

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN CBS İLE EN UYGUN YER TAYİNİ:
MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisi Yasin GERÇEK

**NİSAN 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ İÇİN CBS İLE EN UYGUN YER TAYİNİ :
MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

Harita Müh. Yasin GERÇEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 / 03 /2018

Tezin Savunma Tarihi : 05 / 04 /2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. H. Ebru ÇOLAK

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında
Yasin GERÇEK Tarafından Hazırlanan**

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN CBS İLE EN UYGUN YER TAYİNİ:
MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 20/03/2018 Gün ve 1745 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU

Üye : Prof. Dr. Bayram UZUN

Üye : Doç. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmam boyunca değerli vakitlerini ayıran, benimle görüş ve bilgilerini paylaşan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. H. Ebru ÇOLAK başta olmak üzere, sayın Arş. Gör. Tuğba MEMİŞOĞLU hocalarıma;

Ayrıca yüksek lisans çalışmam süresince benden destek ve yardımlarını esirgemeyen Fizik Y. Mühendisi Yasemin ÖZDEMİR'e, Elektrik Mühendisi Selahattin YILDIRIM'a, değerli arkadaşlarım Yük. İnşaat Müh. Onur OSMAN POLAT'a, Harita Mühendisi Osman YAVUZ'a, Harita Mühendisi Miraç DALMAÇ'a, Harita Mühendisi Enis KALAYCI'ya;

Hayatım boyunca hep yanımda olan, destek ve sevgilerini eksik etmeyen, hayattaki en büyük varlığım olan aileme teşekkür ederim.

Yapmış olduğum bu araştırma ile günümüzün en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin Malatya ilindeki kullanımı ve güneş enerji santralleri için en uygun yer seçiminin CBS teknolojisi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yasin GERÇEK
Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Güneş Enerji Santralleri için CBS ile En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. H. Ebru Çolak'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/04/2018

Yasin GERÇEK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Problemin Tanımı	3
1.1.2. Çalışmanın Amacı.....	4
1.1.3. Metodoloji.....	5
1.2. Literatür Taraması	7
1.2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi	7
1.2.1.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	9
1.2.1.2. Malatya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli	10
1.2.2. GES Alanları ve Yer Seçimi Kriterleri.....	11
1.2.3. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi	14
1.2.3.1. Fotovoltaik Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi	14
1.2.4. Türkiye’de GES için Mevzuat İrdelenmesi	17
1.2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	18
1.2.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)	19
1.2.6.1. Basit Ağırlıklı Toplam (BAT) Yöntemi	20
1.2.6.2. İdeal Nokta Yöntemi (TOPSİS)	21
1.2.6.3. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY).....	22
2. YAPILAN ÇALIŞMA.....	26
2.1. Uygulama Alanı Seçimi	27
2.2. Kullanılacak Konumsal Verilerin Temini	28

2.3.	GES Alanların Yer Seçimine Etki Eden Faktörler	28
2.3.1.	Güneşlenme Potansiyeli	29
2.3.2.	Bakı.....	31
2.3.3.	Eğim	32
2.3.4.	Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları	34
2.3.5.	Karayolu Ağı ve Demiryolu Ağı	35
2.3.6.	Gölet ve Baraj	36
2.3.7.	Alt Yapı Ağı (BOTAŞ Boru Hattı).....	38
2.3.8.	Deprem Fay Hattı	39
2.3.9.	Yerleşim Alanları	40
2.4.	AHY ile Faktör Ağırlıklarının Tespit Edilmesi.....	41
2.4.1.	AHY ile Kriterler Arasında Önceliklerin Belirlenmesi.....	42
2.4.2.	AHY ile İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	42
2.4.3.	GES Kurulumu İçin En Uygun Yer Haritasının Oluşturulması	44
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	46
3.1.	Malatya İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulması İçin En Uygun Yerler Haritası	46
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	61
5.	KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN CBS İLE EN UYGUN YER TAYİNİ:
MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Yasin GERÇEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. H. Ebru ÇOLAK
2018, 64 Sayfa

Günümüzün globalleşen dünyasında insanoğlunun temel ihtiyaçlarından biri olan enerji, teknolojinin ilerlemesi ile daha da önem kazanmıştır. Bu bağlamda, ülkelerin gelişmişliğinin bir göstergesi haline gelen enerji olgusu hakkında alternatif araştırma ve çalışmaların sayısı giderek artmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının aşırı tüketimi ve artan maliyetler, insanları yeni enerji kaynakları bulmaya sevk etmiştir. Bu perspektiften değerlendirildiğinde, Türkiye güneş enerjisinden yararlanma açısından uygun bir coğrafyada bulunduğundan, özellikle güneş enerjisinden elektrik üretimi yoluyla enerji ihtiyacının karşılanmasında son yıllarda önemli girişimler bulunmaktadır.

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi kullanılarak Malatya il sınırları içerisinde güneş enerji santralleri için en uygun yerlerin seçimi konumsal analizler yapılarak belirlenmiştir. Bu çerçevede, öncelikle güneş enerjisi santrali kurulması için yer seçim kriterleri tespit edilmiştir. Bu kriterler güneşlenme potansiyeli, bakı, karayolu ve demiryollarının varlığı, eğim, göller ve barajların lokasyonu, doğalgaz boru hatları güzergâhı, fay hatları ve mevcut yerleşim yerleri olarak saptanmıştır. Belirlenen kriterlerin kendi aralarında önem derecesine göre ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda CBS analizleri vasıtasıyla en uygun yerler tespit edilerek sonuç haritasında sunulmuş olup, elde edilen bu tespit sayesinde Malatya ilinde GES kurulumu için en uygun yerler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santralleri, GES, en uygun yer seçim analizi, CBS, Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), Malatya

Master Thesis

SUMMARY

OPTIMAL LOCATION ANALYSIS OF SOLAR ENERGY PLANTS WITH
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: CASE STUDY OF MALATYA
PROVINCE, TURKEY

Yasin GERÇEK

Karadeniz Technical University
Institute of Science and Technology
Department of Geomatics Engineering
Supervisor: Associate Professor H. Ebru ÇOLAK
2018, 64 Pages

In today's globalised world, the importance of energy that is considered one of the fundamental needs in human life increases substantially with the effects of technologic improvements. In this regard, the energy that describes as a parameter showing the development of countries is a kind of fact that brings about increasing the number of academic studies in this field. Due to the fact that excessive consumption of non-renewable energy resources and rising expenses, the vast majority of people tend to find new resources day by day. From this perspective, electricity produced from solar energy systems play a key role in supplying energy demand since Turkey is located in a suitable geography to benefit from solar energy systems.

In this study, many areas which are appropriate to construct solar energy plants within Malatya province boundaries of Turkey were designated by using GIS technology. From this framework, many effective factors related to the construction of solar energy plants such as insolation potential, sunlight angle, presence of highways and railway, energy transmission line, transformer station, slope, the location of dam and river, natural gas pipeline, fault line, current settlement were generated and then a weighting analysis was carried out in accordance with the parameters classified. Besides, the importance of each level was calculated with the help of "Analytical Hierarchy Method". After all these processes, a map which demonstrates the optimal locations of solar energy plants created via GIS techniques was presented for Malatya province of Turkey.

Keywords: Solar Energy Plant (SEP), choice of the most suitable area, Geographical Information Systems (GIS), Analytical Hierarchy Process (AHP), Malatya

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Çalışmada izlenecek temel teknik yöntemler ve işlem adımları	6
Şekil 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası.....	9
Şekil 3. Malatya ili global güneş radyasyon dağılım haritası	10
Şekil 4. Malatya global radyasyon değeri ve güneşlenme süreleri.....	11
Şekil 5. Güneş panel sistemleri.....	152
Şekil 6. Hücre-Modül-Dizin yapısı.....	15
Şekil 7. Şebeke bağlantısız sistemler	16
Şekil 8. Şebeke bağlantılı sistemler	17
Şekil 9. AHY' nin genel yapısı	222
Şekil 10. Çalışma alanı olan Malatya İlini gösteren harita	27
Şekil 11. Malatya ili güneş enerji potansiyeli haritası	31
Şekil 12. Malatya ili bakı verisi	32
Şekil 13. Malatya ili eğim verisi	33
Şekil 14. Malatya ili trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına ait konumsal veri.....	34
Şekil 15. Malatya ili karayolları ağına ait konumsal veri	35
Şekil 16. Malatya ili demiryolu ağına ait konumsal veri	36
Şekil 17. Malatya ili gölet ve barajlara ait konumsal veri	37
Şekil 18. Malatya ili BOTAŞ doğal gaz boru hattına ait konumsal veri	38
Şekil 19. Malatya ili deprem fay hattına ait konumsal veri	39
Şekil 20. Malatya ili yerleşim alanları konumsal verisi.....	40
Şekil 21. Tampon bölge (Buffer) ve kesişim (Intersect) analizleri.....	45
Şekil 22. Sınıflandırılmış güneş enerjisi potansiyeli dağılım haritası	47
Şekil 23. Sınıflandırılmış ve puanlandırılmış bakı durum haritası	48
Şekil 24. Gölet ve barajlara olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	49
Şekil 25. Enerji nakil hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	50
Şekil 26. Trafo merkezlerine olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	51
Şekil 27. Karayolu ağına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	52
Şekil 28. Demiryolu ağına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	53
Şekil 29. BOTAŞ boru hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	54
Şekil 30. Fay hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita	55

Şekil 31. Yerleşim alanlarına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita.....	56
Şekil 32. Malatya ilinde GES kurulması için en uygun alanların haritası.....	58
Şekil 33. Yeşilyurt Belediyesi tarafından güneş enerj santrali kurulumu yapılacak alanın uydu görüntüsü	59
Şekil 34. İnönü Üniversitesi GES proje alanını gösteren uydu görüntüsü	60



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. AHY ikili karşılaştırma ölçeği.....	23
Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi.....	24
Tablo 3. Rastgele indeks değerleri.....	26
Tablo 4. GES kurulumunda kullanılamaz alanlar.....	29
Tablo 5. GES kurulumunda etkili olan faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	43
Tablo 6. Faktör ağırlıkları.....	44
Tablo 7. Güneş enerjisi potansiyeli verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	47
Tablo 8. Bakı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	48
Tablo 9. Gölet ve Baraj verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	49
Tablo 10. Enerji nakil hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	50
Tablo 11. Trafo merkezleri verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	51
Tablo 12. Karayolu ağı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	52
Tablo 13. Demiryolu ağı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	53
Tablo 14. BOTAŞ boru hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	54
Tablo 15. Fay hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	55
Tablo 16. Yerleşim alanı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar.....	56

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GES:	Güneş Enerji Santrali
AHY:	Analitik Hiyerarşi Yöntemi
BAT:	Basit Ağırlık Toplam
TOPSİS:	İdeal Nokta Yöntemi
TK:	Tutarlılık Katsayısı
TO:	Tutarlılık Oranı
IEA:	Uluslar Arası Enerji Ajansı
ÇKKV:	Çok Kriterli Karar Verme
GSYH:	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
EİE:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
DMİ:	Devlet Meteoroloji İşleri
EPC:	Mühendislik, Tedarik ve Kurulum
TEİAŞ:	Türkiye Elektrik İletişim Anonim Şirketi
TCDD:	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
MTA:	Maden Teknik ve Arama
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSİ:	Devlet Su İşleri
BOTAŞ:	Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerji insanoğlunun en önemli ihtiyaçlarından biridir. Sahip olduğumuz medeniyetin yapıtaşlarından birini oluşturan enerji dünyada kalkınmanın ve gelişmişliğin ölçülmesinde önemli bir kriter durumundadır.

