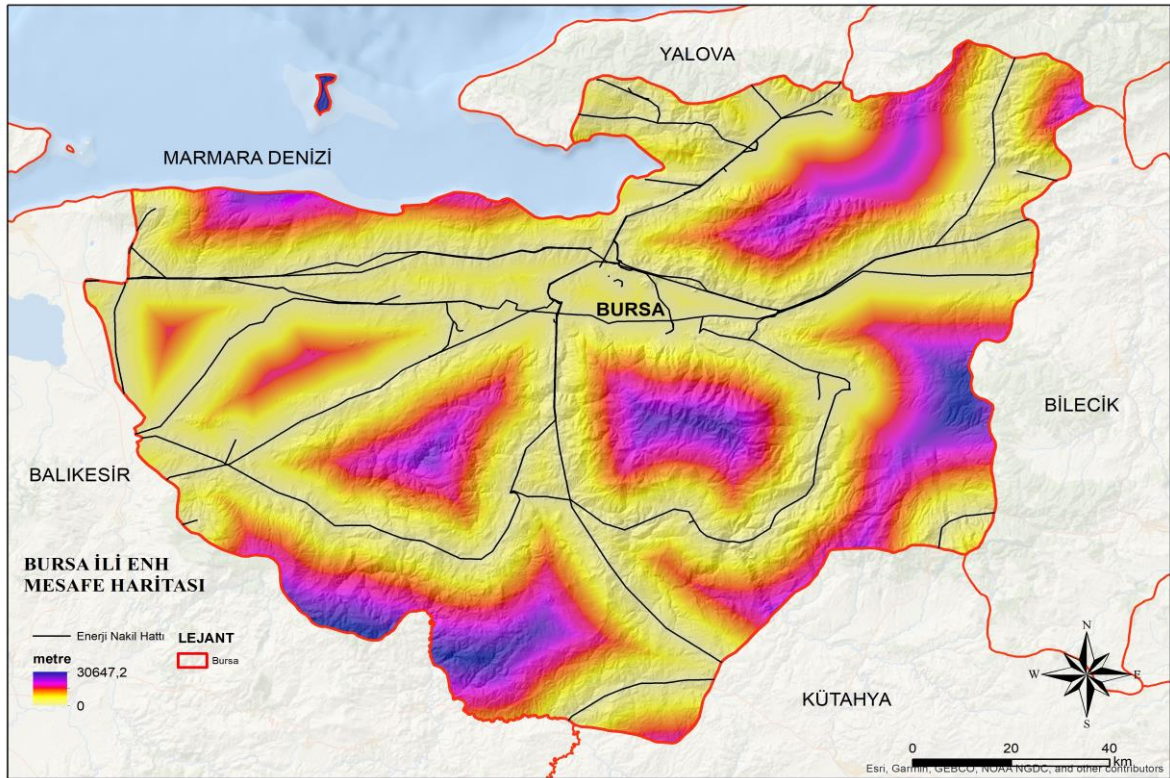
Enerji nakil hatlarına mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Enerji nakil hatlarına mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo1.5'te gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait ait enerji nakil hatlarına mesafe haritaları Şekil 2.13, Şekil 2.14 ve Şekil 2.15'te yer almaktadır.

Tablo 1. 5 ENHM verisi sınıflandırması

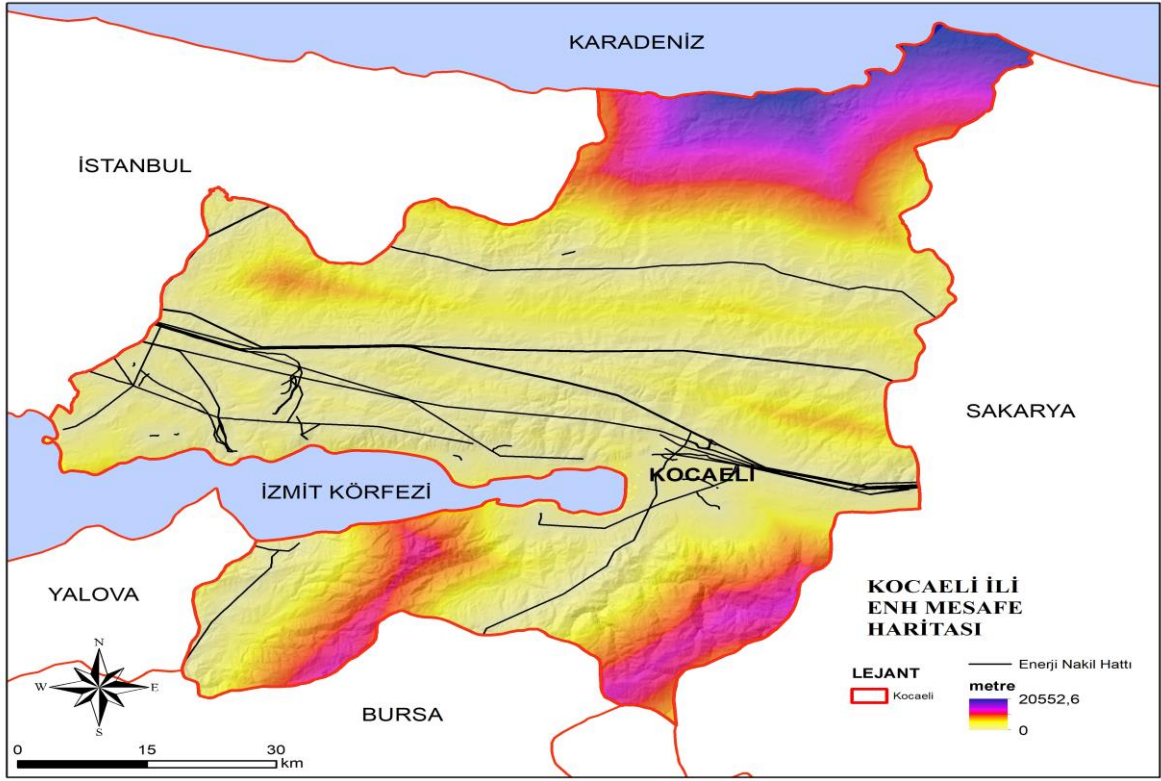
ENHM (m)	Uygunluk Puanı
0-3000	5
3000-6000	4
6000-10000	3
10000-20000	2
>20000	1



Şekil 1. 13 Edirne ENH Mesafe Haritası



Şekil 1. 14 Bursa ENH Mesafe Haritası



Şekil 1. 15 Kocaeli ENH Mesafe Haritası

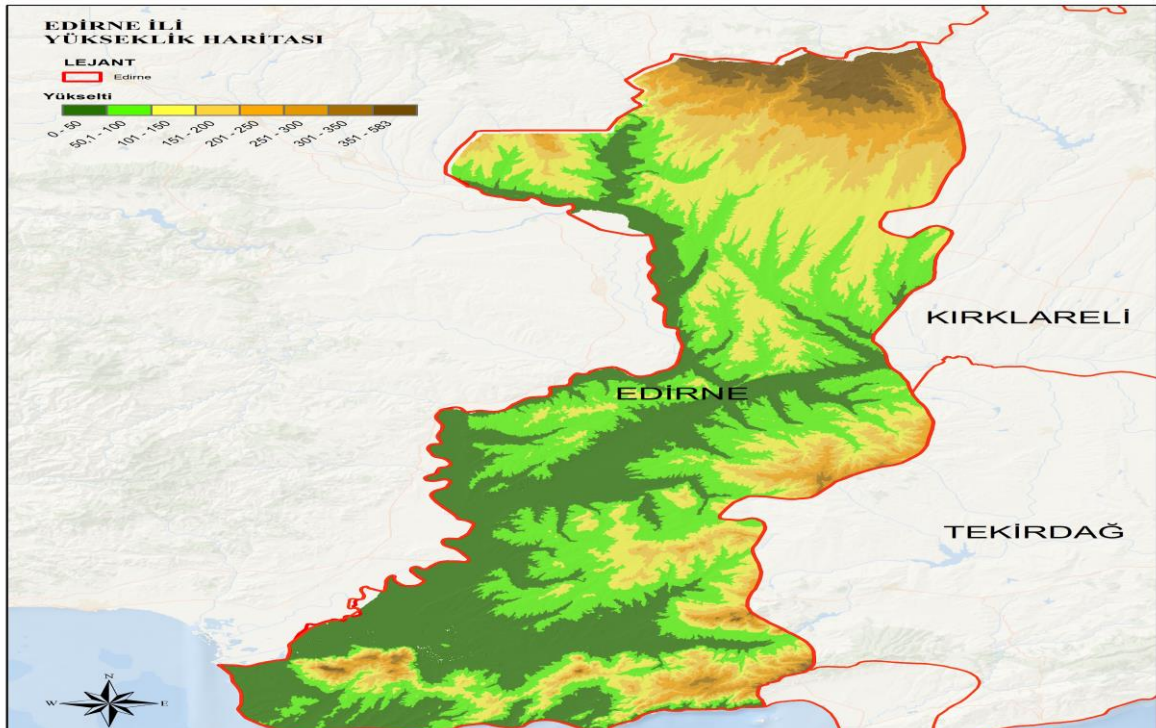
1.2.6. Yükseklik

Kurulması planlanan güneş enerji santralleri kurulum alanları belirlenirken uygun yüksekliğe kurulmasına dikkat edilmelidir. 2000 m’den yüksek alanlarda santrallerin ömrü kısılırken, nemin ve sıcaklığın azalmasından dolayı orta yükseklikteki alanlarda deniz seviyesine göre santrallerin ömrü daha uzun olmaktadır.[1]

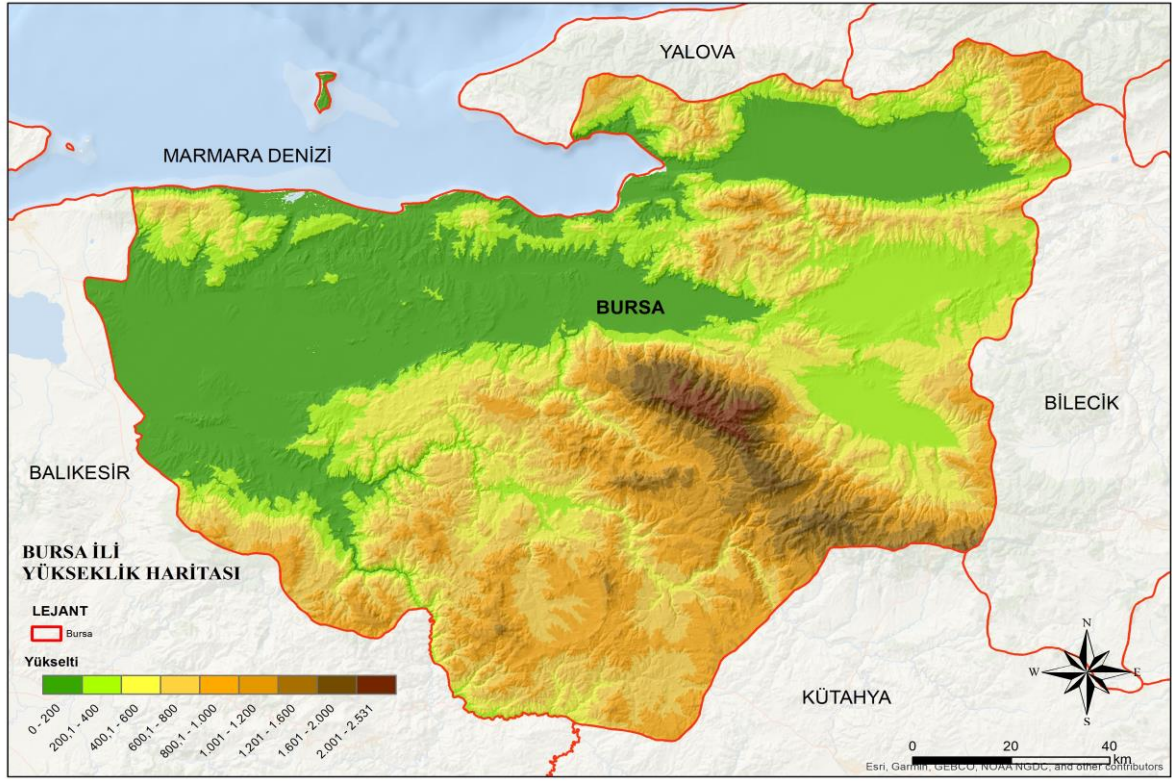
Sayısal yükseklik verisi kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için yükseklik verisi oluşturulmuştur. Yükseklik verileri oluşturulurken metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Yükseltilere Tablo 1.6’da gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Örneklem amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait yükseklik haritası Şekil 2.16, Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’de yer almaktadır. [10]

Tablo 1. 6 Yükseklik veri sınıflandırması

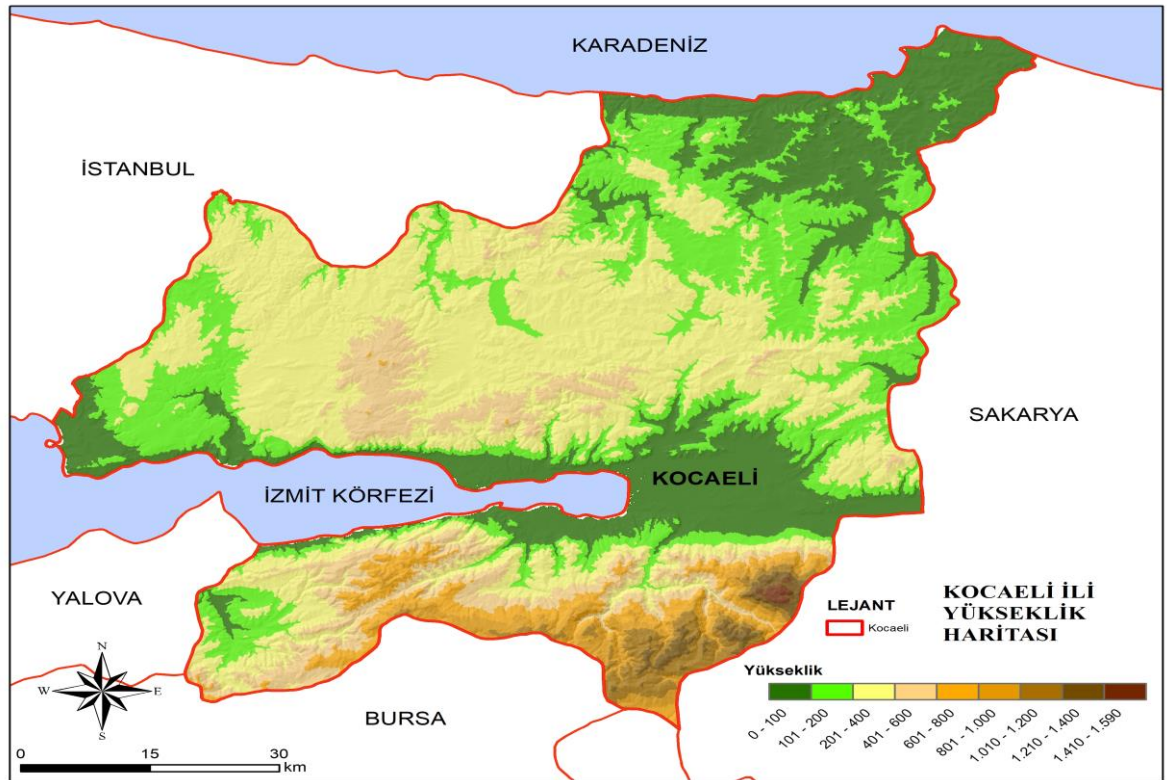
Yükseklik (m)	Uygunluk Puanı
0-200	5
200-400	4
400-600	3
600-1000	2
>1000	1