Bilimde ve teknolojideki ilerlemeler, insan nüfusundaki artış Türkiye ve dünyada enerjiye duyulan ihtiyacın gün geçtikçe artmasına sebep olmuştur. İhtiyacın karşılanmasında kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen fosil yakıt kaynaklarında hızla tükenmektedir. Enerji ihtiyacının yüksek bir kısmını karşılayan fosil yakıtlar birçok olumsuz etkilere de sebep olmaktadır. Dünyadaki sıcaklığın artması, mevsimlerin değişkenlik göstermesi, buzulların erimesi buna bağlı olarak deniz suyu seviyesinin artmasıyla kara parçalarının sular altında kalması, doğal afetlerin meydana gelmesi, çevre kirliliğine sebep olması bu olumsuz etkilerin başında gelmektedir. Bunların sonucunda da dünyadaki canlılar; insanlar, hayvanlar ve bitkiler olumsuz etkilenmekte ve büyük zarar görmektedir. Bu sorunlar zamanla bütün dünyayı ilgilendiren büyük bir problem haline gelmiştir. İnsanoğlu kayıtsız kalınamayacak bu sorun için araştırmalar yapmaya alternatif enerji kaynakları aramaya yönelmiştir. Tüm bu sorunların çözümü noktasında gezegeni olumsuz etkilemeyecek, çevreyi kirletmeyecek ve canlıların zarar görmesine sebep olmayacak güvenilir özelliği olan yenilenebilir enerji kaynakları büyük rol oynamaktadır (Kılıç, 2015).

Kullanmakta olduğumuz enerjinin çevre ve canlılarda oluşturduğu olumsuz etkileri bilinmektedir. Sanayileşme süreci ve beraberinde artan enerji ihtiyacı bu olumsuzlukların artmasına sebep olmuş ve beraberinde de yeni sorunlar getirmiştir. Bu olumsuzlukların durdurulması noktasında çevre dostu enerji kaynaklarının yaygınlaştırılarak dünya çapında gerektiği önemi görmesi çözüm aşamasında büyük bir adım olacaktır (Özgöçmen, 2007). Yenilenebilir enerji kaynaklardan biri olan güneş enerjisinin kullanımı hem dünyada hem de ülkemizde yaygınlaşmaya başlamıştır. Avrupa ve diğer dünya devletlerine göre ülkemizin yıllık güneşlenme süresi oldukça fazladır. Bu da ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisini ön plana çıkarmaktadır.

Evrenin temel enerji kaynağını oluşturan, diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha temiz ve gezegende yaşam devam ettikçe tükenmeyecek olan güneşin dünyaya göndermiş olduğu enerji miktarı yılda 1.5 katrilyon (1.5×10^{15}) MW/h'tir. Bu miktar insanların bir yılda

tükettiği enerjiyle kıyaslandığında tam 28 000 kat daha fazlasına tekabül etmektedir (Yıldız, 2015).

Günümüzün globalleşen dünyasında güneşten elde edilecek enerji miktarını hesaplayabilmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çerçevede Uluslararası Enerji Ajansı'nın yaptığı bir çalışmada 90 dakika da yeryüzüne ulaşan güneş ışığı hesaplanmıştır. Sonuçta elde edilen enerji miktarının tüm dünyada kullanılan enerji miktarına tekabül ettiği ortaya çıkmıştır. IEA tarafından, önümüzdeki 30 yıl içerisinde dünyadaki enerji ihtiyacının %11'inin güneş enerjisi ile karşılanacağı iddia edilmektedir. Bununla birlikte 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarında kayda değer bir artış olacağı düşünülmektedir ve bu artış yıllık %7.6 olacağı öngörülmektedir (Kılıç, 2015).

Son yıllarda Türkiye'de enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılması için bir çok strateji geliştirilmiştir. Bunlar; fosil yakıtların tüketilmesinde artan talep ve bağımlılık indeksi, yakıt fiyatlarında meydana gelen varyasyonların ve risklerin değerlendirilmesi, ekonomik kalkınma üzerindeki olumsuz muhtemel etkilerin minimize edilmesidir (URL-7, 2017).

2012-2023 yılları arasında enerjiye duyulacak ihtiyaç yüzde 75,4'lük bir artış göstermiş ve bu talebin karşılanabilmesi için 125 000 MW'lık bir üretime ihtiyaç vardır. Bu perspektiften bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bir kez daha ortaya çıkmakla beraber, mevcut potansiyelin yüzde 30'lara çıkarılması gerekmektedir (URL-7, 2017) .

Yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik önemin artması ile birlikte güneş ışığının enerjiye dönüştürülmesi için güneş enerji santralleri (GES) kurulmaya başlanmıştır. Bu bağlamda güneş enerji santrallerinden verim alabilmek adına hangi bölgelere kurulması gerektiği sorusu gündeme gelmiştir. GES'ler için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla öncelikle hangi kriterlerin değerlendirmeye alınacağı tespit edilmelidir. Belirlenen kriterler bütüncül olarak değerlendirmeye tabi tutularak GES'ler için en uygun yerlerin belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) teknolojisi kullanılarak konumsal analizler yapılabilmektedir. CBS en uygun yer seçimi analizlerinde kullanılan etkin bir araçtır. Güneş enerji santrallerinin kurulumunda etkili olan etkenler belirlenerek ve bir veritabanında toplanarak en uygun yerlerin tespiti için ilgili analizlerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi mümkündür. Bu bağlamda güneş enerji santralleri üzerinde önemli olan etkenlerin neler olduğu ve konumsal olarak hangi bölgelerin enerji üretiminde daha verimli ve ekonomik olduğunun belirlenmesi için analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Coğrafi bilgi

sisteminin uygulama alanlarından birisi olan yenilenebilir enerji sistemleri ve enerji santrallerinin kurulumundaki en uygun yer analizi konusunda birçok çalışma mevcuttur (Güçlüer, 2010; Saner, 2015; Demirer, 2017). Bu çalışmalarda da olduğu gibi çok sayıda güneş enerjisi santrali kurulumunda etkili olan kriterlerin değerlendirildiği çalışmalarda, parametrelerin ağırlıklarının belirlenmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri sıklıkla tercih edilmiştir. ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemine (AHY) göre ağırlıkların belirlenmesinde daha önce bu alanda yapılmış çalışmalar geliştirilerek ağırlıklar belirlenebilmekte ve uygulamalar yapılabilmektedir. Böylece çok sayıda kriterin farklı ağırlıklarda etki ettiği analizler, CBS teknolojisi kullanılarak bütüncül bazda gerçekleştirilebilmektedir. AHY ile elde edilen kriter ağırlıkları ve puanlandırmaları kullanılarak, her bir kriterin konumsal verisi üzerinde CBS ile konumsal analizler gerçekleştirilmekte ve en uygun yerler analiz edilerek sonuç haritalar üzerinde gösterilmektedir.

1.1.1. Problemin Tanımı

Ülkemiz enerji açısından dışa bağımlı bir ülke olmakla birlikte enerji ihtiyacı açısından sürekli olarak artan bir ithalat gerçekleştirilmektedir. Örneğin Türkiye'nin toplam petrol ithalatı 2017'nin Ekim ayında bir önceki yıla oranla yüzde 17.5 oranında artmıştır (EPDK, 2017). Bunun yanı sıra doğalgaz ve kömür gibi hammaddeler de enerji ihtiyacımız için ithal edilmektedir. Ülkemizin birincil enerji kaynakları bakımından yetersiz olmasına paralel olarak bu yakıtların ekosistemde neden olduğu tahribatlar ve günümüz teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ülkemizi yeni enerji kaynakları üzerinde çalışma yapmaya zorlamıştır. Son yıllarda gelişmiş ülkeler, özellikle güneş enerjisinden enerji üretmek adına güneş enerji santralleri kurmaya yönelmişlerdir.

Türkiye coğrafi konumu gereği güneş enerjisinden faydalanmak için ideal bir konumdadır ve bu artan enerji ihtiyacı noktasında umut verici bir durumdur. Buna karşın, güneş enerjisi kullanımının getirdiği avantajların yanında bazı negatif etkilerinin de bulunduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, güneş enerji santrallerinin kurulumu için geniş arazilere ihtiyaç duyulmakta aynı zamanda ekolojiye vereceği zararı yok denecek dereceye indirmek için yer tespitinde önemli değerlendirmeler yapıp doğru kararlar

verilmelidir. Bu bağlamda GES'ler için en uygun yer analizlerini yaparak nihai kararlara varmak çok önemlidir.

Ayrıca, yüksek maliyetlerle kurulan bu santrallerden minimum gider, maksimum verim alınması hedeflenmektedir. Enerji nakil hatları, trafo merkezleri, yerleşim alanları, alt yapı sistemleri, ulaşım ağı, jeolojik yapı, sulak alanlar (dere, göl, akarsu vb.), eğim, bölgesel güneşlenme süresi, ekolojik yapısı gibi özellikler yer tespiti yaparken bir bütün olarak göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu bağlamda GES alanları için sadece geniş arazilere yönelik bilginin yanı sıra pek çok etken birlikte değerlendirilmelidir.

1.1.2. Çalışmanın Amacı

Son yıllarda yakıt maliyetlerinde artan yönde bir eğilim olması nedeni ile birkaç yıl öncesine kadar ekonomik görülmeyen güneş enerjisi, zaman geçtikçe bazı sektörlerde kullanımının daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Teorik olarak güneş, füzyon enerjisinin en büyük kaynağı olarak nitelendirilir. Bu bağlamda güneş enerjisi mevcut potansiyelinden dolayı petrol, kömür ve atom enerjisi gibi birincil enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir kaynak niteliğindedir (Özgöçmen, 2007).

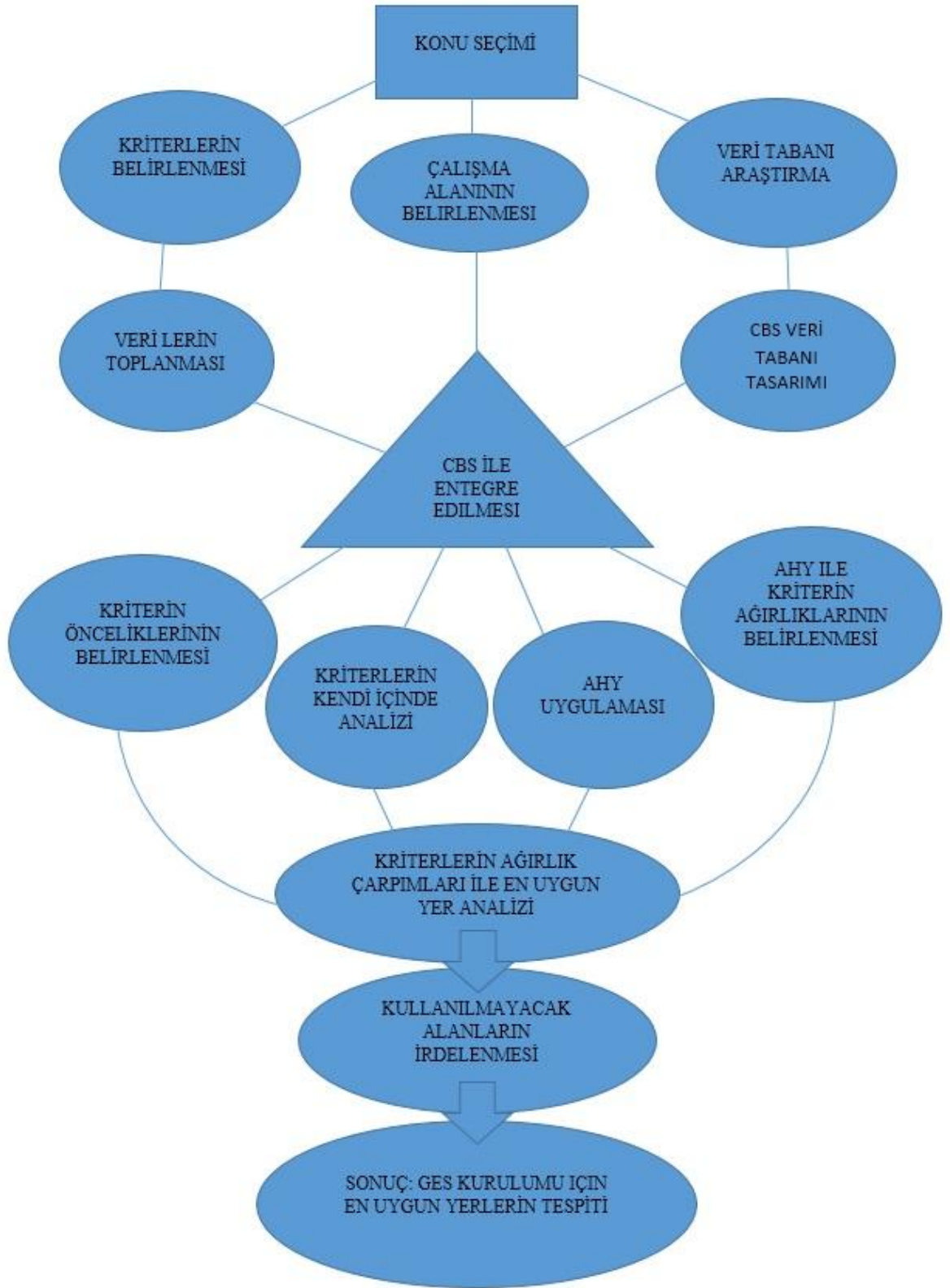
Bu çalışmada yakıt sorunu olmayan, işletme kolaylığı sağlayan, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak görülen güneş enerjisinden en üst düzeyde faydalanmak amacıyla GES kurulması için gereken kriterler ve işlem adımları araştırılmış ve güneş enerjisi santrallerinin en uygun lokasyona inşa edilmesi için CBS kullanılarak konumsal analizlerin gerçekleştirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Bu çıkarımlar neticesinde, Malatya ili çalışma alanı olarak belirlenmiş ve bu ilde GES projelerini hayata geçirebilmek için gerekli olan en uygun lokasyonların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda örneğin yol, arazi eğimi, enerji nakil hatları gibi pek çok parametre göz önünde bulundurulmuştur. CBS en uygun yer seçimi konusunda etkili sonuçlar vermekte ve karar vericiler için yönlendirici bilimsel bilgi sunmaktadır. En önemlisi de bunu yaparken ekosistemdeki yapının bozulmaması için kapsamlı bir çalışma yapmak ve böylelikle canlı ve cansız çevreyi olumsuz etkilerden uzak tutarak temiz bir enerji üretimi sağlamaktır.

1.1.3. Metodoloji

Çalışma kapsamında, güneş enerji santrali kurulumunda etkili olan faktörlerin tespit edilmesi, bu kriterler için gerekli konumsal ve konumsal olmayan verilerin sağlanıp bir coğrafi veritabanında bütünleştirilmesi ve CBS teknolojisi ile en uygun yerlerin tespiti için analizlerin gerçekleştirilmesi süreçleri yer almaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde genel olarak izlenecek işlem adımları şu şekildedir;

- Konuyla ilgili literatürün araştırılıp incelenmesi,
- Güneş enerjisi ve santralleri hakkında bilgi edinilmesi,
- CBS teknolojisi yöntemlerinin araştırılması; kullanılacak verilerin ve yöntemin belirlenmesi
- Çalışma alanı olarak belirlenen il sınırının temin edilmesi
- İl sınırları içerisindeki karayolu, demiryolu, enerji nakil hattı, trafo merkezleri, eğim, bakı vb konumsal verilerin temin edilmesi
- Yerleşim alanlarının uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırılması
- Elde edilen konumsal verilerin ArcGIS ortamında aynı koordinat sistemine aktarılması, topolojilerinin oluşturulması ve öznitelik verileri ile ilişkilendirilmesi,
- Güneş enerji santrali kurulumunda etkili olan kriterlerin puanlarının belirlenmesi,
- Kriterlerin ağırlıklarının Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak tespit edilmesi,
- ArcGIS yazılımında bu kriterlerin ağırlıkları esas alınarak konumsal analizlerin gerçekleştirilmesi,
- Güneş enerji santrali kurulumunda en uygun yerlerin tespiti ve sonuç haritaların üretilmesi



Şekil 1. Çalışmada izlenecek temel teknik yöntemler ve işlem adımları

1.2. Literatür Taraması

Bu çalışmada güneş enerjisi sistemlerinin verimli kullanımının önemi hakkında genel bir çerçeve çizilecektir. Bununla birlikte, özellikle olarak Türkiye'nin Malatya ilinin güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilgi verilecek ve bu ilde güneş enerjisi santralleri için en uygun lokasyonların belirlenmesinde CBS teknolojisinin ne derece önemli rol oynadığı vurgulanacaktır.

1.2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi

Her geçen gün artmakta olan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalar önem kazanmış bu alanda yapılan projeler için ciddi yatırımlar yapılmıştır. Buna örnek olarak dünyada yenilenebilir enerji projeleri için 2014'de yapılan yatırım 2013 yılına göre %16'lık bir artışla 310 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Çin bu alanda yapmış olduğu 90 milyar dolarlık yatırım ile yenilenebilir enerjilere en fazla yatırım yapan 1. ülke olmuştur. Çini takip eden 51 milyar dolar yatırım ile Amerika Birleşik Devletleri 2. ülke olurken, Japonya ise 41 milyar dolar ile yenilenebilir enerji alanında yatırım yapan 3. ülke durumundadır. Bu bilgiler ışığında 2014 yılı için dünyada güneş enerjisi için yapılan yatırımlarda artan bir eğilim olduğu gözlenmiştir ve bu değer 150 milyar dolara tekabül etmektedir (Yıldız, 2015). Ayrıca, günümüzün globalleşen dünyasında yenilenebilir enerji kaynakları adına birçok alternatif bulunmasına rağmen, güneş enerjisinden elektrik üretimi ilk sırayı almayı başarmıştır (Karataş, 2009). Bu hususta güneş enerjisinden elektrik üretimi noktasında Avrupa'da öncü ülkelerden olan Almanya kendi bünyesindeki 12 şirket vasıtasıyla yaklaşık 560 milyar dolarlık Desertec Projesini planlamıştır. Bu projenin amacı Sahra Çölü'nde üretilecek enerjinin Afrika ve Ortadoğu ülkelerine transferi olmakla beraber, Avrupa'daki enerji ihtiyacının 2050 yılına kadar %15 seviyesinde sağlanmaktadır (Yıldız, 2015).

Almanya 2014 itibariyle güneş enerjisinden enerji üretimi kapasitesini 38200 MW'a çıkararak güneş enerjisi kurulu gücü %21'lik oranla kömürden sonra gelerek ikinci sıraya yükseltmiştir. Uzun vadede Almanya, 2050 yılına kadar ihtiyaç duyulacak elektriğin %80'ini yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılamayı hedeflemektedir (Yıldız, 2015).

Avrupa'nın yenilenebilir enerji kaynaklarına oldukça önem veren diğer bir ülke de İtalya'dır ve bu konuda önemli yatırımlar yapmış bir ülkedir. Yapılan istatistiklere göre İtalya'nın 2015 Şubat ayında tükettiği toplam elektriğin %5,1'i güneş enerjisi santralleri ile temin edilmiştir. Buna ek olarak Japonya'da güneş enerjisi santralleri vasıtasıyla elektrik üretimde önemli bir vizyon ortaya koymuş ve 2020 yılına kadar kurmayı planladığı sistemlerle 32.000 okulun elektrik ihtiyacını karşılamayı planlamaktadır (Yıldız, 2015).

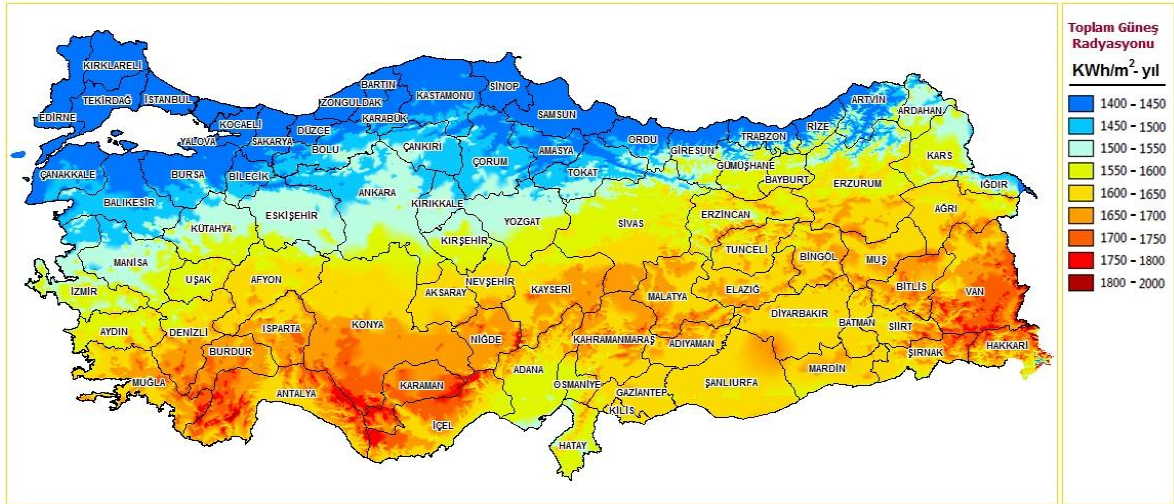
Diğer görülebilir argüman da şudur ki; Türkiye 2023 vizyonu çerçevesinde güneş enerjilerinin yatırımları noktasında önemli atılımlar yapmış olup, 380x109 kilowatt-saatlik halihazırda enerji potansiyeline sahiptir. Fakat bu değerli enerji kaynağı 2014 yılından itibaren toplam kurulu güç içerisinde kendine yer bulabilmiştir (Yıldız, 2015).