Şekil 1. 16 Edirne Yükseklik Haritası



Şekil 1. 17 Bursa Yükseklik Haritası



Şekil 1. 18 Kocaeli Yükseklik Haritası

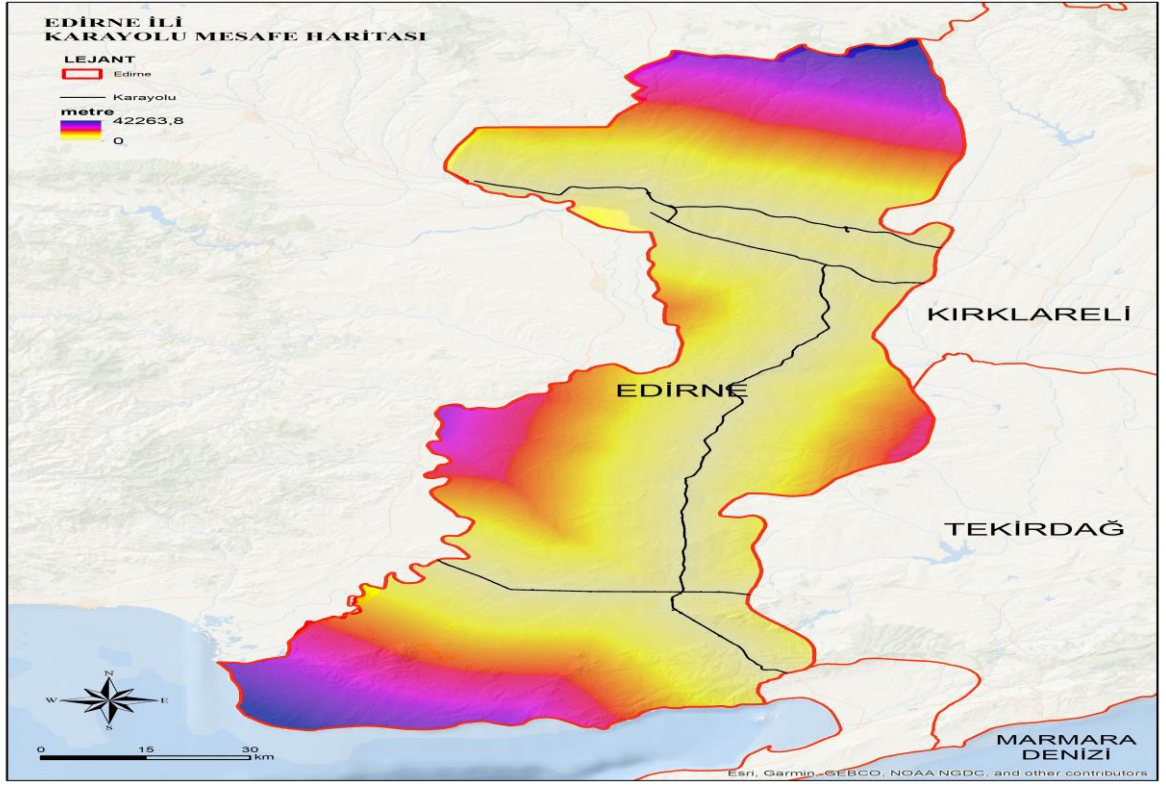
1.2.7. Kara Yollarına Mesafe

Kurulması planlanan güneş enerji santrallerinin karayollarına yakın mesafede olması santrale olan ulaşım açısından önemli bir değişken olmakla birlikte 100 metreden yakın mesafeler santral kurulumlarında tercih edilmemektedir. Bunun sebebi hem güvenlik hem de karayolunu kullanan araçlardan çıkan zararlı atıkların güneş enerji panellerine zarar verebilecek olmasıdır. [9]

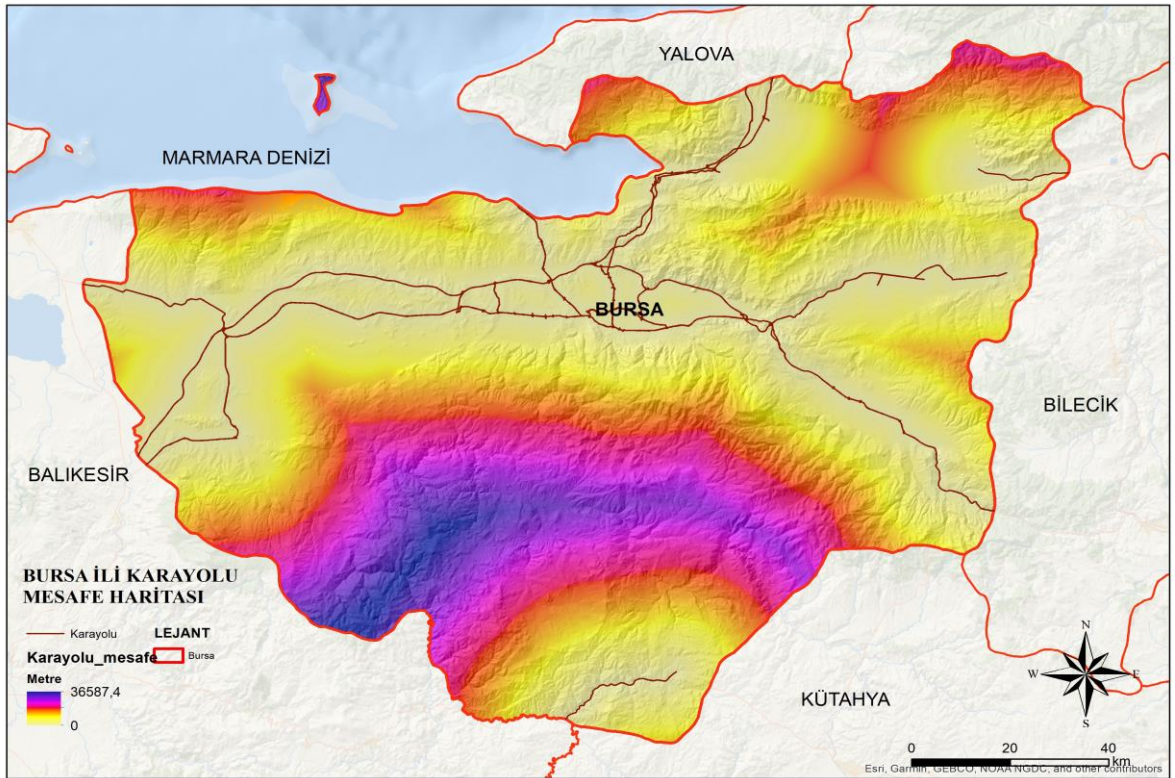
Karayollarına mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Karayollarına mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo1.7’de gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait enerji karayollarına mesafe haritası Şekil 2.19, Şekil 2.20, Şekil 2.21’de yer almaktadır.

Tablo 1. 7 Karayollarına mesafe verisi sınıflandırma

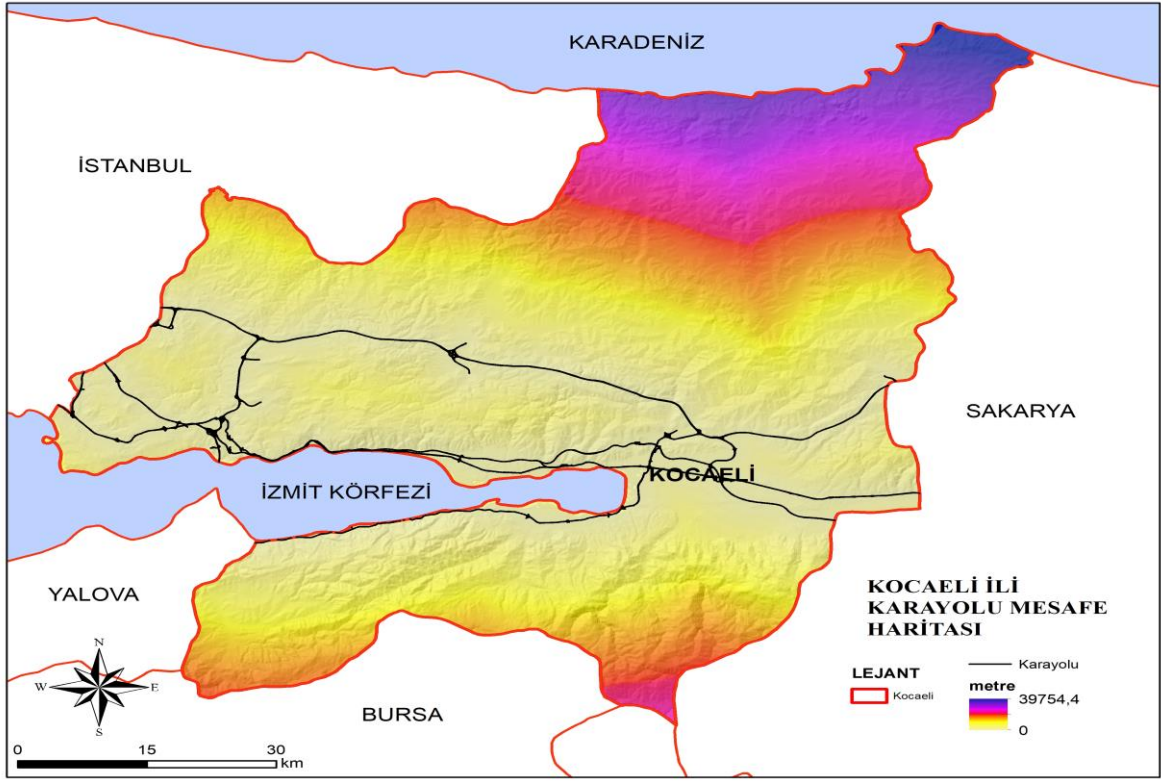
Yol Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-100	0
100-2000	5
2000-4000	4
4000-6000	3
6000-8000	2
>8000	1



Şekil 1. 19 Edirne Karayollarına Mesafe Haritası



Şekil 1. 20 Bursa Karayollarına Mesafe Haritası



Şekil 1. 21 Kocaeli Karayollarına Mesafe Haritası

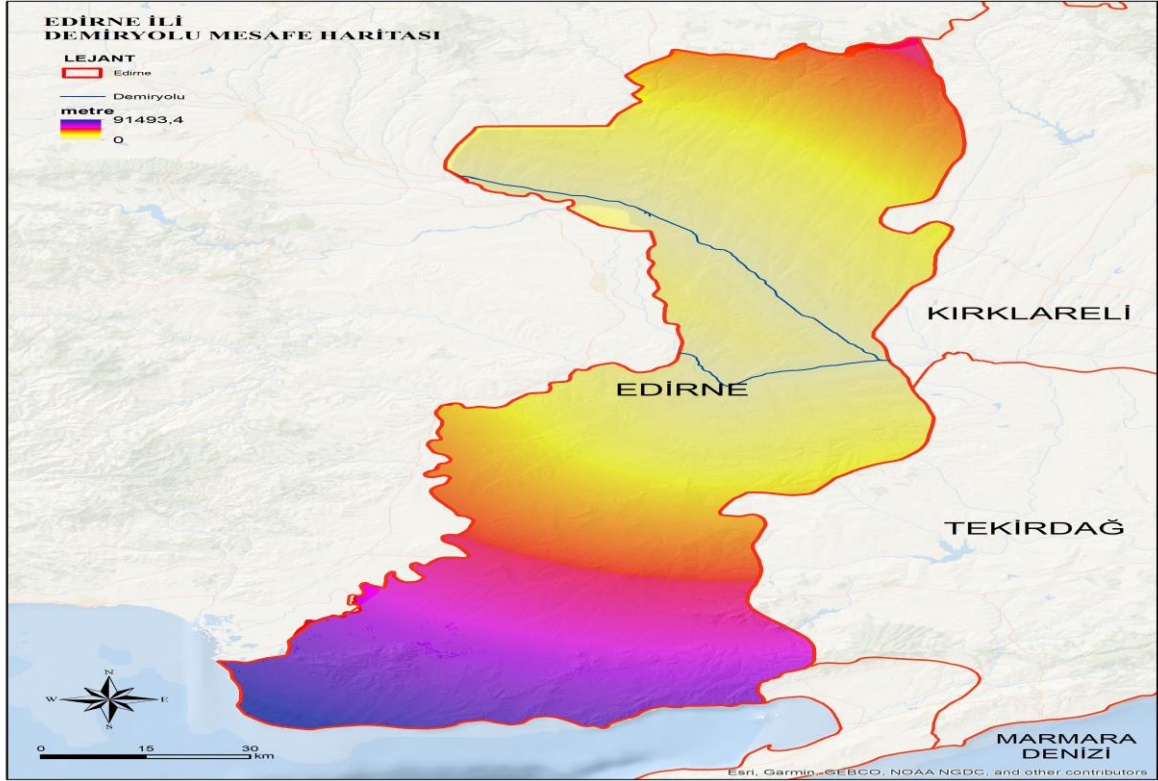
1.2.8. Demir Yollarına Mesafe

Kurulması planlanan güneş enerji santrallerinin demiryollarına yakın mesafede olması santrale olan ulaşım açısından önemli bir değişken olmakla birlikte 100 metreden yakın mesafeler santral kurulumlarında tercih edilmemektedir. Bunun sebebi hem güvenlik hem de demiryolundan çıkan zararlı atıkların güneş enerji panellerine zarar verebilecek olmasıdır. [9]

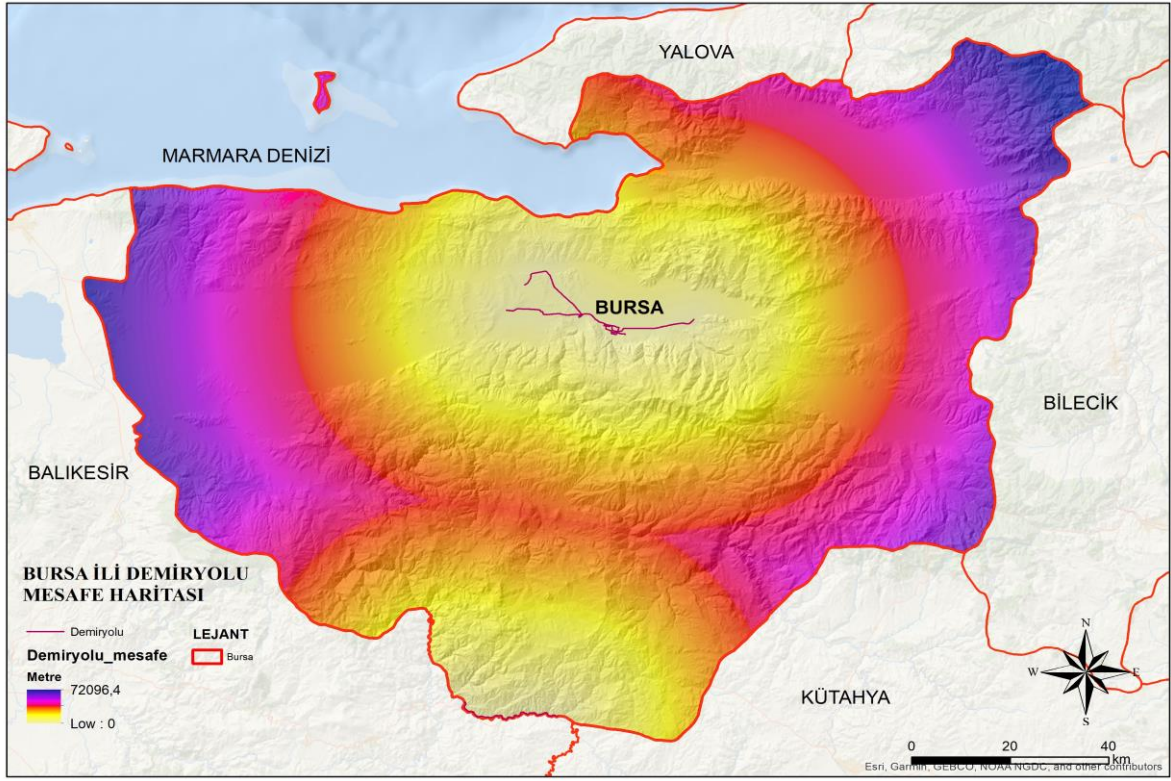
Demiryollarına mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Demiryollarına mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo 1.8’de gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait demiryollarına mesafe haritaları Şekil 2.22, Şekil 2.23 ve Şekil 2.24’te yer almaktadır.