Türkiye dünyanın 17. Avrupa'nın ise 6. büyük ekonomisidir. Büyüyen ekonomisi ve artan nüfusu ile birlikte, Türkiye'deki enerji talebi hızlı bir şekilde artmaktadır ve bu durum hem elektrik hem de diğer birincil enerji kaynakları için olmak üzere enerji arz güvenliğini hükümet gündeminin en üst sıralarına taşımıştır. Türkiye ekonomisi ithal enerji kaynaklarına bağımlı bir ülkedir ve 2012 yılı itibariyle birincil enerji tüketiminin % 90'ı, ağırlıklı kısmı ithal edilmekte olan fosil yakıtlara dayalıdır. Önümüzdeki yıllarda da Türkiye'nin ekonomik kalkınma sürecinin devam edeceği öngörülmektedir ve dolayısıyla da enerji talebinin artmaya devam edeceği beklenmektedir. Mevcut tahminlere göre, 2011-2013 döneminde birincil enerji talebi yaklaşık % 90'lık bir artış yaşanacaktır. Bu ortamda, yeni üretim yatırımlarının devreye alınması, enerji kaynaklarının çeşitliliği ve enerji verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması Türkiye için önemli hususlar olarak öne çıkmaktadır. Yüksek düzeydeki enerji bağımlılığından kaynaklanan risklerin önlenmesi ve sürdürülebilir bir enerji modelinin geliştirilebilmesi için, hükümet temel olarak yenilenebilir enerjiye dayalı alternatif çözümlerin teşvik edilmesi konusunda kararlılık göstermektedir. Türkiye geleceğe dönük olarak yenilenebilir enerjinin önemli bir rol oynadığı yenilikçi bir enerji politikası yürütmektedir. Türkiye bir yandan 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi talebinin en az % 30'unu karşıladığı bir üretim portföyü oluşmasını ve ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının % 10'unun yenilenebilir enerjiden karşılanmasını hedeflemekte, diğer yandan 2023 yılında enerji yoğunluğunu yani birim GSYH başına tüketilen enerji miktarını 2011 referans yılında gerçekleşmiş olana göre en az % 20 düşürmeyi amaçlamaktadır (URL-7, 2017).

1.2.1.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Dünyada şimdiye kadar tespit edilmiş toplam fosil yakıt deposu ile yıllık yeryüzüne düşen güneş ışınlarının miktarı karşılaştırıldığında, güneş ışınlarının miktarı toplam fosil yakıt deposununun 160 katı olduğu tespit edilmiştir (Kılıç, 2015). Diğer taraftan Türkiye'deki yıllık güneşlenme süresi baz alındığında, bu süre 2640 saate tekabül ederken, yıllık güneş enerjisi ışınım şiddeti ise 1311 kWh/m^2 dir. Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan coğrafi bölgeler düşünülerek bir sıralama yapılırsa; Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi, Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi şeklinde sıralanabilir (Kılıç, 2015).

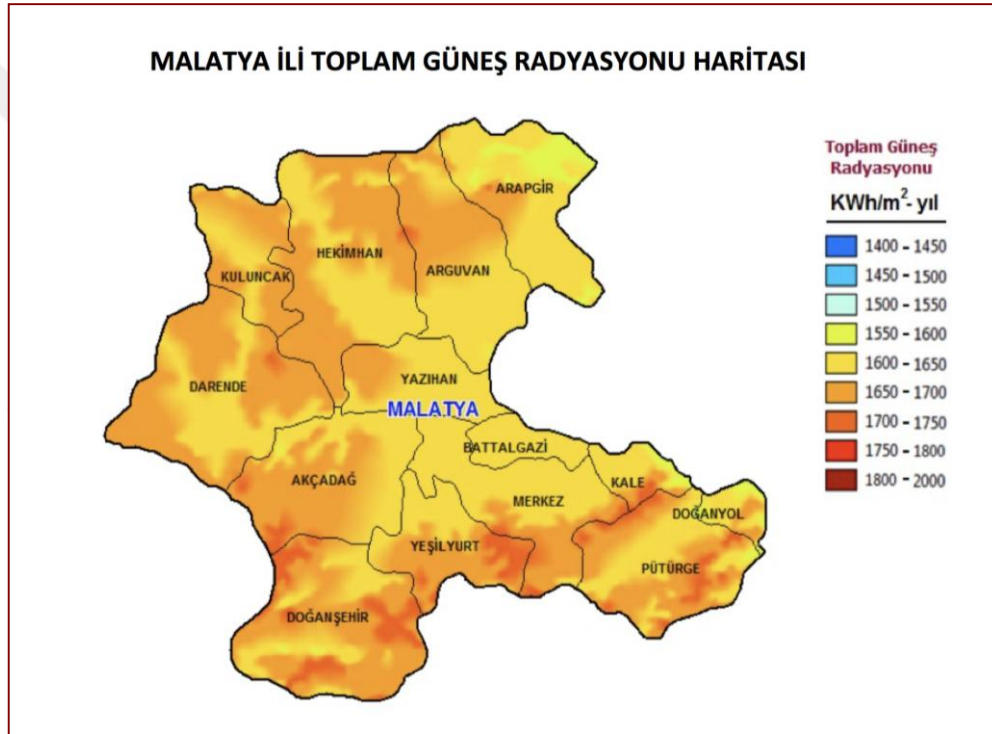
T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası üretilmiş ve resmi internet sayfasından bu atlas tüm kullanıcılara sunulmuştur. Aşağıda gösterilen atlas (Şekil 2) 1985-2006 yılları arasında 22 saatlik ölçüm değerleri kullanılarak elde edilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli hakkında fikir vermektedir. Bunun için EİE ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ) istasyonlarında elde edilen veriler kullanılmıştır (URL-1, 2017). Bu atlas incelendiğinde Türkiye'nin güney bölgelerinin kuzey enlemlerine göre daha güneş enerji potansiyelinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (URL-1, 2017)

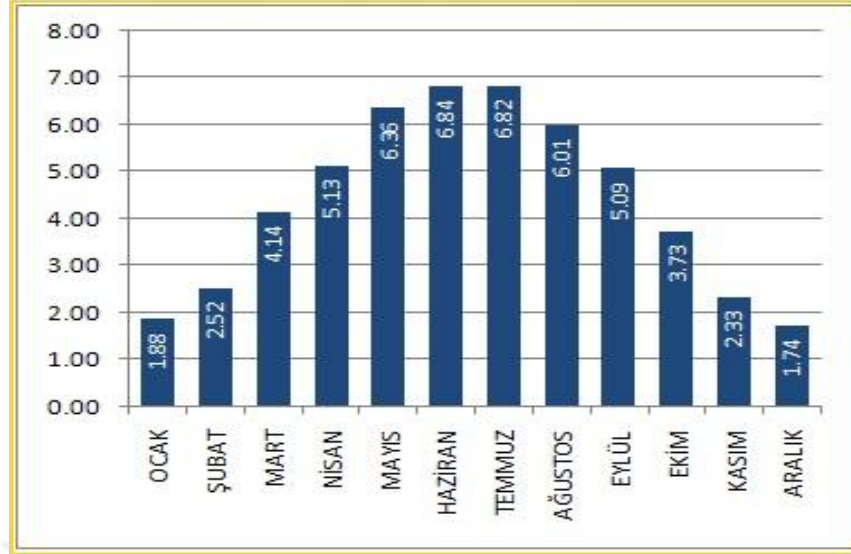
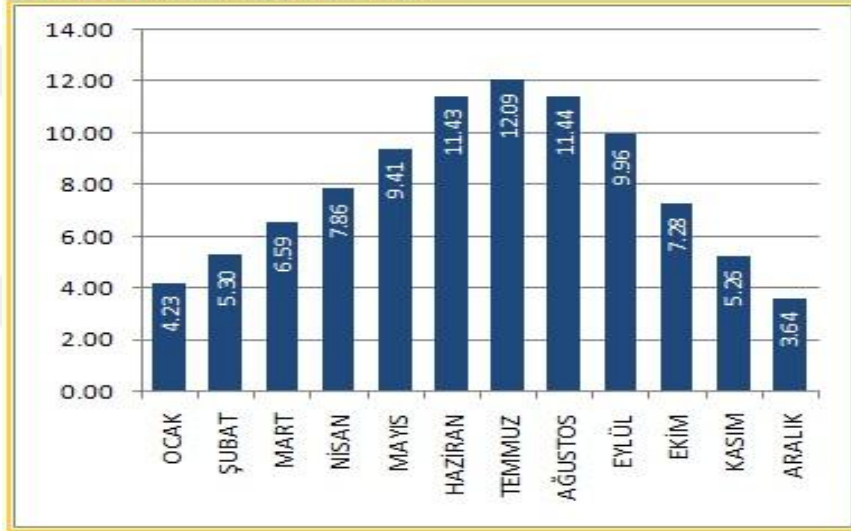
1.2.1.2. Malatya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Şekil 3’de verilen istatistikler incelendiğinde Malatya ilinde güneş ışınımı değerleri ortalama 1600-1700 KWh/m² arasında olduğu gözlemlenmektedir. Bu sonuç yıllık elde edilen toplam enerjiyi göstermektedir. Buna ek olarak, yapılan sınıflandırmada koyu renkte belirtilen yerler güneş enerjisi vasıtasıyla elde edilecek enerjinin en uygun lokasyonunu ifade ederken, Malatya ilinin global güneş radyasyon dağılımı istatistiklerinde ortalamanın üzerinde olduğu söylenebilir (URL-1, 2017).



Şekil 3. Malatya ili global güneş radyasyon dağılım haritası (URL-1, 2017)

Malatya ilinin global güneş radyasyon değerlerinin yanı sıra saatlik güneşlenme süresi hakkında bilgiler aşağıdaki grafiklerde (Şekil 4) izlenmektedir. Bu grafikler incelendiğinde Haziran ve Temmuz aylarında güneş ışımaya süresi maksimum iken, Aralık ve Ocak aylarında ise bu değer minimum olduğu görülmektedir. Ayrıca ortalama güneşlenme süresi günde 7.9 saattir. Aylık bazda düşünüldüğünde bu değer Aralık ayı için 3,64 saat iken Temmuz ayı için 12,09 saattir (Baran, 2012).

MALATYA Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün)**MALATYA Güneşlenme Süreleri (Saat)**

Şekil 4. Malatya global radyasyon değeri ve güneşlenme süreleri (URL-1, 2017)

1.2.2. GES Alanları ve Yer Seçimi Kriterleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en popülerlerinden biri olan güneş enerjisinin en önemli avantajı tükenmeyen bir kaynak olmasıdır (Şekil 5). Dezavantajı ise güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirme olayının bir hayli maliyetli olmasıdır. Türkiye piyasasında son yıllarda sistem maliyetlerinin 1 MW ve benzeri büyüklükteki projeler için 2,000 Avro/kWel'dan 1,000 Avro/kWel'lara geldiği görülmektedir (Salman, 2016). Ancak ölçek ekonomileri nedeni ile bu oranlar farklı kapasitedeki santraller için geçerli olmayabilir. Düşüşteki temel nedenler irdelendiğinde son yıllarda GES sistemi yatırımları ve bu

sistemlere yönelik ilginin Türkiye’de ivmelenmesi gösterilebilir. Son dönem görülen talep artışı öncelikli olarak Ekim 2013 tarihinde yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine Yönelik Yönetmelik ile ilişkilendirilebilir (Resmi Gazete, 2013). Devletin destek mekanizması ile birlikte artan pazar potansiyeli sektöre yönelik iştahın artmasına, yurtdışından tecrübeli tedarikçi, yatırımcı ve EPC (Mühendislik, Tedarik, Kurulum) firmalarının Türkiye’ye akın etmesine, rekabetin artması ve nihayetinde fiyatlandırmanın rekabet koşulları ile daha da gerçekçi oluşmasına yol açmaktadır. Şu anda sektörü kamçılamanın en önemli faktör şüphesiz olarak devletin sunduğu 10 yıl süre ile alım garantisi ve kW’s başına verilecek olan 13,3 ABD Doları üzerinden elektrik alım garantisidir (Salman, 2016). Örneğin 2013 yılında Denizli’nin Serinhisar ilçesine 10.000 m²’lik güneş enerjisi santrali için 1 milyon Euro civarında bir yatırım yapılmıştır (URL-6, 2017).