Tablo 1. 8 Demiryollarına mesafe verisi sınıflandırma

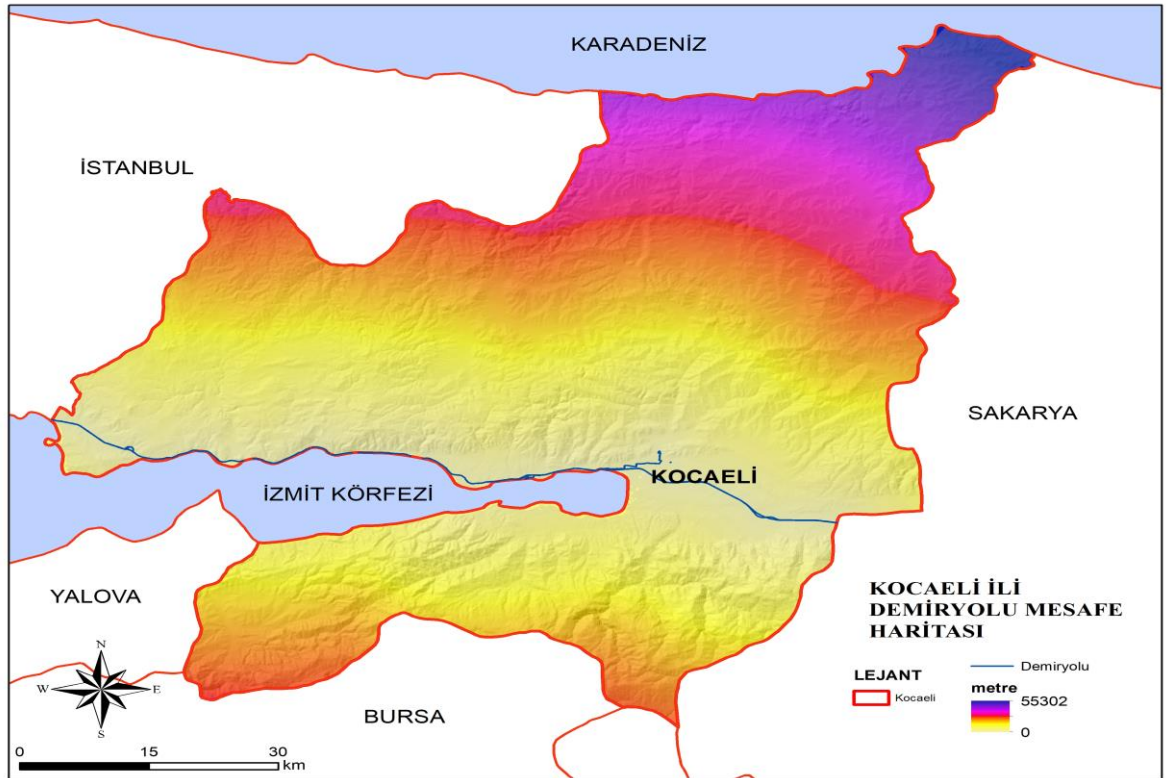
Demiryolu Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-100	0
100-5000	5
5000-10000	4
10000-25000	3
25000-50000	2
>50000	1



Şekil 1. 22 Edirne Demiryollarına Mesafe Haritası



Şekil 1. 23 Bursa Demiryollarına Mesafe Haritası



Şekil 1. 24 Kocaeli Demiryollarına Mesafe Haritası

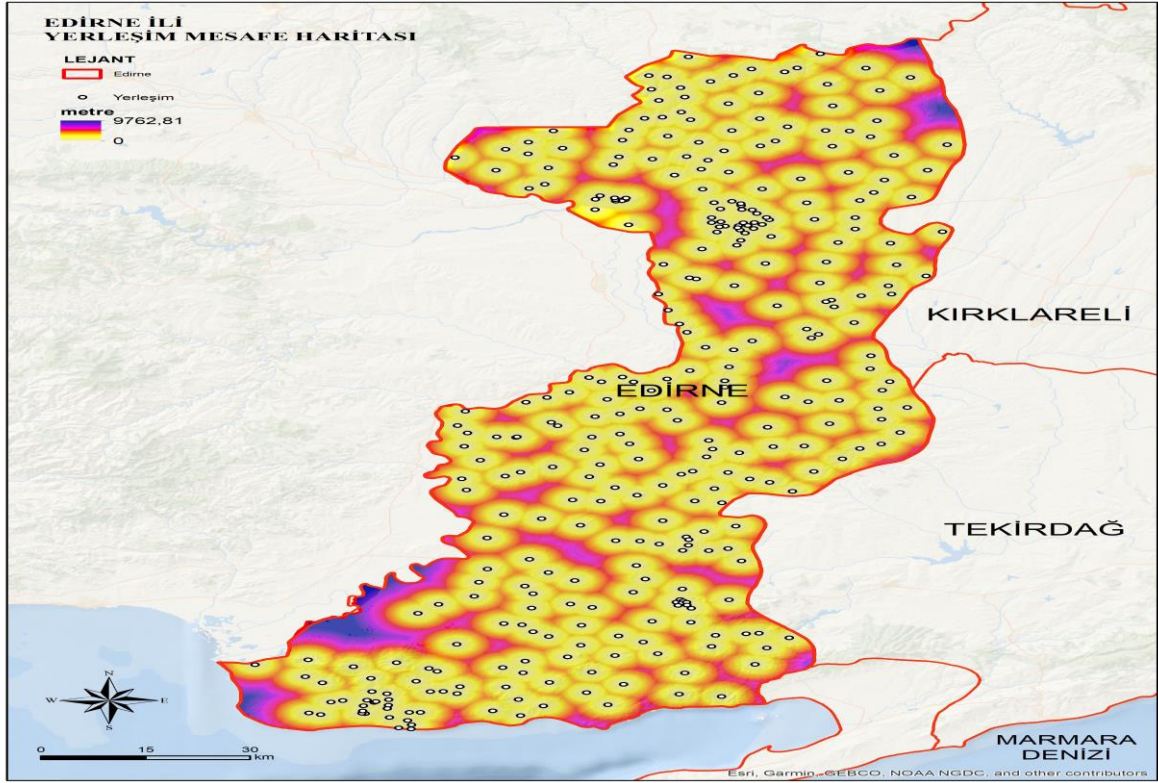
1.2.9. Yerleşim Alanlarına Mesafe

Kurulması planlanan santrallerin yerleşim yerlerine yakın olması tercih edilen bir durum değildir. Her geçen gün yerleşim alanlarının büyüdüğü ve genişlediği göz önüne alındığında santrallerin yerleşim alanlarına belirli bir mesafede kurulması gerekmektedir. Santrallerin bu alanlara yakınlığı 500 metreden az olmamalıdır. [9]

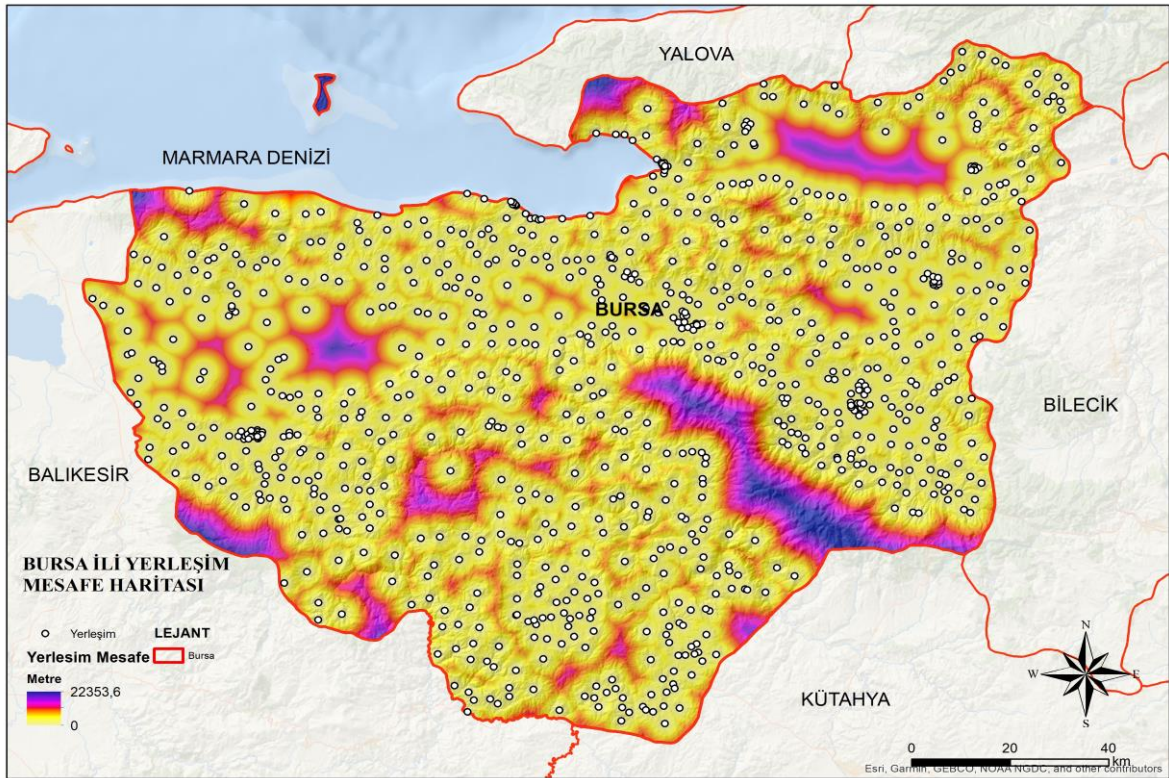
Yerleşim alanlarına mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Yerleşim alanlarına mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo 1.9’da gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait yerleşim alanlarına mesafe haritaları Şekil 2.25, Şekil 2.26 ve Şekil 2.27’de yer almaktadır.

Tablo 1. 9 Yerleşim alanlarına mesafe verisi sınıflandırma

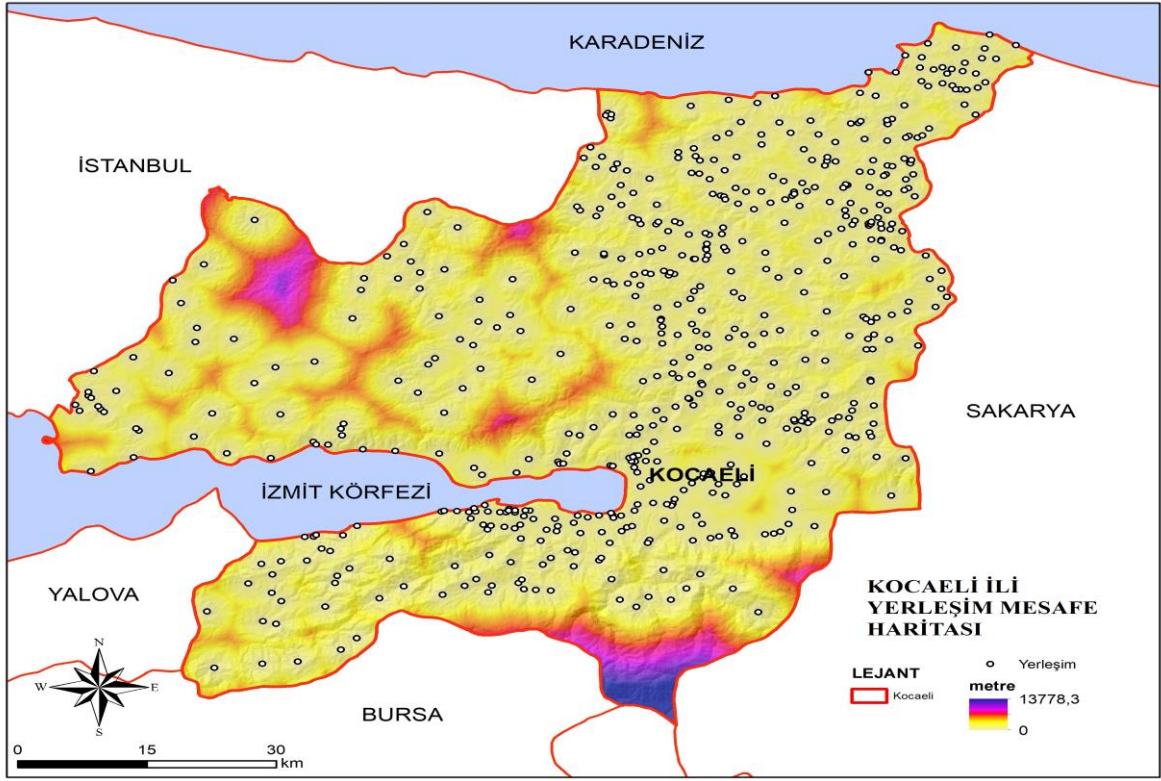
Yerleşme Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-500	0
500-2000	5
2000-4000	4
4000-6000	3
6000-8000	2
>8000	1



Şekil 1. 25 Edirne Yerleşim Yerlerine Mesafe Haritası



Şekil 1. 26 Bursa Yerleşim Yerlerine Mesafe Haritası



Şekil 1. 27 Kocaeli Yerişim Yerlerine Mesafe Haritası

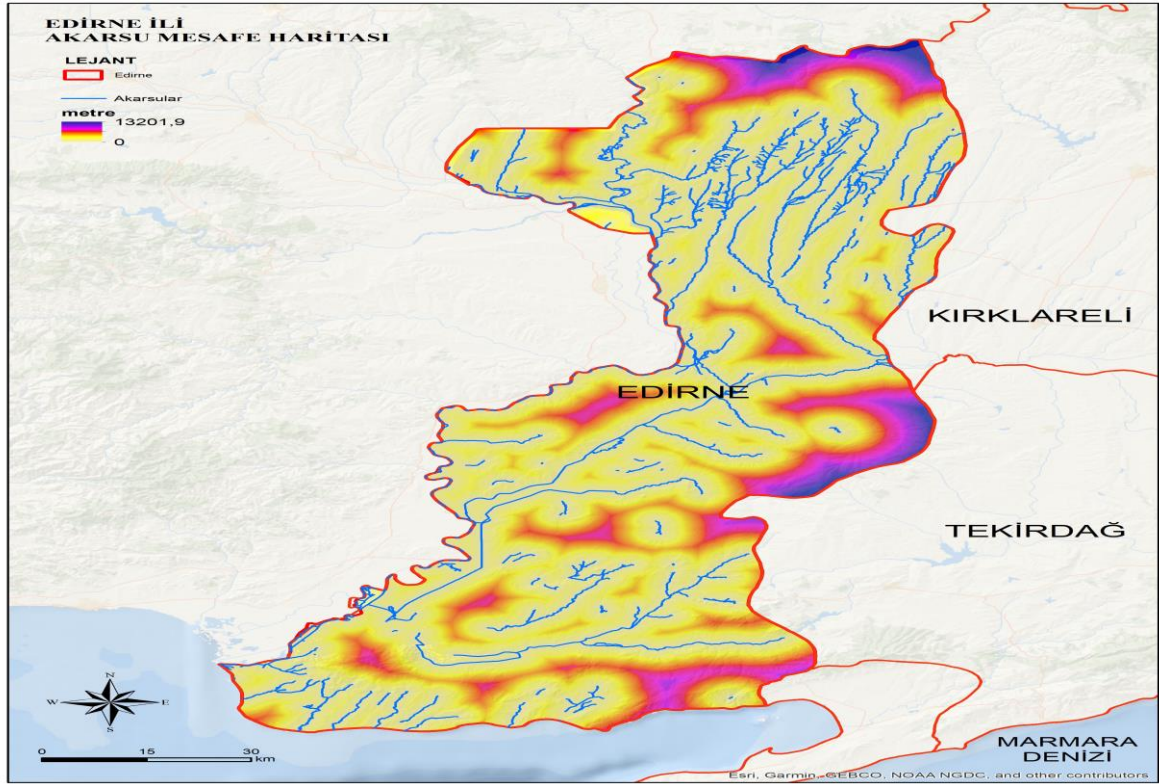
1.2.10. Akarsulara Mesafe

Kurulması planlanan güneş enerji santrallerinin akarsulara yakın mesafede olması belirli bir mesafeye kadar güneş enerji panellerinin belirli periyotlarda su ile temizlenmesi gerektiğinden faydalı olmakla birlikte 500 metreden yakın mesafeler su seviyelerindeki değişimler nedeni ile taşkın riski, akarsu yataklarının hareketli toprak yapısına sahip olması, oluşacak nem ve sis gibi faktörler nedeni ile tercih edilmemektedir. [9]