Şekil 5. Güneş panel sistemleri (URL-8, 2018)

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre avantajları;

- Her şeyden önce güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerji ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.

- Dışa bağılı olmadığından doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Bir çok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
Bunların yanı sıra güneş enerjinin diğer enerji türlerine göre dezavantajları da vardır. Bunlar;

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkanları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması ve gölgelenmemesi gerekir.

Enerji alanında yapılacak yatırımların temelinde yatmakta olan amaç maliyeti azaltıp verimi artırmaktır. Güneş enerjisi AR-GE çalışmalarında da amaçlanan yüksek verim düşük maliyettir. Bunun yanında çevresel etkileşim ve ekonomik gelişmeler alınacak kararlarda göz önünde bulundurulması gereken kriterlerdir (Demirer, 2017).

Söz konusu kriterlerin başında gelen maliyet konusundaki verimlilik aynı zaman da elektrik üretim maliyetiyle doğrudan bağlantılıdır. Teknolojinin gelişmesi ile güneş enerjisi santrallerinin kurulum maliyeti zamanla azalsa da bunun yanında verimliliği ve maliyetleri doğrudan etkileyen temel kriterler bulunmaktadır.

GES alanları yer seçiminde kullanılan kriterler dikkate alınarak ihtiyaç duyulan konumsal veriler şu şekilde sıralanmıştır;

- Güneşlenme Potansiyeli (Global Radyasyon Değeri)
- Eğim
- Bakı
- Enerji Nakil Hattı
- Trafo Merkezleri
- Karayolu Ağı
- Demiryolu Ağı
- Gölet, baraj vb. (sulak alanlar)
- Alt Yapı Ağı (BOTAŞ Boru Hattı)
- Deprem Fay Hattı
- Yerleşim Alanlar

1.2.3. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Güneş enerjisi sistemleri ile elektrik üretimi 3 ana başlık altında sınıflandırılabilir.

Bunlar:

- Fotovoltaik Sistemler
- Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler
- Yükselen Hava Akımlı Sistemler

Bu çalışmada Fotovoltaik Sistemler üzerindeki konular ele alınacaktır.

1.2.3.1. Fotovoltaik Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi

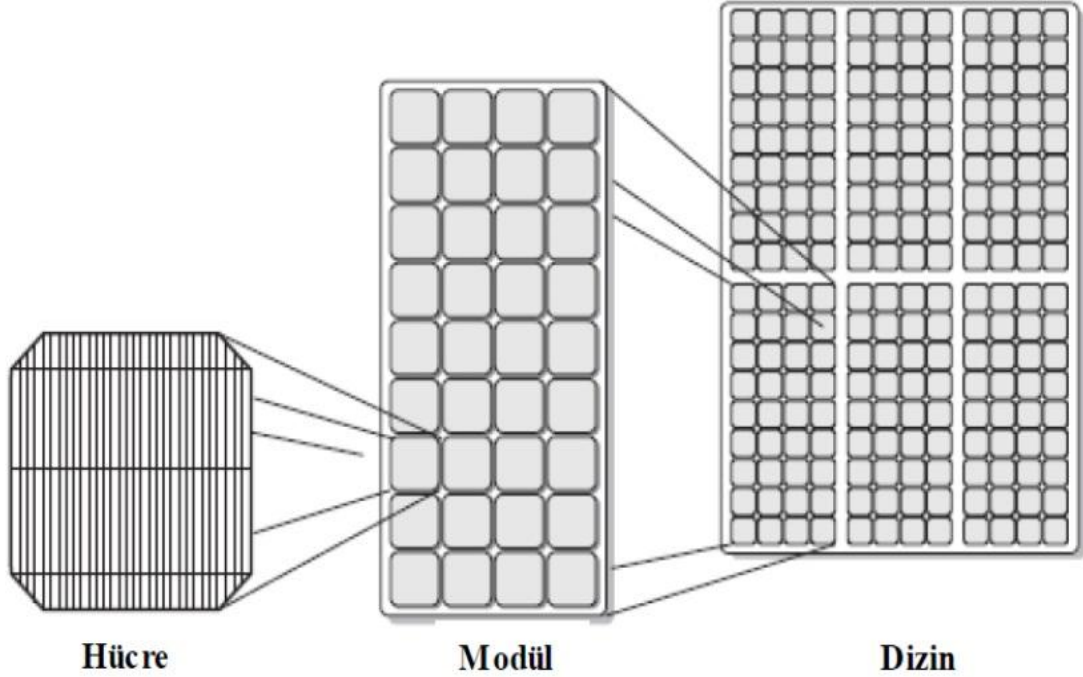
Günümüzde yenilenebilir enerjinin önemli bir ayağını oluşturan fotovoltaik sistemlerle elektrik üretimi, güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretimi olarak da tanımlanabilir. 'Photo' ve 'Voltaic' kelimelerinin bir araya gelmesiyle türeyen bu kelimedede, Photo kelimesi ışığı temsil ederken Voltaic kelimesi ise elektrik enerjisini ima etmektedir. Fotovoltaik kelimesi ise birlikte, güneş enerjisi vasıtasıyla elektrik enerjisi üretimi anlamına gelmektedir (Karataş, 2009).

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde son yıllarda teknoloji ve verimlilik açısından önemli gelişmeler yaşanmış ve bu tür sistemler şehirlerde örneğin; sokak lambaları, otomatik kapılar, konutsal ve kentsel elektrik ihtiyaçlarının karşılanması noktasında yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Bu sistemlerin kullanım sahası düşük kapasiteli ihtiyaçlarla sınırlı olsa da, artan teknoloji ile kapasite, verimlilik ve sistemlerin sürdürülebilirliği hususunda önemli gelişmeler yaşanmakta ve buna paralel olarak maliyetler önemli ölçüde düşürülmektedir. Güneş enerjisi panel sistemlerinin verimliliği bu konuya çarpıcı bir örnek olacaktır.

Sistemlerin kendi bünyesinde bölümleri ayrı ayrı incelenecek olursa 'güneş hücresi' bu sistemlerin en küçük birimi olarak nitelendirilebilir. Bu hücre, pozitif ve negatif olarak ayrılan en az iki yarı iletken katmandan oluşur. Sistemin çalışması; güneş ışınları hücreye girdiği zaman, güneş ışınları bünyesindeki fotonların yarı iletkenin atomları tarafından emilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu safhadan sonra negatif katmandaki elektronlar serbest kalarak pozitif katmana doğru ilerler. Bu süreç sonucunda elektrik akımı oluşur.

Oluşan elektrik akımı çok küçük olduğundan uygulamada kullanım için yeterli değildir. Bu bağlamda, oluşan elektrik akımını yeterli bir seviyeye çıkarmak için düzinelerce hücre bir araya getirilir ve bunların her biri artık ‘modül’ adını alır. Modüller ise birleşerek dizinleri meydana getirmektedir.



Şekil 6. Hücre-Modül-Dizin yapısı (Karataş, 2009)

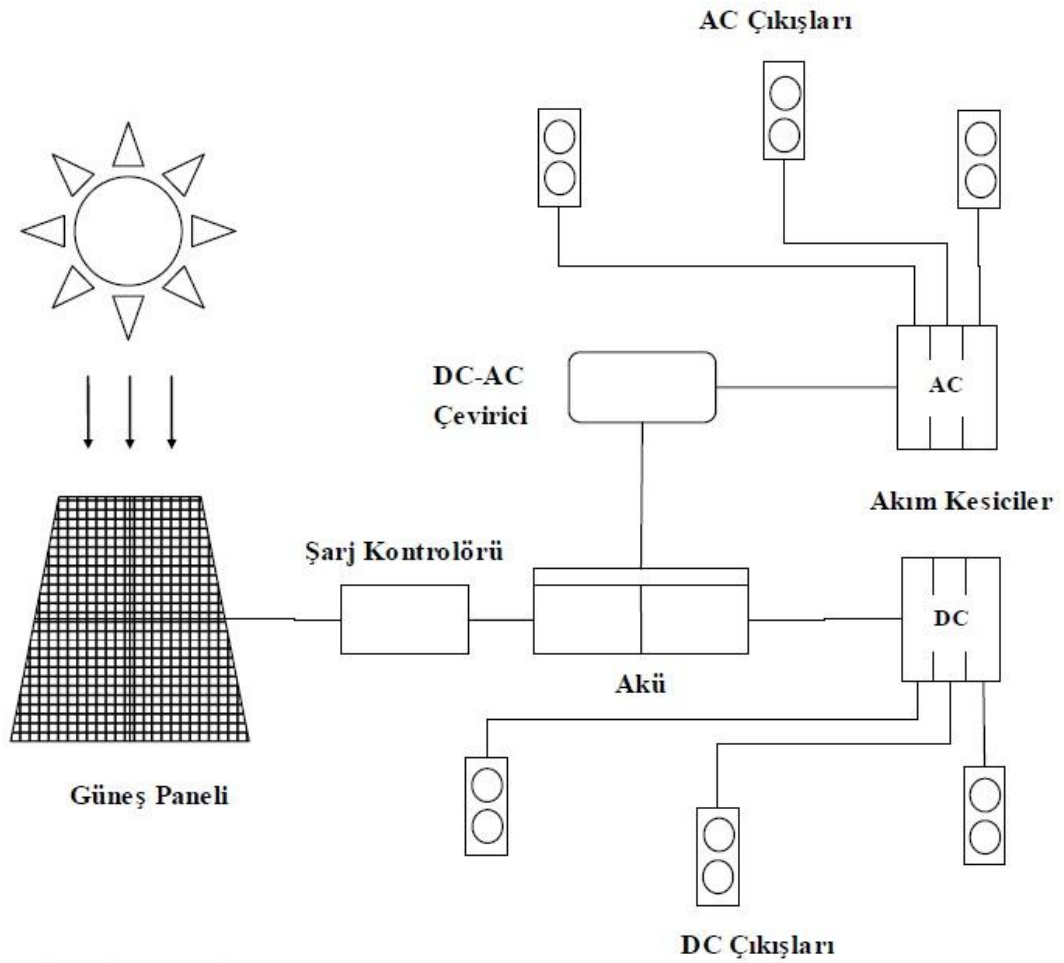
Modülleri oluşturmak bazı önemli koşulları da beraberinde getirir. Örneğin; güneş hücreleri hava koşullarından etkilenmeyecek ve kapalı bir ortamda olacak biçimde birbirine bağlanmalıdır. Modüllerin çalışma prensibine göre; eğer iki modül birbirine seri şekilde bağlanırsa voltajları iki katına çıkarken bir taraftan da akım sabit kalmaktadır.