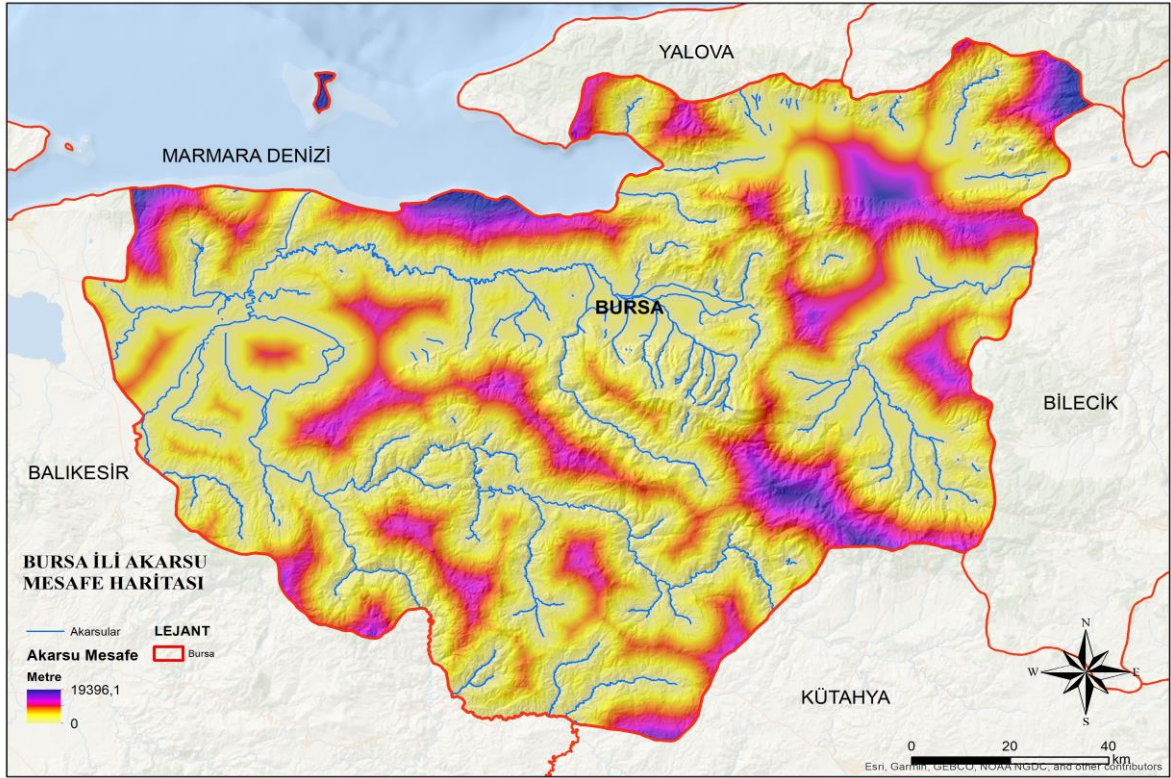
Akarsulara mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Akarsulara mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo 1.10'da gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait akarsulara mesafe haritası Şekil 2.28, Şekil 2.29 ve Şekil 2.30'da yer almaktadır.

Tablo 1. 10 Akarsulara mesafe verisi sınıflandırma

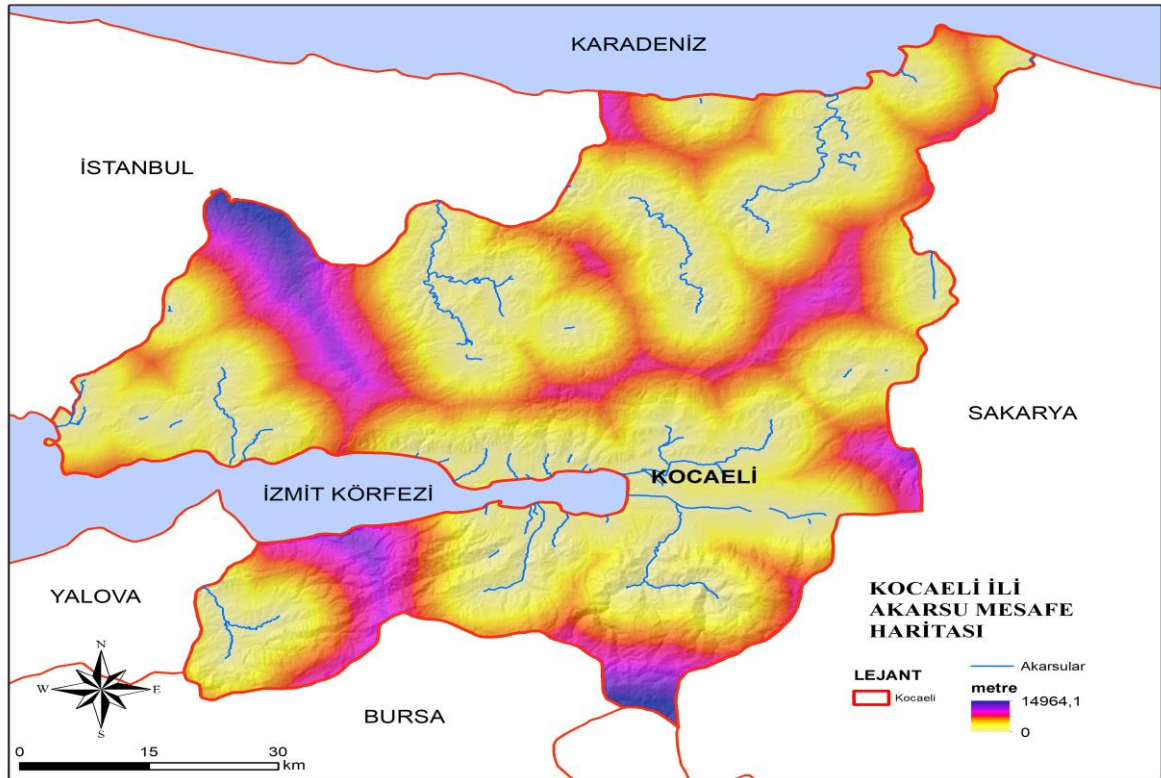
Akarsu Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-500	0
500-3000	5
3000-5000	4
5000-10000	3
10000-20000	2
>20000	1



Şekil 1. 28 Edirne Akarsulara Mesafe Haritası



Şekil 1. 29 Bursa Akarsulara Mesafe Haritası



Şekil 1. 30 Kocaeli Akarsulara Mesafe Haritası

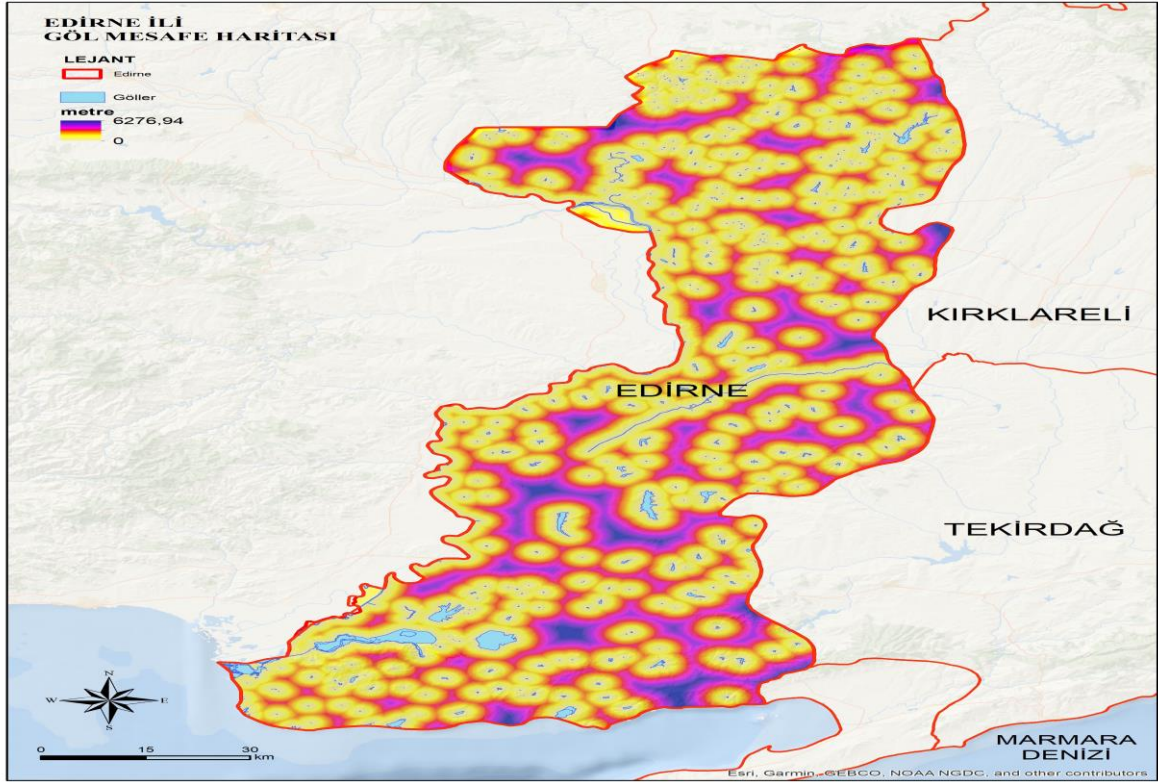
1.2.11. Göllere Mesafe

Kurulması planlanan güneş enerji santrallerinin göllere olan mesafesi belirlenirken akarsulara yakınlık ile ilgili değişkenler benzerlik göstermektedir. Santrallerin göllere yakın mesafede olması belirli bir mesafeye kadar güneş enerji panellerinin belirli periyotlarda su ile temizlenmesi gerektiğinden faydalı olmakla birlikte 500 metreden yakın mesafeler su seviyelerindeki değişimler nedeni ile taşkın riski, göl yataklarının hareketli toprak yapısına sahip olması, oluşacak nem ve sis gibi faktörler nedeni ile tercih edilmemektedir. [9]

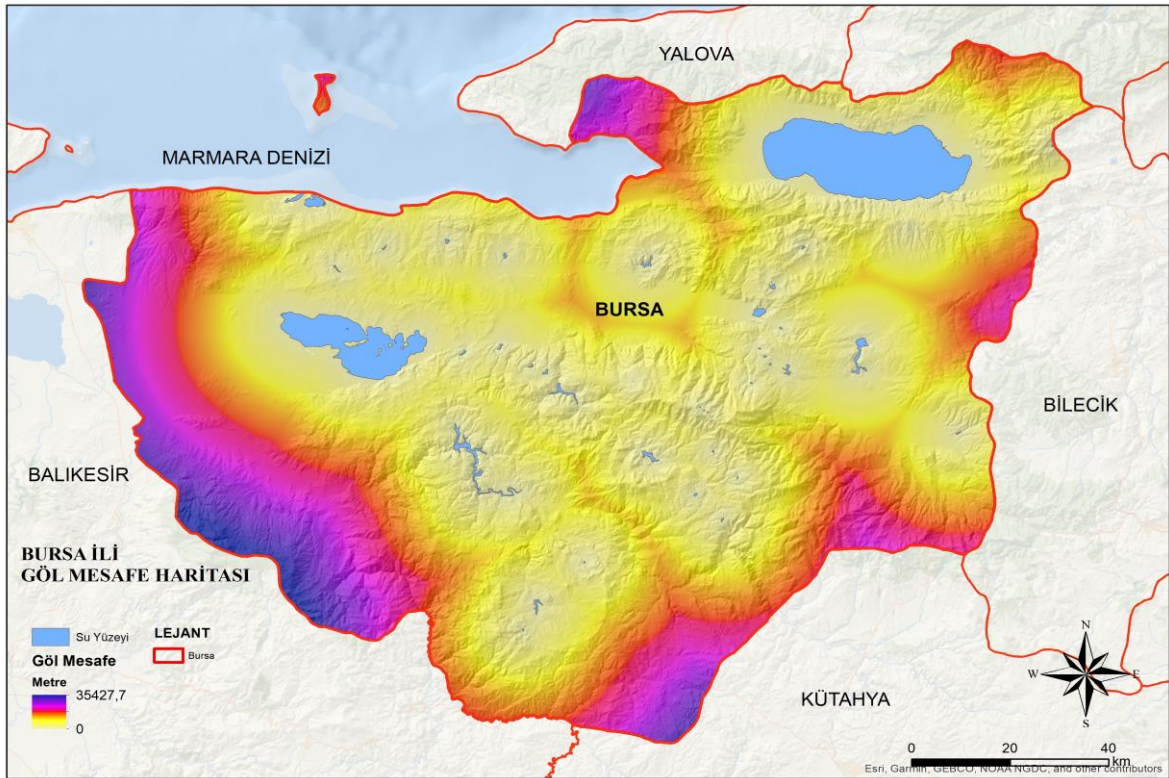
Göllere mesafe haritası oluşturulurken 30 metre çözünürlükte raster formatlı haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan haritalar da mesafeler Öklid mesafe yöntemi ile hesaplanmıştır. Göllere mesafe verileri oluşturulurken mesafeler metre türünden değerlendirmeye alınmıştır. Mesafelere Tablo 1.11’de gösterildiği gibi 1-5 arası puanlamalar verilmiştir. Haritalar coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Marmara Bölgesinde bulunan tüm iller için hazırlanmış örnekleme amaçlı üç bölümden birer il seçilerek illere ait göllere mesafe haritaları Şekil 2.31, Şekil 2.32 ve Şekil 2.33’te yer almaktadır.

Tablo 1. 11 Göllere mesafe verisi sınıflandırma

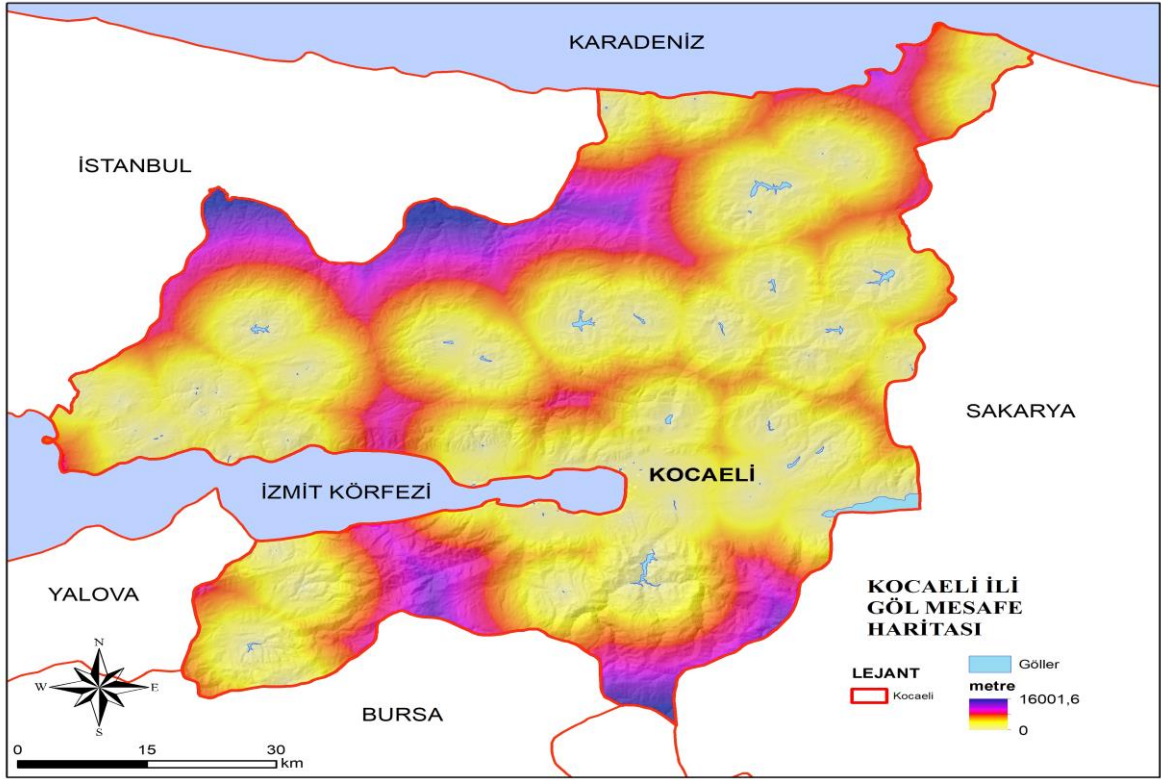
Göl Mesafe (m)	Uygunluk Puanı
0-500	0
500-3000	5
3000-5000	4
5000-10000	3
10000-20000	2
>20000	1



Şekil 1. 31 Edirne Göllere Mesafe Haritası



Şekil 1. 32 Bursa Göllere Mesafe Haritası



Şekil 1. 33 Kocaeli Göllere Mesafe Haritası

1.3. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Güneş Enerji Santrali kurulumunda belirlenecek mekâna karar verme işlemi oldukça önem arz etmektedir. Alternatif ve kriter sayısı az olduğunda karar verme süreci kısmen daha kolay olmaktadır. Artan kriter ve alternatif sayısı karar verme sürecini oldukça karmaşık hale getirmektedir. Böyle durumlar için Analitik Hiyerarşi Süreci karar vericiye büyük kolaylık sağlamaktadır.

Myers ve Albert'ın 1968'de ortaya ilk kez koyduğu Analitik Hiyerarşi Süreci sonrasında Saaty'nin 1977 yılına gelindiğinde Saaty'nin model yöntemi olarak dönüştürmesi ile karar verme sorunlarının çözümünde kullanılabilir hale gelmiştir. [23] Analitik Hiyerarşi Sürecinde alternatif ve kriter sayısının birden fazla olduğu vaziyetlerde, kriterleri kendi aralarında ikili olarak değerlendirilerek ağırlıklandırılır. Başka bir ifade ile tüm kriterler aynı anda değerlendirilmek yerine her bir kriter ayrı ayrı diğerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilir.[12]

Analitik Hiyerarşi Süreci aşamalara ayrılarak ilerlemektedir. İlk aşamada karar verme

problemi tanımlanır. Sonrasında kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ardından kriterlerin yüzde önem dağılımları belirlenir ve kriter karşılaştırmasındaki tutarlılık oranı hesaplanır. Sonrasında her bir kriterin tüm karar noktalarındaki yüzde önem dağılımları bulunur. Son olarak karar noktalarındaki sonuç dağılımları bulunur. [23]

1.3.1. Karar verme problemi tanımlanması

Bu aşamada karar verme noktaları ve karara etki edecek olan kriterler belirlenir. Kararın kaç sonuç üzerinden değerlendirileceği karar noktaları tanımlar ve işlemler sırasında m olarak belirtilir. Karar noktalarına etki eden her bir faktör kriter olarak tanımlanır ve işlemler sırasında n olarak belirtilir

1.3.2. Kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulması

Kriterlerin karşılaştırma matrisi köşegeni 1 olan $n \times n$ 'lik A matrisi bir kare matristir. Köşegen değerlerinin 1 olma sebebi kriterin kendisi ile karşılaştırılmasıdır. Kriterler sahip oldukları önem derecelerine göre karşılıklı birebir karşılaştırılır. Karşılaştırılmada kriterlere karar verici tarafından verilen önem skalaları kullanılır. Kullanılan önem skalaları Tablo 1.12'de gösterilmektedir.

Örnek vermek gerekirse üçüncü değişkeni ile altıncı değişkeni kıyaslandığında, üçüncü değişkeni çok güçlü bir öneme sahipse matrisin üçüncü satır altıncı sütunu ($i=3, j=6$) 7 değerindedir. Aksi durumda üçüncü değişkeni altıncı değişkeni ile kıyaslandığında güçlü bir öneme sahip olan altıncı değişkeni olduğunda matrisin üçüncü satır altıncı sütunu $1/7$ değerindedir. Aşağıda yer alan formülde bakıldığında matrisin üçüncü satır altıncı sütunu ($i=3, j=6$) 7 değerindeyken, matrisin altıncı satır üçüncü sütunu ($i=6, j=3$) $1/7$ değerindedir. [23]

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1.1)$$

Tablo 1. 12 Değer skalası

Önem Değerleri	Önem Tanımları
1	İki değişkenin eşit değere sahip bulunması durumu
3	1. değişkenin 2. değişkeninden daha değerli bulunması durumu
5	1. değişkenin 2. değişkeninden çok değerli bulunması durumu
7	1. değişkenin 2. değişkenine nazaran çok güçlü bir değerli bulunması durumu
9	1. değişkenin 2. değişkenine göre mutlak üstün bir değerde bulunması durumu
2,4,6,8	Arada kalan değerler

1.3.3. Kriterlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi

Kriterlerin ağırlıklarını veya yüzde önem dağılımlarını belirlemek için n adet n bileşenli B sütun matrisi oluşturulur. B sütun vektörünün çözümlenmesinde aşağıdaki formülde hesaplandığı gibi A matrisinde yer alan her bir elemanın bulunduğu sütun toplamına oranı alınarak b_{ij} elemanları elde edilir.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1.3)$$

Yukarıda tanımlanan adımlar tüm kriterler için uygulandıktan sonra kriter sayısı n kadar B sütunu oluşturulur ve tüm B sütun vektörleri bir araya getirilerek C matrisi oluşturulur. C 'nin elemanı olan her bir c_{ij} değerinin matrisini oluşturan satır bileşenlerinin toplamına oranı alınarak w_{ij} elemanlarından oluşan bir sütun vektörü olan W öncelik vektörü elde edilir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1.4)$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (1.5)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

1.3.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Önceki aşamalarda kriterlerin birbiri ile karşılaştırması sonucu elde edilen değerlerin güvenilirliğinin belirlenmesi için (Consistency Ration, CR) tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir. CR kriter değeri ve temel değer olarak adlandırılan (λ) katsayının kıyaslanmasıdır. Temel değer λ 'nın oluşturması adına ilk önce A matrisi ve W vektörünün çarpımından D sütun vektörü elde edilir. [12]

A ve W vektörlerinin çarpılması sonucu oluşan D vektörü ve W öncelik vektörünün elemanlarının birebir bölünmesi sonucu tüm elemanlar için E sayısı oluşur. E'nin aritmetik ortalaması alınarak karşılaştırmalara dair λ elde edilir. λ sayısı kullanılarak CI değeri elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (1.8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (1.9)$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad (1.10)$$

Son olarak CR değerinin hesaplanma işlemleri için rassallık indeksi (Random Index, RI) bilinmelidir. RI değeri kriter sayısına göre farklılık göstermektedir.

Tablo 1. 13 Rassallık indeksi

N	RI	N	RI
1	0	7	1,32
2	0	8	1,41
3	0,58	9	1,45
4	0,90	10	1,49
5	0,12	11	1,51
6	1,24	12	1,48

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1.11)$$

Elde edilen CR değerinin 0.10 dan küçük olması gerekmektedir. Küçük olmaması durumunda kriter karşılaştırmalarında tutarsızlık yapıldığı ve işlemler gerçekleştirilirken hata olduğu anlamına gelmektedir.

1.3.5. Her bir kriterlerin her bir karar noktası için yüzde değer dağılımlarının elde edilmesi

Bu aşamada yukarıda gerçekleştirilen adımlarda ki gibi tüm Kriter adına karar durumlarının yüzde değer dağılımları elde edilir. Tüm kriterler adına karar durumlarında kullanılacak $m \times m$ boyutunda G matrisi elde edilecektir. Karşılaştırmaların ardından $m \times 1$ 'lik ve kriterlerin karar durumları için yüzde değer dağılımlarını ifade eden S vektörleri elde edilir. [23]

$$S_i = \begin{bmatrix} S_{i1} \\ S_{i2} \\ \vdots \\ S_{im1} \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

1.3.6. Karar noktalarındaki sonuç dağılımlarının hesaplanması

Yukarıdaki adımın devamı olarak boyutu $m \times n$ olan K matrisi elde edilir. K bir karar matrisidir ve n adet boyutu $m \times 1$ olan S vektöründen oluşur. Elde edilen matris (K) ile W öncelik vektörü çarpımından L vektörü elde edilir. L bir sütun vektörüdür ve m elemanlıdır.

Elemanlarının toplamı 1 olan L vektörü karar durumlarının yüzde dağılımlarını ifade etmektedir. Elde edilen bu dağılım ile karar durumlarının değer sıralaması da bilinmektedir. [23]

$$K = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdot & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdot & S_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{m1} & S_{m2} & \cdot & S_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

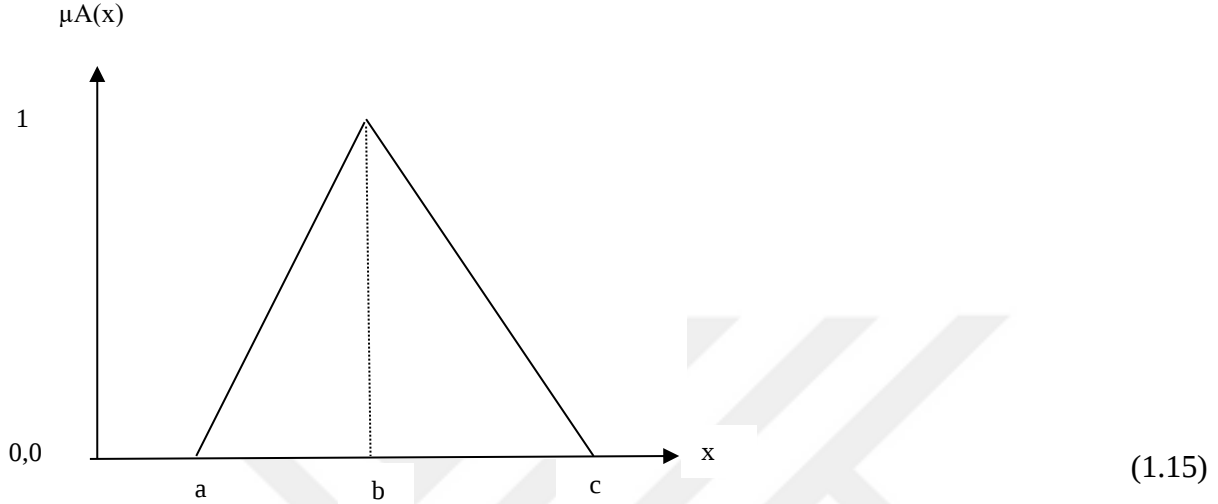
$$L = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdot & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdot & S_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{m1} & S_{m2} & \cdot & S_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad (1.13)$$

1.4.Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Lotfi A. Zadeh'in ilk olarak 1965 ortaya koyduğu Bulanık Mantık yayınlanan "Bulanık Kümeler" isimli makalede yer almaktadır (Ertuğrul). Bulanık mantığın temelinde insan düşünce yapısı vardır. İnsan zihni 1 ve 0 olarak çalışmamaktadır, bulanık mantıkta da evet ya da hayır yerine yüksek, düşük, orta gibi belirsiz ifadeler vardır. Bundan dolayı bulanık mantık kesin olmayan belirsiz problemlerin çözümünde oldukça faydalıdır. Bulanık mantık kriterleri keskin sınır olmadan 1 ve 0 arasında değerler ile sınıflandırmaktadır.[25]

Bulanık kümeleri tanımlayan elemanlar üyelik fonksiyonları olarak adlandırılır. A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilir ve bir faktörün bir kümeye üyeliği aşağıdaki grafikte gösterildiği gibi 0 ve 1 arasında bir sayı ile belirlenir. [7] $\tilde{A}$ bulanık sayısı, bir üçgensel bulanık sayıdır (ÜBS). Burada $a \leq b \leq c$ 'dir ve a en küçük olası değeri, b en umut verici değeri, c ise en büyük olası değeri göstermektedir. Bir ÜBS genellikle (a,b,c) şeklinde gösterilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , & x < a \\ \frac{b-a}{x-a} & , & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , & b \leq x \leq c \\ 0 & , & x > c \end{cases} \quad (1.14)$$



Bulanık mantığın Analitik Hiyerarşi yöntemine yerleştirilerek uygulanan Bulanık Analitik Hiyerarşi yöntemi (BAHS) kriterlerin birbirlerine üstünlüğü kesin olmadığı durumlarda BAHS kullanılmaktadır.

BAHS'ye ait birden fazla teknik bulunmaktadır. Bu çalışmada, ağırlıklarının belirlenmesi için örnek çalışmalarda en çok kullanılan yöntem olan Buckley'in yöntemleri uygulanmıştır. Buckley'e göre işlem adımları aşağıda belirtilmiştir.

1.4.1. Karşılaştırma matrisi oluşturma

Üçgensel bulanık sayılar kullanılarak $\tilde{A}$ karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisi oluşturulurken Tablo 1.14'te yer alan üçgensel sayıların ifade ettiği önem dereceleri göz önünde bulundurularak karşılaştırma matrisi elde edilir.

Tablo 1. 14 Kriter önem dereceleri

Tanım	Bulanık Sayılar
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)
Zayıf derecede önemli	(1, 3, 5)
Oldukça önemli	(3, 5, 7)
Çok daha önemli	(5, 7, 9)

Kesinlikle daha önemli

(7, 9, 11)

Bu çalışmada birden fazla kriter ve tek karar verici mevcut olduğundan bir adet karşılaştırma matrisi oluşturulacaktır. Birden fazla karar verici olması durumunda karar verici sayısı kadar karşılaştırma matrisi oluşturulur ve her bir karar vericiye ait üçgensel bulanık sayıların ortalaması alınarak yeni bir karşılaştırma matrisi oluşturulur.[3][5]

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \dots & \tilde{d}_{1n} \\ \dots & \ddots & \dots \\ \tilde{d}_{n1} & \dots & \tilde{d}_{nn} \end{bmatrix} \quad (1.16)$$

1.4.2. Geometrik ortalama alma

Her bir kritere ait bulanık değerlerin geometrik ortalaması alınır. $\tilde{r}_i$ ile ifade edilir.[3][5]

$$\tilde{r}_i = (\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij})^{1/n}, i=1,2, \dots, n \quad (1.17)$$

1.4.3. Kriterlerin bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Öncelikle her sütunda ki değerler kendi içinde toplanarak tüm $\tilde{r}_i$ değerleri için vektör değeri toplamları bulunur. Sonrasında Vektör toplamlarının tersi alınır ve artan şekilde sıralanır. Son olarak kriterlerin bulanık ağırlıklarının hesaplanması için Her bir $\tilde{r}_i$ değeri, tersi alınan vektör değer ile çarpılır.[3][5]

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (1.18)$$

$$\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, nw_i) \quad (1.19)$$

1.4.4. Kriterlerin ağırlıklarının normalleştirilmesi

Bir önceki basamakta elde edilen $\tilde{w}_i$ üçgensel bulanık sayı alanın merkezi yöntemi kullanılarak normalleştirilir.[6]

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + nw_i}{3} \quad (1.20)$$

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_i^n M_i} \quad (1.21)$$

1.5.Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi bilgi sistemi tanımı, konumsal bilgilere dayandırılarak gerçekleştirilen işlemlerle elde edilen grafik, grafik dışı verilerin oluşturulması, analizi, depolanması ve gerektiği hallerde kullanıcılara servis edilmesi işlemlerini aynı anda sunan bir sistem olarak geçmektedir. [24]

CBS yeryüzünde meydana gelen olayları, yeryüzü şekillerini haritalandırarak verilerin değerlendirilmesi için lazım gelen bilgisayar tabanlı araçlardan meydana gelen bir sistem olarak ifade edilir. Coğrafi bilgi sistemleri kullanıcıya matematiksel analizler sunar. Bunu kullandığı veri tabanlarını bir arada değerlendirerek haritaların olanak sağladığı coğrafi, görsel analiz avantajlarını sorgulayarak gerçekleştirmektedir. Kullanıcılar tarafından Coğrafi bilgi sistemlerinin tercih edilme sebebi; hizmet verdiği alanındaki durumların tanımlanmasında, ileriye yönelik tahminlerde bulunarak stratejik planlamaların yapılabilmesine olanak sağlamasıdır. [24]

Güneş Enerji Santrali kurulum yeri analizleri gerçekleştirilirken çalışmada coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır. Program olarak ArcGIS 10.8 versiyonu kullanılmıştır.