Buna karşın, iki modül birbirine paralel bağlanırsa akımın performansı iki katına çıkarken, voltaj ise sabit kalacaktır. Bu yüzden, modüllerin bağlanma şekilleri ihtiyaca bağlı olarak şekillenen modül dizileri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Güneş pil sistemi yukarıda bahsedilen güneş dizinleri yardımıyla kurulur ve amacına hizmet edecek şekilde kullanımına başlanır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli husus güneş enerjisi yardımıyla üretilen elektriğin doğru akım (DC) olup olmadığının değerlendirilmesi olacaktır. Doğru akım (DC) günlük hayatta kullandığımız birçok

elektriksel aparata uygun değildir. Bu yüzden, üretilen akımın doğru akımdan (DC) alternatif akıma (AC) çevrilmesi gerekli olabilir.

Daha önce bahsedildiği gibi güneş enerjisi vasıtasıyla elektrik üretimi sokak lambaları, otomatik kapılar gibi alanlarda kullanılmasına rağmen, konut sahasında kullanımı günümüzde daha yaygındır. Bu hususta, konutlarda kullanılan sistemler şebeke bağımsız ve şebeke bağlantılı olmak üzere sınıflandırılabilir (Karataş, 2009).



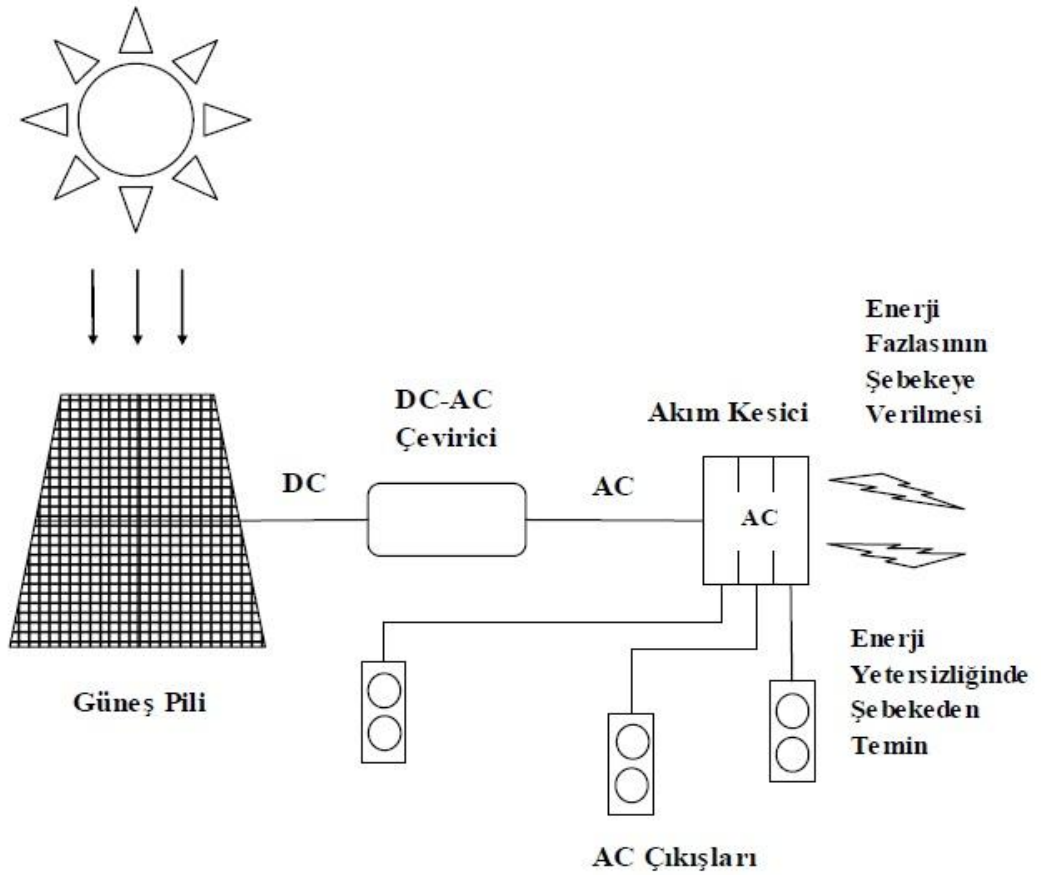
Kaynak: North Carolina Solar Center

Şekil 7. Şebeke bağlantısız sistemler (Karataş, 2009)

Yukarıda yer alan Şekil 7’de teorik olarak bir güneş enerjisi sistemi ile elektrik üretiminin temel adımları şebekeden bağımsız bir sistem için gösterilmiştir. Bu bağlamda, başlangıçta güneş panellerinde üretilen elektrik şarj kontrollerinden geçer ve depolanmak üzere aküye gelir. Bu safhada, aküden toplanan enerji kullanılacak alana bağlı olarak ya doğru akım ya da alternatif akıma çevrilerek kullanılabilir. Bu noktada göz önünde

bulundurulması gereken en önemli husus elektrik akımının doğru akımdan alternatif akıma çevrilirken belirli bir oranda oluşabilecek muhtemel verimlilik kayıplarını tespit edebilmektir. Şebeke bağlantısız sistemlerde akü olmadan kullanılabilir. Fakat bu tip sistemlerde üretilen elektriğin direkt olarak kullanılması gerekmektedir (Karataş, 2009).

Şebekeden bağımsız sistemlerin çoğunda akü bulunmaz. Güneş enerjisi ile üretilen elektrik alternatif akıma çevrilerek kullanılmasının yanı sıra, üretilen elektriğin fazlası ise şebekeye satılır. Buna karşın, bazı öngörülemez durumlarda (enerji kıtlığı gibi) şebekeden belirli bir maliyet ödemek koşuluyla elektrik çekilir.



Kaynak: North Carolina Solar Center

Şekil 8. Şebeke bağlantılı sistemler (Karataş, 2009)

1.2.4. Türkiye’de GES için Mevzuat İrdelenmesi

Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimine ilişkin yönetmelikte bir merkeze aktarılacak kapasite için dağıtım şirketi veya TEİAŞ’ a kaynak bazında bağlantı kapasite bildiriminde bulunur. Trafo merkezinde herhangi bir nedenden dolayı kapasite ortaya çıkması durumunda, bu kapasite ilgili şebeke işletmecisi tarafından TEİAŞ’ a bildirilir. TEİAŞ tarafından uygun bulunan kapasite internet sayfasından ilan edilir. Rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı lisanssız enerji üretim tesisleri için; herhangi bir gerçek veya tüzel kişiye ve söz konusu gerçek veya tüzel kişinin doğrudan veya dolaylı olarak ortak olduğu tüzel kişilere ve bu kişilerin kontrolünde olan tüzel kişilere, tüketim tesisi sayısına bakılmaksızın başvuru aşamasında azami 1 MW tahsis yapılabilir. Kurulacak olan rüzgar ve güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin kurulu gücü, ilgili üretim tesisi ile ilişkilendirilecek tüketim tesisinin bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün otuz katından fazla olamaz. Üretim tesisinin bağlanacağı mevcut şebekeye olan uzaklığı;

1) Kurulu gücü azami 0,499 MW olan tesisler için kuş uçuşu mesafesi bir kilometreden, projelendirmeye esas mesafesi ise iki kilometreden,

2) Kurulu gücü 0,5 MW’dan 1 MW’a kadar olan tesisler için kuş uçuşu mesafesi beş kilometreden, projelendirmeye esas mesafesi altı kilometreden, fazla olamaz.” (Resmi Gazete, 2013).

Lisanslı elektrik üretimine ilişkin yönetmelikte ise Lisans başvurularında her bir MW’lık proje için azami olarak 20 dönüm santral sahasına başvuruda bulunulması gerekmektedir, bu alan sınırını aşan lisans başvurularının iade edilmektedir. Tebliğ kapsamında standardına uygun olarak yapılan ölçümler sonucunda, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini (1620 kWh/m²-yıl) sağlamayan lisans başvurularıda kabul edilmemektedir.

Proje geliştirilen arazinin; Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırmasına İlişkin Tüzük uyarınca; mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri, sulu tarım arazileri, çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanlarda, güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için lisans başvurusu alınmamaktadır (URL-9, 2018).

1.2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Yeryüzündeki beşeri ve fiziki olayları kapsayan coğrafya daha geniş anlamda bakıldığında yoğun ve karmaşık bir veri/bilgi yapısıyla iç içe olduğu görülmektedir. Karmaşık ve yoğun olan bu bilgilerin belirlenebilmesi ve bu bilgilerin kullanılabilmesi için bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda gelişmekte olan teknoloji ile bu ihtiyaca çözüm olabilecek Coğrafya Bilgi Sistemleri (CBS) ortaya çıkmıştır. Bu sistem konuma dayalı çalışmalarda sunmuş olduğu grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve karşı tarafa aktarılması gibi işlevleri bir bütünlük halinde oluşturabilen bir sistemdir. Donanım, yazılım, veri, yöntem ve insan bu sistemin kullanılabilmesi için gerekli olan beş temel unsuru oluşturmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

CBS yeryüzünde konumsal verileri toplayan, depolayan, kontrol eden, işleyen, analiz eden ve görüntüleyen bir sistem olarak tanımlanabilir (Yomralıoğlu, 2000). Bir çok yazar CBS'nin karar-destek sistemi olduğuna işaret etmektedir. Aynı zamanda coğrafik verileri haritaya dönüştüren ve bu verileri analiz eden, mevcut verilerden yeni bilgiler elde eden, konumsal bilgileri işlenmiş olarak kullanıcılara sunarak, yeni planlar yapılıp uygulanmasında etkili olduğu görülmektedir (Reis, Nişancı, Yomralıoğlu, 2000). Toplanan verilerin ortak bir veritabanında bir araya getirilerek analiz yapabilme özelliğine sahip CBS teknolojisi bu özelliği sebebiyle son yıllarda konum bazlı pek çok farklı uygulamalarda tercih edilmektedir.

1.2.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)

Çok kriterli karar verme tanım olarak birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin yapılmasına olanak sağlayan bir araç anlamına gelmektedir (Memişoğlu, 2014). Bu sistem ile yapılacak seçim genellikle kısıtlamalar ve istenilen amaç doğrultusunda sınıflandırılmaktadır. Çok ölçütlü karar verme yöntemi tercih edilen seçeneği tanımlamak, bu seçenekleri sıralamak, sonraki detaylı değerlendirme için sınırlı sayıda seçenek belirleyerek kabul edilemeyecek olasılıklardan kabul edilebilir olanları ayırmak için kullanılan bir yöntemdir (Memişoğlu, 2014).

Çok kriterli karar verme yöntemi olarak en çok kullanılan ve tercih edilen yöntemler;

- Basit Ağırlıklı Toplam (BAT)
- İdeal Nokta Yöntemi (TOPSİS)
- Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)'dir.

1.2.6.1. Basit Ağırlıklı Toplam (BAT) Yöntemi

ÇKKV yöntemleri içerisinde basit ağırlıklı toplam yöntemi, farklı çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri bünyesinde barındıran alternatifler arasındaki karmaşıklığın analiz edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte BAT yöntemi teoride gerçek fayda fonksiyonu kuramına dayanır ve problemin çözümü esnasında karar vericinin değerlendirmek istediği olası çözüm kümesi ile tanımlanır. Ayrıca bu yöntem eklemeli fayda var sayımı şeklinde ifade edilebilirken, burada kullanılan her opsiyonun toplam değeri; ölçüt değerleri ve ağırlık gibi parametrelere bağlı elde edilen toplam değere eşittir. Bu bağlamda A_i opsiyonunun bütünleşik değeri için;

$$A_{SAW} = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (1)$$

A_{SAW} : n adet ölçütü bir arada değerlendiren bir fayda fonksiyonu

a_{ij} : i. seçeneğin j. ölçütünün değeri

w_j : j. ölçütün ağırlığı

BAT yönteminde, bütün öz nitelik değerleri her bir opsiyon için ayrı ayrı değerlendirilmeli ve toplama çarpma gibi düzenli işlemler kullanılmalıdır. Yöntemin esnasında önceden bahsedilen öz nitelik değerlerinin ve ağırlıkların sayısal bir ifadeyi gösteriyor olması ve karşılaştırılabilir olması gerekmektedir (Yıldırım, 2014).

1.2.6.2. İdeal Nokta Yöntemi (TOPSİS)

Topsis Yöntemi ÇKKV’de kullanılan diğer bir metot olmakla birlikte, bu metodun uygulanmasında iki fonksiyon önemli rol oynar. Bunlardan birincisi “ideal çözüm” olarak tanımlanır ve burada tüm niteliklere ulaşılabilecek en iyi değerlere sahip olan çözümler ortaya konur. Diğer parametre ise anti-ideal çözümdür ki, burada tüm niteliklerde olası en kötü puanları alan alternatiftir. Prensip olarak, ÇKKV yöntemlerinin belli bir bölümü, olabildiğince ideale yaklaşık bir çözüme ulaşmak için “Uzlaşma (Compromising) Modeli” kullanılır (Zeleny, 1982). Hwang ve K. Yoon tarafından yapılan çalışmalarda bu yöntem “İdeal çözüme benzerlik yolu ile tercih sırasına ulaşma tekniği” (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution TOPSIS) adı altında ideal alternatifte göre yakınlığı en fazla olan alternatif seçme mantığı prensibine dayanarak geliştirilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981). Teoride ideal nokta, bir taraftan varsayımsal ve ağırlıklı diğer taraftan en çok istenen opsiyon olarak tanımlanır. Bu bağlamda ideal noktaya en yakın seçenek en iyi seçenektir. Bu ayrımı ölçmek için metrik uzaklık kullanılır.

Pozitif ideal nokta, ağırlıklandırılmış değerlerin en büyüğü; negatif ideal nokta, ağırlıklandırılmış değerlerin en küçüğüdür

$$S_{i+} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{+j})^2 \right]^{0.5} \quad (2)$$

$$S_{i-} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{-j})^2 \right]^{0.5} \quad (3)$$

bağıntılarıyla hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981).

v_{ij} : i. seçeneğin j. ölçütü için normalleştirilmiş değerinin ağırlıkla çarpılarak elde edilen değeri.

İdeal çözüme (c_{i+}) bağıl yakınlık;

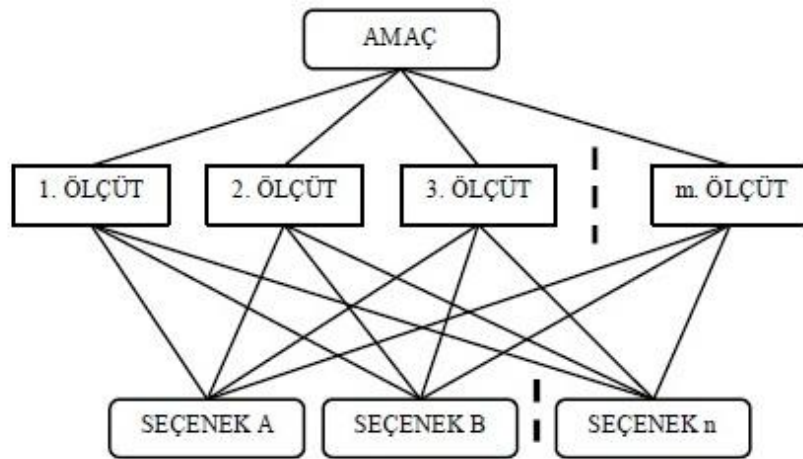
$$C_{i+} = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \quad (4)$$

1.2.6.3. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)

Analitik hiyerarşi yöntemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olup birden fazla ölçüt içeren karmaşık problemlerin çözüme kavuşturulmasında kullanılan bir metottur. Bu metot 1970 li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilmiştir (Saaty,1980; Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Prensip olarak AHY' nin uygulanması üç temel prensibe dayanmaktadır. Bunlar problemi parçalara ayırma ve hiyerarşi oluşturma, karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması ve önceliklerin sentezlenmesidir.

AHY yönteminin uygulanmaya başlanmasından sonra bu prensip bir çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulama alanlarının bazıları yer analizi (Min, 1994), kaynak tahsisi (Cheng ve Li, 2001), pazarlama (Davies, 2001), enerji (Kim ve Min, 2004), eğitim (Saaty, 1991), risk analizi (Millet ve Wedley, 2002), çevresel etki değerlendirme (Ramanathan, 2001) ve arazi uygunluk analizi (BanaiKashani, 1989) bu uygulama alanlarından bazılarıdır.

Yukarda bahsedildiği gibi AHY'nin uygulanması için ilk adım karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılmasıdır. Bu noktada yapılacak ilk işlem karar verme problemini alt öğelere ayırmak ve oluşturulacak model üzerinde öğeler arasında bir ilişki kurmaktır. Daha sonra alt öğeler tekrardan kategorize edilip düzenlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur (Şekil 8).



Şekil 9. AHY'nin genel yapısı (Erden ve Coşkun, 2011)

AHY'nin uygulanmasının ikinci aşaması ise karşılıklı karar verme tercih matrislerinin oluşturulmasıdır. İkili karşılaştırma yöntemi AHY bünyesinde temel ölçme biçimidir ve bu yöntem üç adımdan oluşur:

- Hiyerarşinin her safhasında bir karşılaştırma matrisi oluşturmak
- Her bir hiyerarşi seviyesi için ağırlıkların hesaplanması
- Tutarlılık oranının saptanması

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasındaki asıl gaye, ölçüt ve alt ölçütlerin kendi içinde önem derecelerinin belirlenmesidir. Fakat bu safhanın gerçekleşmesi için ölçüt ve alt ölçütlerin belirlenmesi gereklidir. Karar verici aşağıda verilen parametre değerleri ve tanımlara bağlı olarak bir tanımlama yapar (Erden ve Coşkun, 2011).

Tablo 1. AHY ikili karşılaştırma ölçeği (Erden ve Coşkun, 2011)

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile oldukça güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

Karar verici yukarıda belirtilen parametrelerin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisini ortaya koyar (Tablo 2).

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi (Erden ve Coşkun, 2011)

	1. ölçüt	2. ölçüt	3. ölçüt	...	n. ölçüt
1. ölçüt	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
2. ölçüt	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
3. ölçüt	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
n. ölçüt	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

İkili karşılaştırma matrisleri ortaya konduktan sonra ağırlık vektörü hesaplanır. Ağırlık vektörünün hesaplanma prensibi Saaty (1980)'nin öz vektör prosedürüne dayanmaktadır. Ağırlık vektörü iki temel adımda hesaplanır: Birincisi ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi; ikincisi normalizasyon sonucu elde edilen bulgulardan ağırlıkların hesaplanmasıdır. Bu bağlamda yukarıdaki tabloda gösterildiği gibi karşılaştırma matrisindeki her sütun elemanları o sütunun toplam değerine bölünür. Böylece $A_w = [a_{ij}]_{n \times n}$ olarak tanımlanan ve her sütunda değerlerin toplamı 1'e eşit olan bir "Normalleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi" elde edilir (Saaty, 1989). Normalleştirme işlemi tüm $j=1,2,\dots,n$ için aşağıdaki eşitliğe göre yapılır:

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5)$$

A_w matrisi elde edildikten sonra her bir satırdaki elemanların aritmetik ortalaması alınır. Ağırlıklar, tüm $i=1,2,\dots,n$ değerleri için aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^*}{n} \quad (6)$$

Bu aritmetik ortalama da elde edilen değer (1xn) boyutlu matrisin ilgili satırını oluşturmaktadır. Bu hesaplama sonucunda n boyutlu w ağırlık vektörü elde edilir:

$$W = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T \quad (7)$$

Saaty'nin 1980'de yaptığı araştırmada ağırlık vektörü w ile ikili karşılaştırma matrisi A arasında bir eşitlik olduğunu tespit etmiştir:

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (8)$$

Burada λ_{\max} değerini A matrisi içerisinde en buyk öz değeri ifade ederken, bu değer ikili karşılaştırma matrisinin elamanları ile ağırlık vektörü elemanlarının çarpılmasıyla elde edilir. λ_{\max} değeri analitik hiyerarşi yönteminin önemli parçalarından biridir ve tutarlılık oranının hesaplanmasında temel bir katsayı vazifesi görür. Tutarlılık oranının hesaplanması aşamasında ilk olarak bir kat sayının belirlenmesi gerekmektedir. Aşağıdaki eşitlik bu katsayının hesaplanması için bir öneri olarak ortaya konulabilir (Saaty, 1980):

$$TK = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

Hesaplanan tutarlılık katsayısı üzerinde değerlendirme yapmak ve yapılan yorumlamaların sonucunda bir yargıya varmak amacıyla Saaty (1980) tarafından Tutarlılık Oranı (TO) terimi aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$TO = \frac{TK}{RK} \quad (10)$$

Verilen parametreler içerisinde RK, Rastlantısal katsayı (Random İndeks) olarak isimlendirilir. Bu değer ayrıca ikili karşılaştırma matrisinden elde edilmiş ve rastlantısal bulunmuş bir katsayı değeridir.