2. BULGULAR

2.1.Analitik Hiyerarşi Yöntemi Analizi

2.1.1. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Güneş enerjisi santralinin kurulum yeri analizi için kullanılan ilk yöntem analitik hiyerarşi yöntemidir. Analizi gerçeklerken ilk olarak yukarıda açıklamaları verilen kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma işlemi yapılırken kriterlerin kendi aralarında önem derecelerine göre değerlendirilmiştir. 1 ile 5 arasında değerler ile karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu oluşturulan karşılaştırma matris Tablo 2.1’de verilmiştir. Sonrasında yukarıda madde 2.3’ te anlatılan analitik hiyerarşi yöntemi adımları ile kriterlere ait ağırlık değerleri ve hesaplamanın doğruluğunun teyit edilmesi için tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri Tablo 2.2’de gösterildiği gibi 0.21 ile kriter ağırlığı en yüksek değer güneş enerji potansiyelidir. 0.03 ile demiryollarına, göllere ve akarsulara mesafe kriterleri ağırlıkları en düşük olan kriterleredir. 0.05 tutarlılık oranı 0.10 dan düşük çıkarak kriterlerin karşılaştırması ve işlemlerin doğru yapıldığı teyit edilmiştir. Bu işlemler için excel programından faydalanılmıştır.

Tablo 2. 1 Karşılaştırma matrisi

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
Güneş enerji potansiyeli (a)	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	3,00	4,00	4,00	5,00
Eğim (b)	0,33	1,00	0,50	0,33	0,50	3,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00
Bakı (c)	0,50	2,00	1,00	0,50	0,50	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	4,00
Trafoya Mesafe (d)	0,50	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00
ENH Mesafe (e)	0,50	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00
Yükseklik (f)	0,20	0,33	0,50	0,50	0,33	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Yerleşim alanlarına mesafe (g)	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00
Yollara Mesafe (h)	0,33	0,25	0,25	0,33	0,25	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Demiryolu Mesafe (i)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Göl Mesafe (j)	0,25	0,20	0,20	0,20	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Akarsu Mesafe (k)	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablo 2. 2 Kriterlere ait ağırlıklar

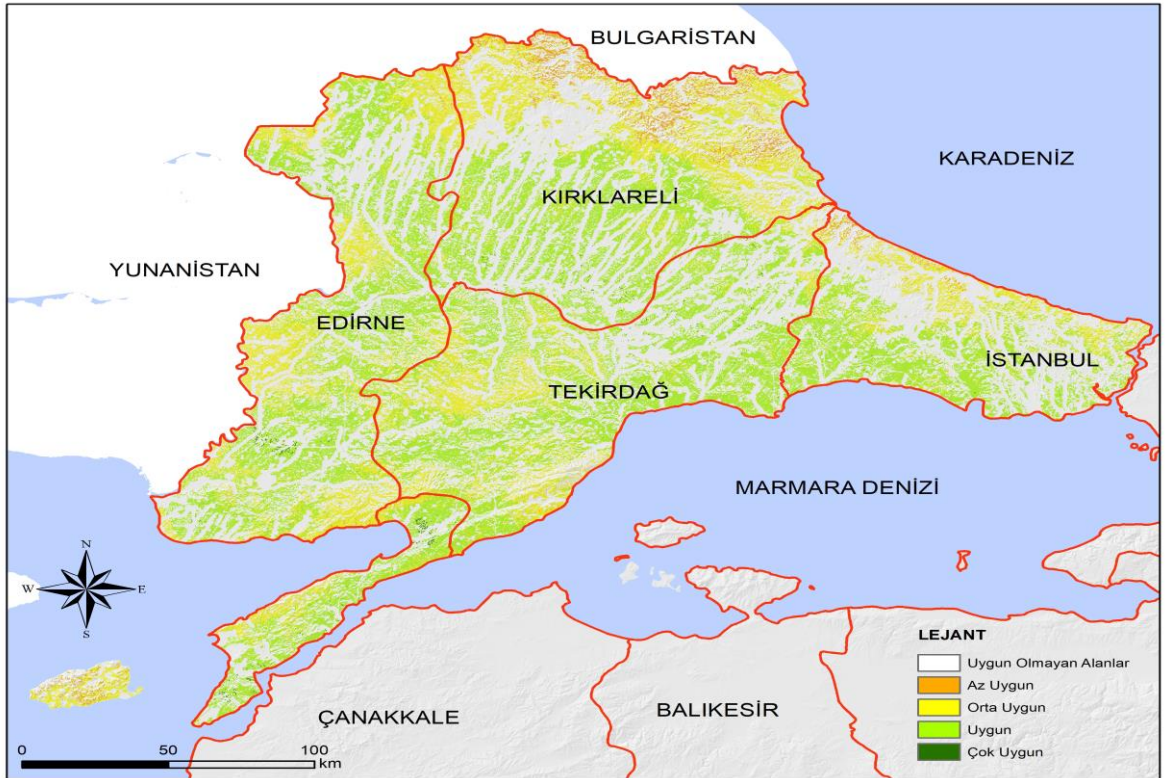
Kriterler	Ağırlık
Güneş Enerji Potansiyeli (a)	0,21
Eğim (b)	0,12
Bakı (c)	0,12
Trafolarına Mesafe (d)	0,15
ENH Mesafe (e)	0,15
Yükseklik (f)	0,06
Yerleşim Alanlarına Mesafe (g)	0,05
Yollara Mesafe (h)	0,04
Demiryollarına Mesafe (i)	0,03
Göllere Mesafe (j)	0,03
Akarsularına Mesafe (k)	0,03
Toplam	1,00

Tutarlılık oranı(CR):0,05

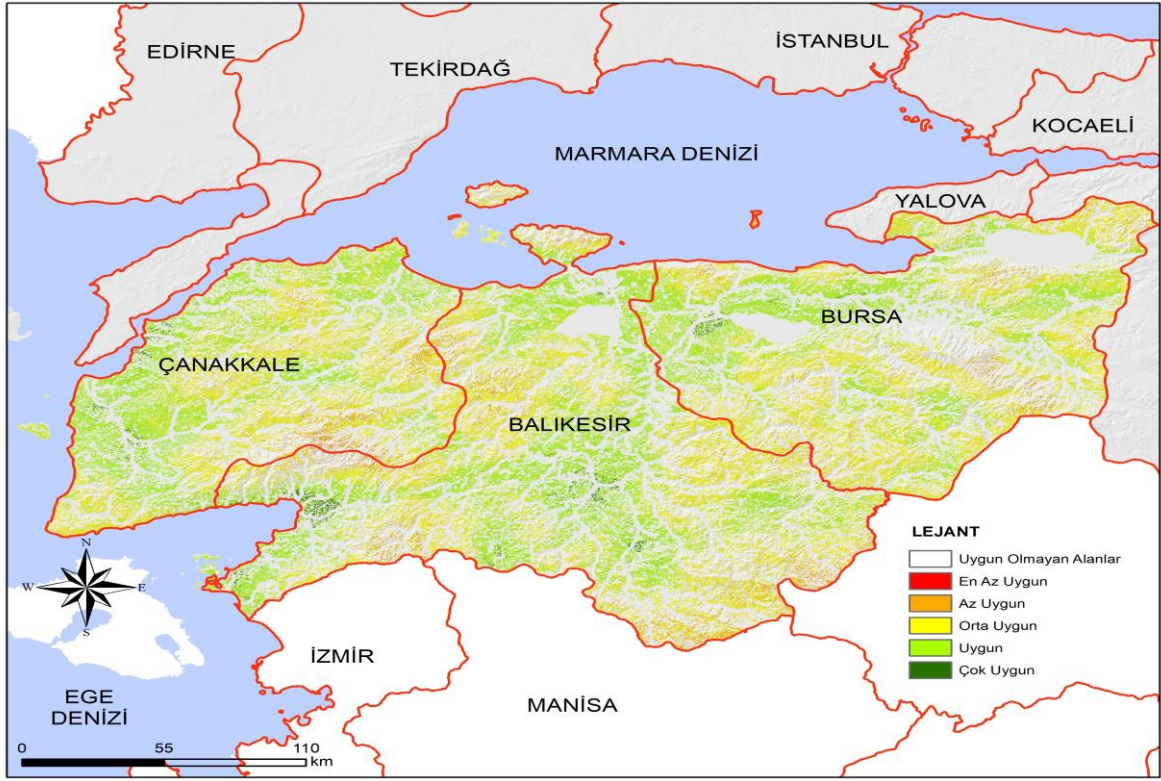
2.1.2. Güneş Enerji Santrali Uygunluk Haritaları

Yapılan çalışma bölge bazlı bir çalışma olduğundan tek bir santral kurlumu için analiz

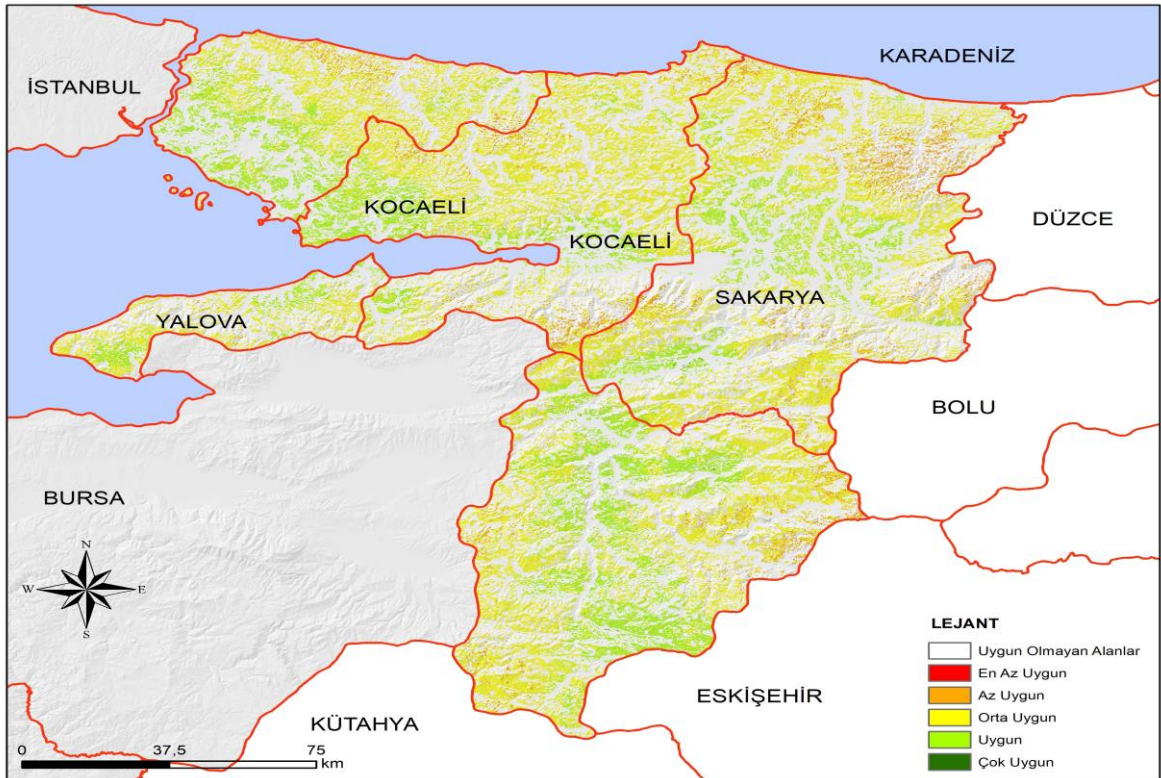
gerçekleştirilmesi yetersiz olacağı değerlendirilmiş, bölge üç bölüme ayrılıp üç farklı santral kurulum alanı analizi gerçekleştirilmiştir. Yukarıda belirtilen kriterler çerçevesinde analizler gerçekleştirilmiş ve sınıflandırılan kriterlere ait sonuç haritaları hazırlanmıştır. Coğrafi bilgi sisteminde ağırlık çakıştırma yöntemi kullanılarak oluşturulan raster haritaları ile ağırlıklar çakıştırılmış Trakya, Güney Marmara ve Kocaeli bölgeleri için güneş enerji santrali uygun alan haritaları oluşturulmuştur. Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te Haritalar gösterilmektedir.



Şekil 2. 1 AHP Trakya Bölümü Uygunluk Haritası



Şekil 2. 2 AHP Güney Marmara Bölümü Uygunluk Haritası

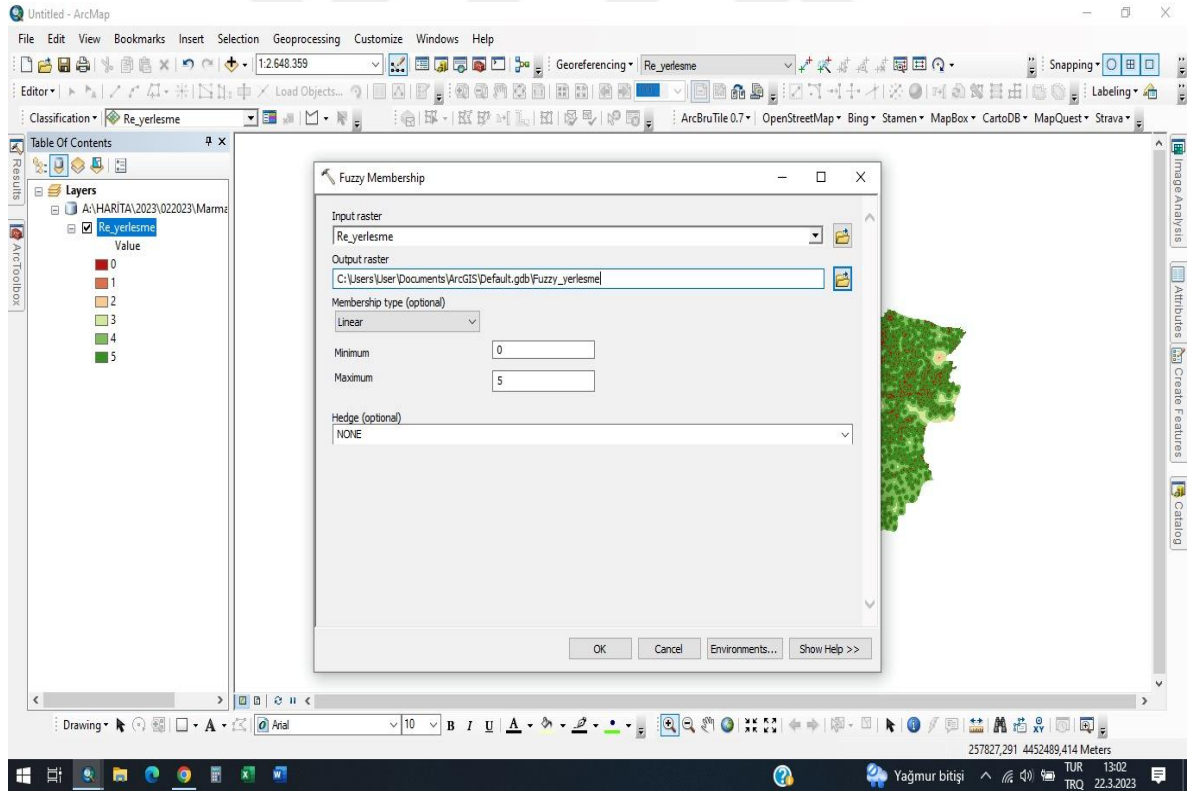


Şekil 2. 3 AHP Kocaeli Uygunluk Haritası

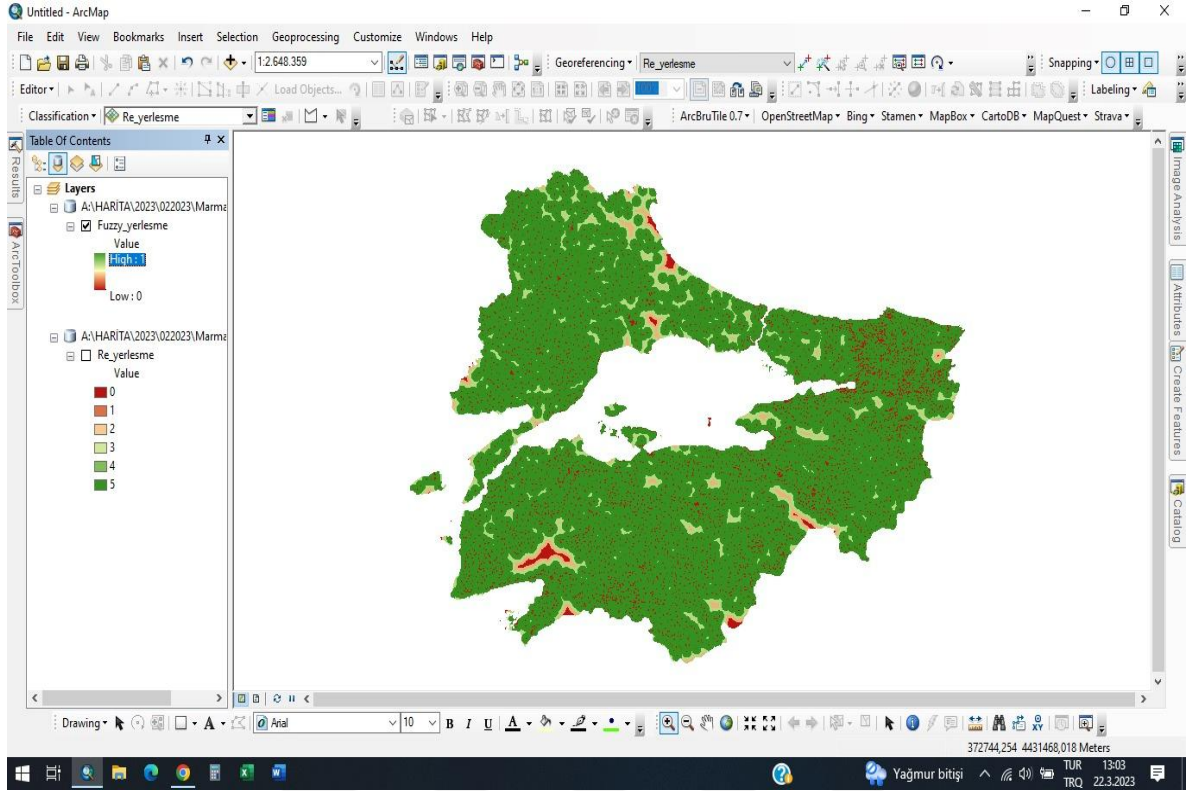
2.2.Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi Analizi

2.2.1. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Güneş enerjisi santralinin kurulum yeri analizi için ikinci yöntem olan bulanık analitik hiyerarşi yöntemi için ArcGIS programında yer alan fuzzy membership aracından faydalanılmıştır. Uygulamada kullanılan aracın arka planında madde 2.4’te yer alan işlemler yer almaktadır. Analitik hiyerarşi de olduğu gibi kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kriterlerin birbirleri ile karşılaştırıldığı karşılaştırılma matrisi oluşur. Matriste BAHF gereği 0-1 arası değerler kullanılır. Uygun olmayan alanlar için 0 değeri atanırken en uygun alan için 1 değeri, arada kalan alanlar için 0-1 arası değerler atanır. Sonrasında kriter ağırlıkları elde edilir ve son olarak kriter ağırlıkları normalize edilir ve tüm bu işlemlerin harita üzerindeki sonuçları gözlemlenir ArcGIS program ekran görüntüleri Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’te yer almaktadır.



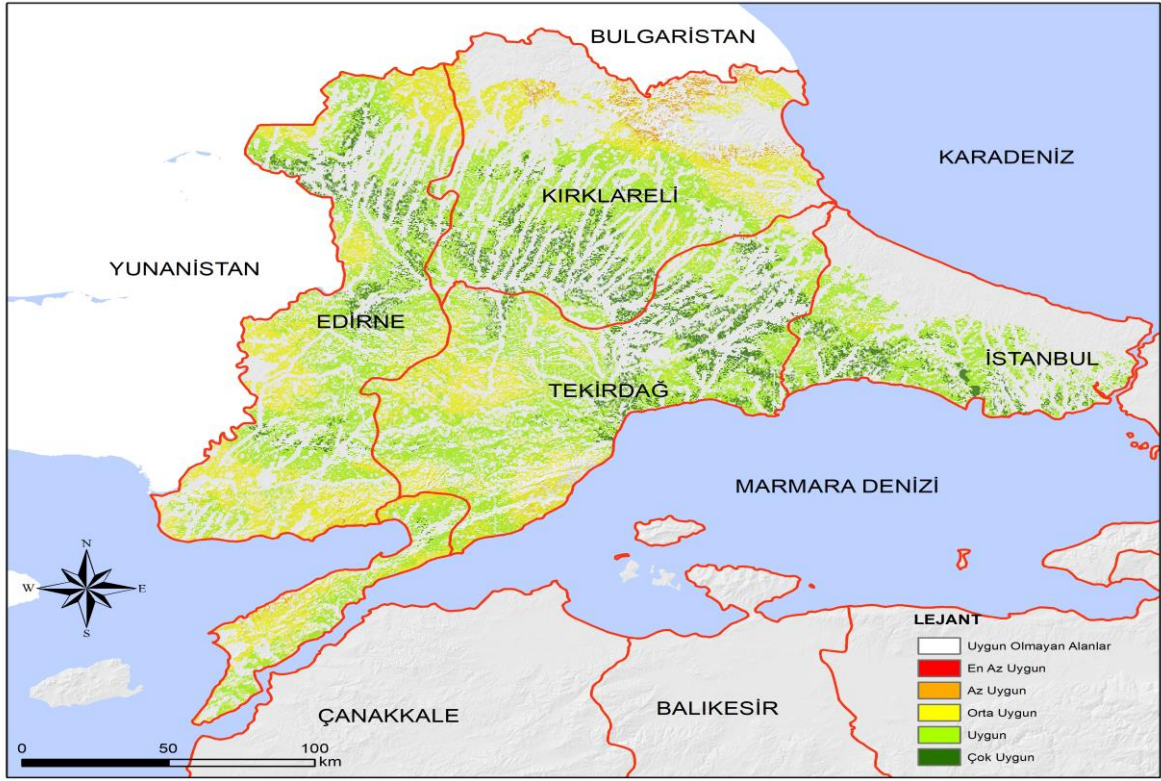
Şekil 2. 4 ArcGIS BAHF Ekran Resmi-1



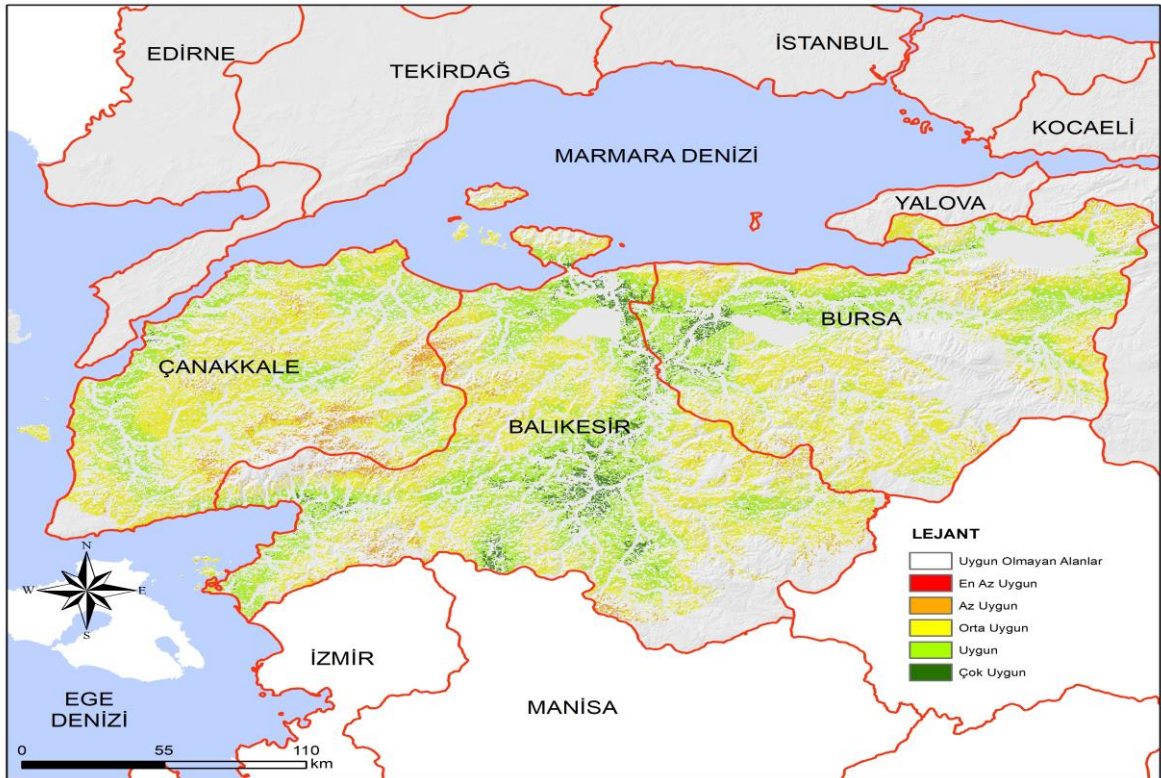
Şekil 2. 5 ArcGIS BAHP Ekran Resmi-2

2.2.2. Güneş Enerji Santrali Uygunluk Haritaları

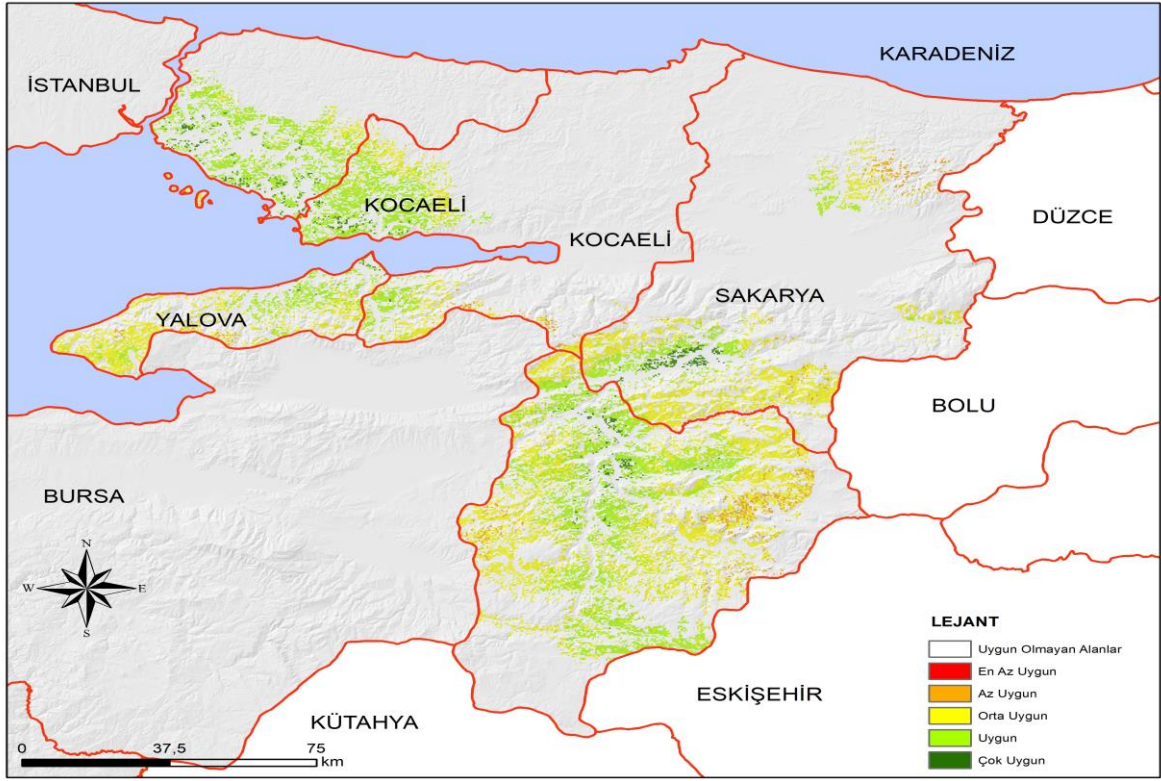
Bulanık analitik hiyerarşi yöntemi sonucu elde edilen kriterlere ait ağırlık değerleri klasik yöntemde olduğu gibi coğrafi bilgi sisteminde ağırlık çalıştırma yöntemi kullanılarak belirlenen üç bölgeye ait uygunluk haritaları elde edilmiştir. Elde edilen haritalar Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 6 BAHP Trakya Bölümü Uygunluk Haritası



Şekil 2. 7 BAHP Güney Marmara Uygunluk Haritası



Şekil 2. 8 BAHP Güney Marmara Uygunluk Haritası

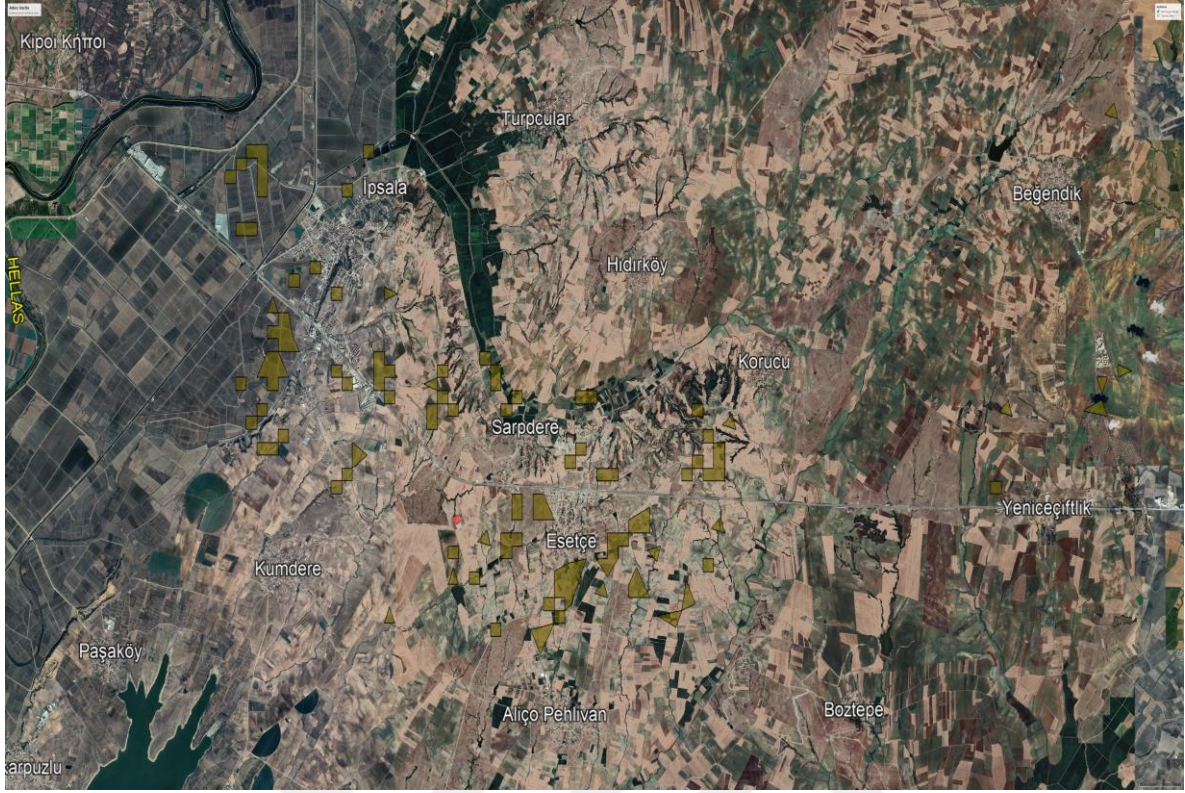
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

CBS, dünya üzerinde uydu verileri ile olası öngörülerin veya çalışmaların yapılması için yararlanılabilecek bir sistemdir ve bu çalışmada Marmara Bölgesinde güneş enerjisi santrali Kurulumu için CBS Verileri ile Uygun Yer Kararı çalışılmıştır. Bölge yüzeyinin büyüklüğüne göre üç adet GES kurulması planlanmıştır. Kurulum için bölgenin coğrafi, fiziki ve beşerî koşulları göz önünde bulundurularak karar aşamasında klasik ve bulanık mantık uygulamalarından olan AHP ve BAHP’ den faydalanılmıştır. Bölge çapında yapılan çalışmada, Marmara Bölgesi içerisinde yer alan illerin analizi ve daha sonrasında illerle yapılan analizlerin bir araya getirilmesi söz konusudur. Analiz aşamasında eğim, bakı, güneş enerji potansiyeli gibi birden fazla kriter ele alınmıştır. AHP ve BAHP yöntemlerinin her ikisi birden kullanılarak sonuçların daha sağlıklı değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

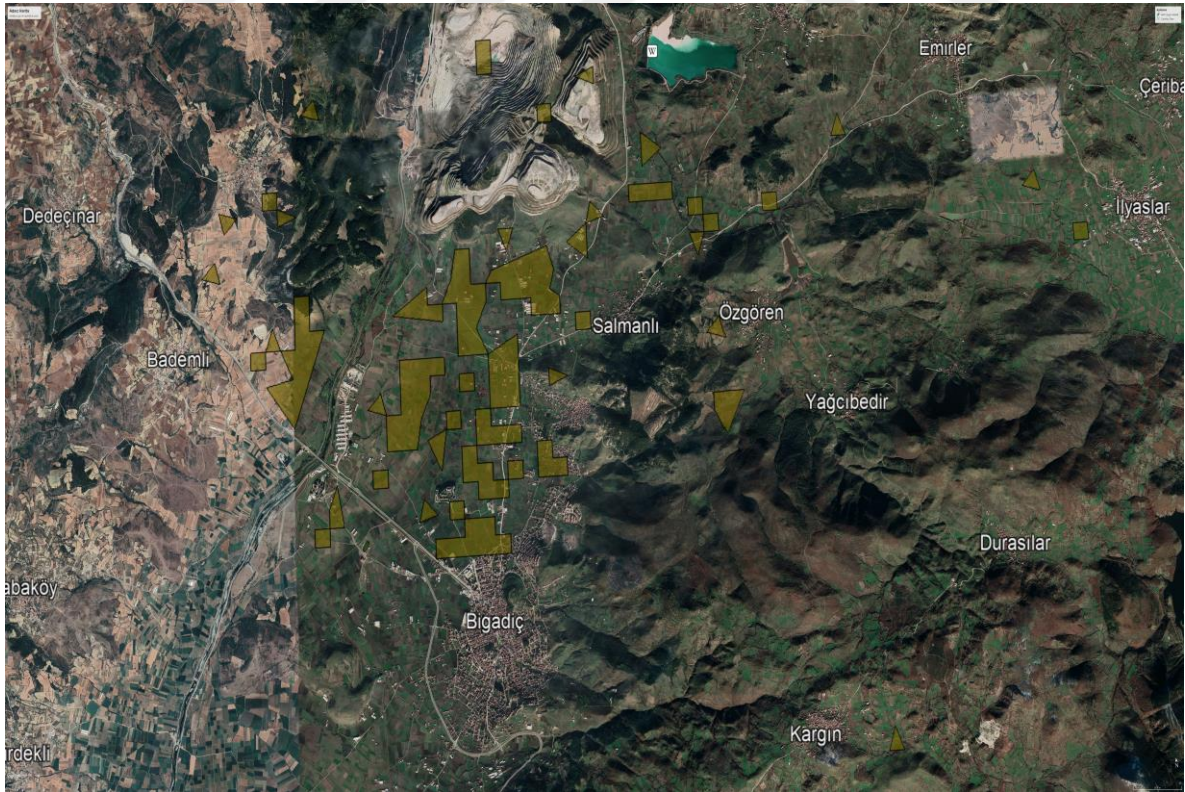
Marmara Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulumu için CBS Verileri ile Uygun Yer Kararı başlıklı bu çalışma, bir bölgede GES kurulumu için referans olabilecek nitelikte olmakla birlikte CBS verileri ile enerji üzerine yapılabilecek diğer çalışmalara da referans olabilir. Elektrikli araçların artmasıyla birlikte dolum-şarj istasyonlarının kurulum yeri aşaması CBS verileri ile öngörülebilir. Bu durumda ele alınacak karar kriterleri ve bu

kriterlerin karar analizlerinde ağırlıklandırılması gibi farklılıklar dikkatle çalışılması gereken konular olacaktır.

Marmara bölgesi için gerçekleştirilen güneş enerjisi santralî mekân analizi çalışmasında ilk olarak literatür çalışmalarından faydalanarak madde 2.2’de açıklamaları yapılan on bir adet kriter belirlenmiş ve kriterlere ait il bazlı haritalandırma coğrafi bilgi sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında iki farklı karar verme yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmış ve Marmara bölgesi üç ana bölüme ayrılarak elde edilen raster veriler ve ağırlık çakıştırma yöntemi kullanılarak yine coğrafi bilgi sistemi yardımıyla uygunluk haritası analizleri gerçekleştirilmiştir. Uygunluk haritalarında çıkan sonuçlar incelendiğinde ve öncesinde il bazlı gerçekleştirilen kriter haritaları ile karşılaştırıldığında güneş enerjisi santralî kurulumuna uygun olan noktaların kriterler için çok ya da orta uygun noktalar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Analiz sonucunda eğim ve yükseltisi az, güney yönüne bakan, enerji nakil hatları ve trafo merkezlerine yakın aynı zamanda güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu alanlar en uygun alanlar olarak gösterilmektedir. Örnekleme amacı ile her iki karar verme yönteminde de uygun alan olarak önerilen ortak alanlar için uygunluk haritaları Şekil 3.1-10 arasında yer almaktadır. Örnek amaçlı gösterilen AHP ve BAHP uygunluk haritaları ve önceki bölümde elde edilen analiz haritaları birlikte incelendiğinde ağırlığı fazla olan güneş enerji potansiyeli, eğim gibi kriterlere uygun olarak analiz sonuçlarının ortaya çıktığı gözlenmektedir. Bunun yanında analitik hiyerarşi yöntemi ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile oluşturulan uygunluk haritaları karşılaştırıldığında insan düşünce yapısına daha yakın olarak kabul edilen bulanık analitik hiyerarşi yöntemin çok daha fazla uygun alan önerdiği gözlemlenmektedir.



Şekil 3. 1 AHP İpsala Uygunluk Haritası



Şekil 3. 2 AHP Bigadiç Uygunluk Haritası



Şekil 3. 3 AHP Edremit Uygunluk Haritası



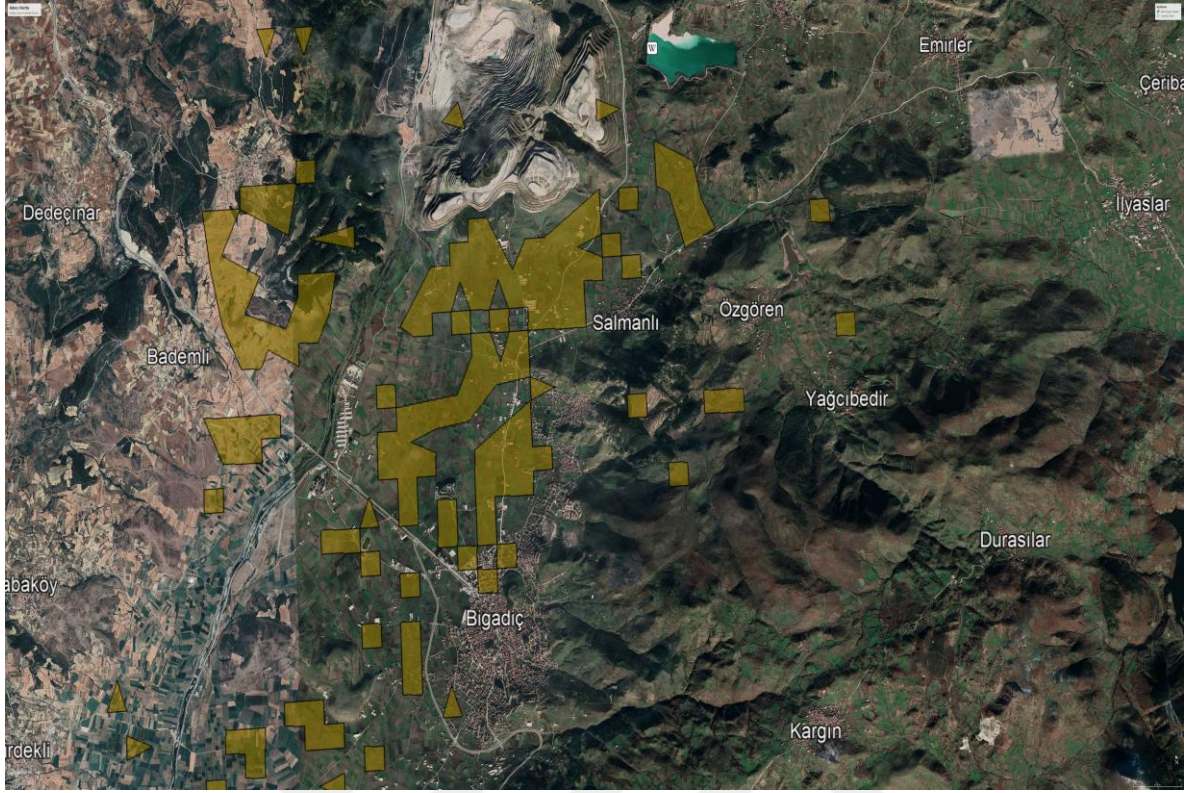
Şekil 3. 4 AHP Karacabey Uygunluk Haritası



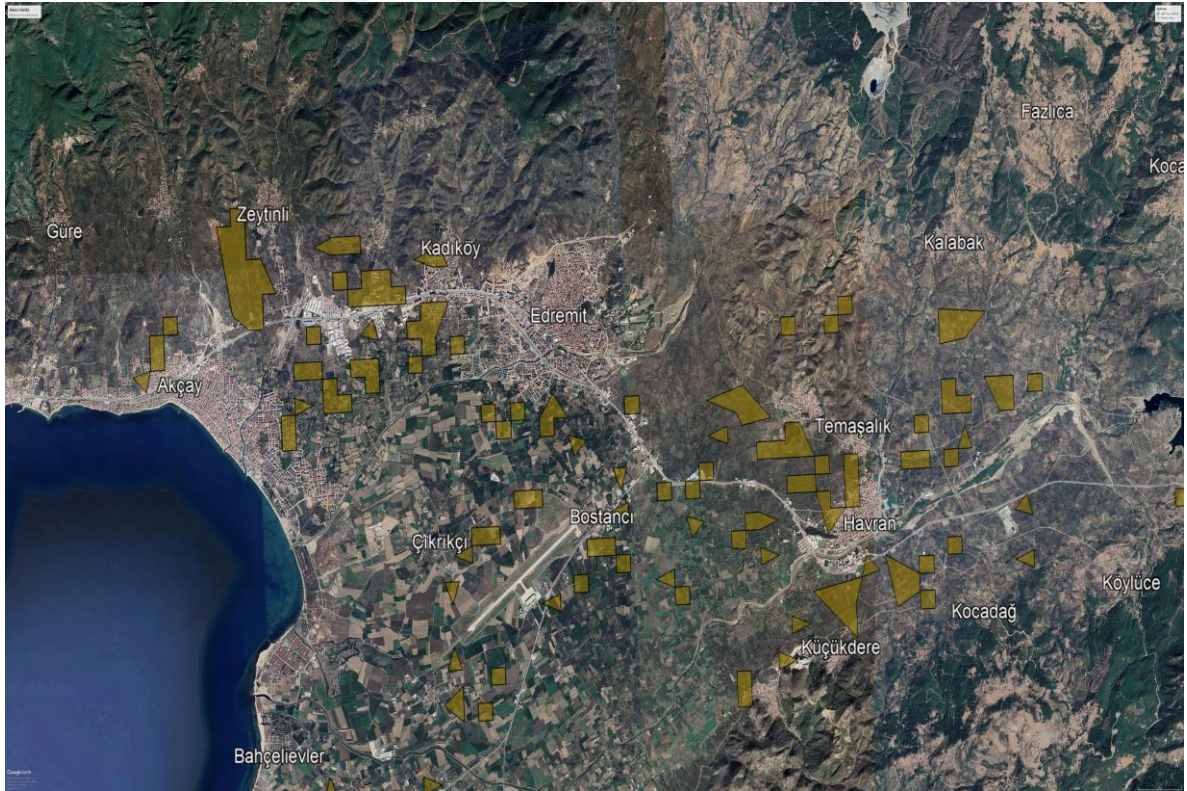
Şekil 3. 5 AHP Savaştepe Uygunluk Haritası



Şekil 3. 6 BAHP İpsala Uygunluk Haritası



Şekil 3. 7 BAHP Bigadiç Uygunluk Haritası



Şekil 3. 8 BAHP Edremit Uygunluk Haritası



Şekil 3. 9 BAHP Karacabey Uygunluk Haritası



Şekil 3. 10 BAHP Savaştepe Uygunluk Haritası

4. KAYNAKÇA

- [1] Başay, V., Eken, R., & Yılmaz, G. (2019). Orta yükseklikte dağlık bölgelerde kurulan güneş enerjisi santralinde fotovoltaik modüllerin yaşlanmasının araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2), 325-336.
- [2] Atakan, Y. (2020). Rüzgâr ve güneş enerjilerinden elektrik üretiminde gelişmeler Almanya ile Türkiye karşılaştırması.
- [3] Ayhan, M. B. (2013). A fuzzy AHP approach for supplier selection problem: A case study in a Gear motor company. *arXiv preprint arXiv:1311.2886*.
- [4] Aslan, Ş. (2019). Güneş enerji santrali yer seçiminde CBS kullanımı: Kayseri ili örneği (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Systems*, 17(3), 233-247.
- [6] Chou, S.-W., & Chang, Y.-C. (2008). The implementation factors that influence the ERP (enterprise resource planning) benefits. *Decision Support Systems* 46, 149-157.
- [7] Dağdeviren, M. (2007). Bulanik analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4).
- [8] Kum, G., Sönmez, M., & Karabaş , M. (2019). Gaziantep ilinde güneş enerjisi potansiyelinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP) ile belirlenmesi. *Coğrafya Dergisi*, 61-72.
- [9] Obut, Z. (2016). Göksun ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulacak alanların CBS yöntemi ile belirlenmesi (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [10] Open Street Map. (2023). <https://www.openstreetmap.org/#map=7/41.116/32.124> adresinden alındı
- [11] overpass turbo. (2023). <https://overpass-turbo.eu/> adresinden alındı
- [12] Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used, *Mathematical Modelling* 9(3-5), 161-176.
- [13] T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (2023). <https://www.mevzuat.gov.tr/> adresinden alındı
- [14] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> adresinden alındı
- [15] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). <https://enerji.gov.tr/eigm> adresinden alındı

- [16] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı . (2023). <https://balikesir.ktb.gov.tr/TR-65836/fiziki-ozellikler.html> adresinden alındı
- [17] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2023). <https://canakkale.ktb.gov.tr/TR-70467/cografya.html> adresinden alındı
- [18] T.C. Milli Savunma Babanlığı Haritalar Genel Müdürlüğü. (2023). <https://www.harita.gov.tr/urun/11000000-olcekli-turkiye-mulki-idare-bolumleri-haritasi-/114> adresinden alındı
- [19] T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2023). <https://sakarya.ktb.gov.tr/TR-112516/sakarya-genel-bilgiler.html> adresinden alındı
- [20] T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2023). <https://kirklareli.ktb.gov.tr/TR-64281/cografya.html> adresinden alındı
- [21] Uzar, M., & Koca, H. (2020). Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için uygunluk haritasının oluşturulmasında klasik ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin analizi: Menemen  rneği. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 7(1), 11-28.
- [22] wikipedia. (2023). https://tr.wikipedia.org/wiki/Marmara_B lgesi adresinden alındı
- [23] Yaralıoğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(1).
- [24] Yomralıoğlu, T. (2009). Coğrafi bilgi sistemleri: temel kavramlar ve uygulamalar. Bilgi Sistemleri.
- [25] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.
- [26] T.C. İçişleri Bakanlığı. (2023). <https://www.icisleri.gov.tr/turkiyenin-nufus-haritasi-10072021> adresinden alındı
- [27] Ertuğrul, İ. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve bir tekstil işletmesinde makine seğim problemine uygulanması. Hacettepe Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25 (1), 171-192
- [28] Bulđurcu, B., & Coşkun, İ. T. (2016). Genişletilmiş analiz yöntemine dayalı bulanık analitik hiyerarşi süreci ile araştırma görevlilerinin motivasyonları üzerine bir değerlendirme. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 8(32), 81-98.
- [29] Kaptanoğlu, D., &  zok, A. F. (2010). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. İTÜDERGİSİ/d, 5(1).
- [30] Enerji Atlası (2023) <https://www.enerjiatlasi.com/sehir/>
- [31] Türkiye Cumhuriyeti Dışışleri Bakanlığı <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa>