Tablo 3. Rastgele indeks değerleri (Yıldırım, 2009)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

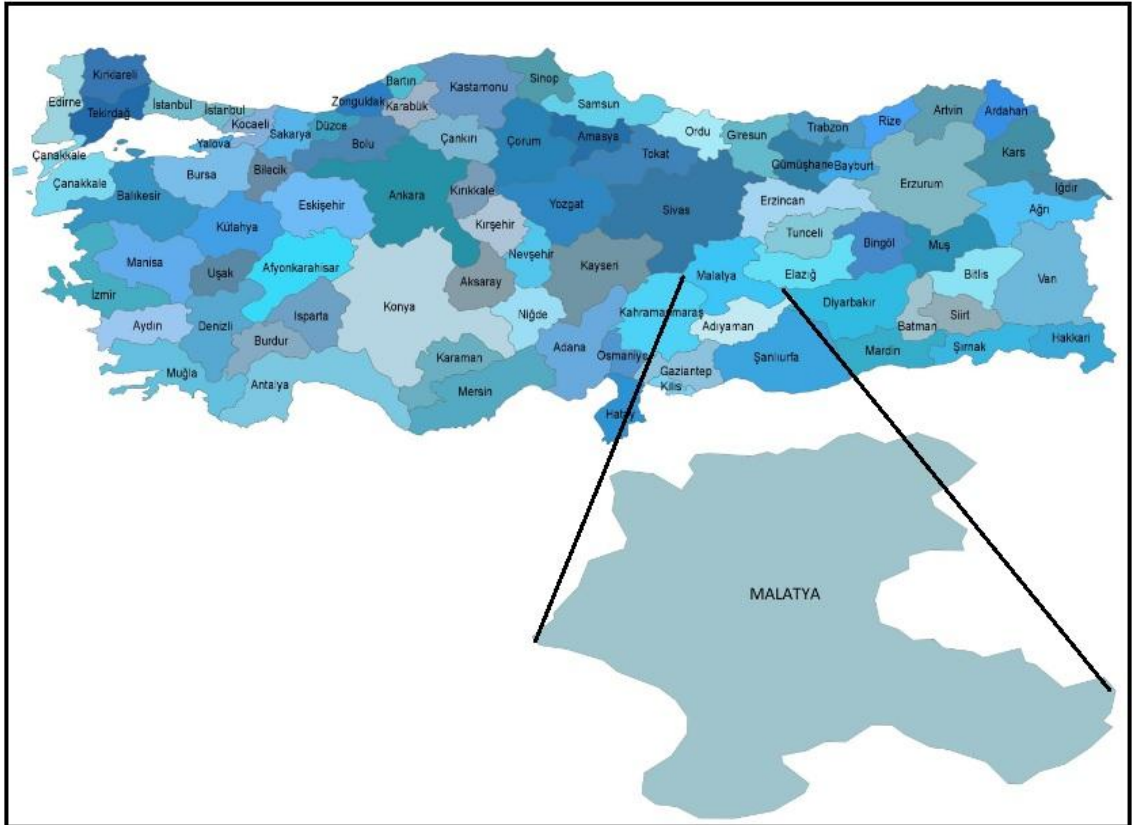
Tutarlılık oranı yapılan araştırmalar sonucunda tutarlılık oranı için bir üst limit konulmuştur ve burada limitin 0.1 den küçük olması durumunda yapılan ikili karşılaştırmaların kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilirken, bu değer 0.1 den büyük olması ise ikili karşılaştırmaların birbiri içinde çeliştiğini ifade eder ki böyle bir durumda tüm işlemin en baştan tekrarlanması gerekir. Diğer bir deyişle karşılaştırma matrisi değerlerinin doğruluğu tekrardan kontrol edilmeli daha sonra yeni bir tutarlılık oranı hesaplanmalıdır.

Analitik hiyerarşi yönteminin son aşamasında bir birleşik ağırlıklandırma yapılmalı ve bu işlem tüm düzeyleri kapsamalıdır. Eğer yapılan analiz üzerinde karar vericinin problem üzerinde çeşitlilik arz eden yargılarını en doğru kararı verebilmek için sistemli biçimde oluşturması gerekir. Hesaplamanın ikinci seviyesinden en altına kadar bu işlem devam ettirilmeli ve en son adımda birleşik ağırlık vektörü bulunmalıdır (Memişoğlu, 2014).

2. YAPILAN ÇALIŞMA

2.1. Uygulama Alanı Seçimi

Bu uygulama Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan 12259 km² yüzölçümüne sahip Malatya ilinde gerçekleştirilmiştir. İl 37° 30' - 39° doğu meridyenleri ile 38° - 39° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 10). Sınır komşuları kuzeyinde Sivas ve Erzincan doğusunda Elazığ ve Diyarbakır güneyinde Adıyaman batısında Kahramanmaraş bulunmaktadır. Malatya ilinin global güneş radyasyon dağılımı istatistiklerinde ortalamanın üzerinde olduğu söylenebilir. Bu sebeple bu bölgede ihtiyaç duyulan enerjinin üretiminde güneş enerjisi kullanılması ve enerji üretiminde verimliliğinin artırılması açısından güneş enerji santrallerinin kurulumu için en uygun yer seçim analizi bu çalışmaya konu olarak seçilmiştir.



Şekil 10. Çalışma alanı olan Malatya İlini gösteren harita

2.2. Kullanılacak Konumsal Verilerin Temini

GES yer seçimi için yapılan çalışmada en temel ihtiyaç veridir. Temin edilen verileri işlenerek analize sokulmasında CBS birçok avantaj sağlamaktadır. Çalışmadan en üst düzeyde sonuç sağlanabilmesi ve doğru bir analiz yapılabilmesi için verilerin uygun bir şekilde temin edilmesi gerekmektedir. Çalışma için programlanan süre içerisinde en fazla zaman ayrılan süreci veri toplama işlemi oluşturmaktadır (Memişoğlu, 2014). Veri toplamada ilk adım çalışmada ihtiyaç duyulan verilerin tespiti ve bunların temini için yapılması gereken çalışmaların belirlenmesidir. Uygulamada kullanılan veriler dijital harita verileri, araziden elde edilen veriler, kamu kurumları ve özel kuruluşlardan elde edilen veri ve bilgilerden oluşmaktadır. Malatya il ve ilçe sınırları (polygon) ve demiryolu hattı (line) verileri Malatya TCDD 5. Bölge Müdürlüğü tarafından temin edilmiştir. Karayolları (line) verisi Malatya Büyükşehir Belediyesi yol ağı çalışmasında arazide yapmış oldukları ölçümlerden üretilmiş harita verisinden temin edilmiştir. Enerji nakil hatları (line) ve trafo merkezleri (polygon) TEİAŞ Elazığ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Fay hattı verisi MTA Genel Müdürlüğü'nün sitesinden sunulmuş olan Fay Haritasından sayısallaştırılarak elde edilmiştir. Gölet ve Baraj (polygon) konumsal bilgileri DSİ 9. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Yerleşim alanlarının (polygon) tespitinde ise Google Earth programındaki güncel uydu görüntüleri üzerinden sayısallaştırılarak elde edilmiştir.

2.3. GES Alanların Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

Malatya İli sınırları içerisinde güneş enerji santrallerinin kurulumunda yer seçimini etkileyen faktörler, araştırmalarımız ve uzman kişilerin görüşleri neticesinde belirlenmiştir. GES alanları seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı kriterler mevcuttur. Bu kriterlere uymayan alanlar analiz çalışmalarında hesaplamalara dahil edilmemiştir. Tespit edilen bu faktörler için ağırlık değerleri belirlenmiş ve kendi içlerinde de mesafeleri bakımından sınıflandırma yapılmış, ayrıca hesaplamaya dahil edilmeyen alanlar Tablo 4'de belirtilmiştir. GES kurulamayacak alanların için kriterlerin belirlenmesinde daha önce yapılmış çalışmalar ve uygulamalar incelenerek dikkate alınmıştır. Uygulamada GES kurulumunda yer seçimini etkileyen kriterler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Tablo 4. GES kurulumunda kullanılamaz alanlar

Faktör	Hesaplamaya Dahil Edilmeyen Alanlar
Arazi Eğimi	Arazi Eğimi %20'den fazla olan alanlar
Karayolları	Karayollarına 100 m emniyet şeridi içinde kalan alanlar
Yerleşim Alanları	Şehirseller alanlar ve 500 m emniyet şeridi içinde kalan alanlar
Göl, Baraj, Sulak Alanlar	Göl, baraj ve sulak alanları
Doğalgaz Boru Hattı	Doğalgaz hattının 7 m sağı ve solunda kalan alanlar

2.3.1. Güneşlenme Potansiyeli

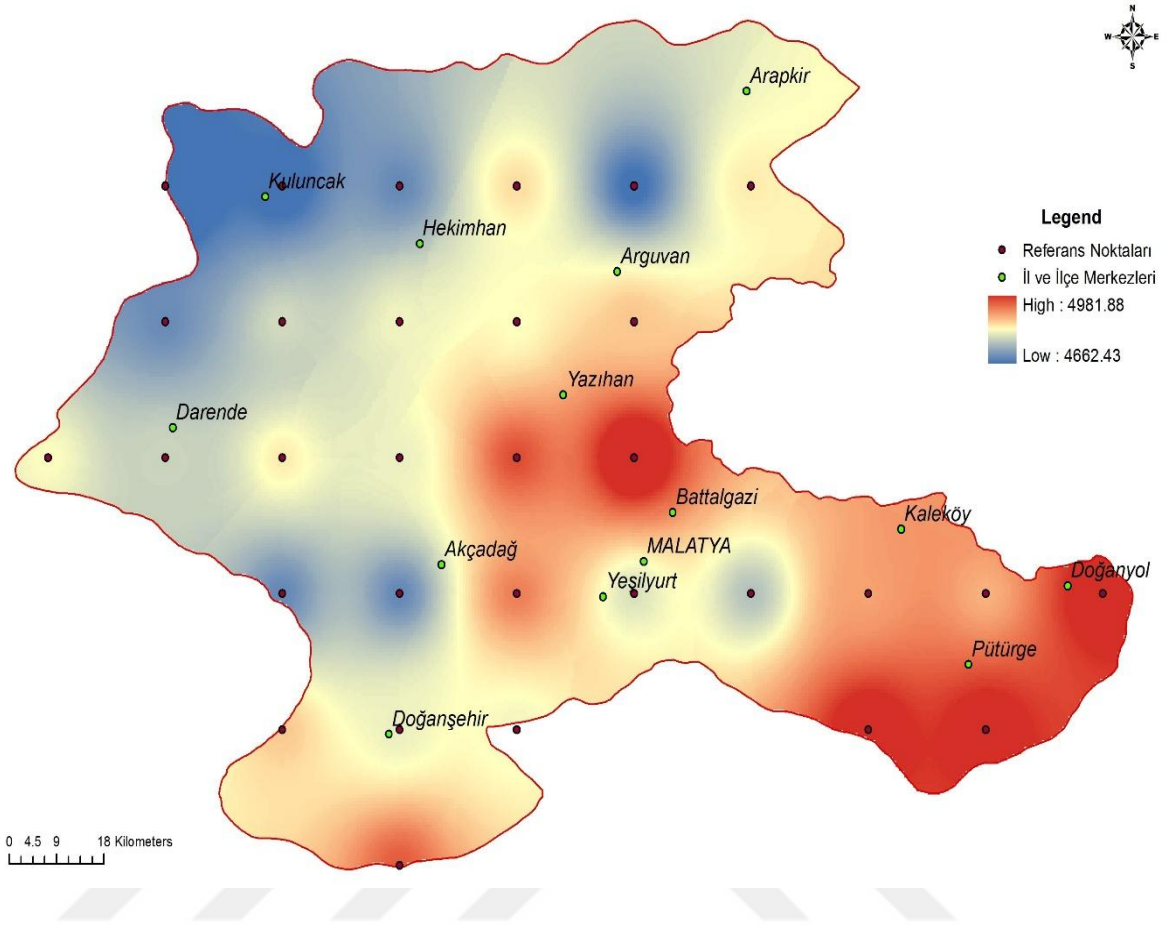
GES alanlarının yer seçimi yapılırken öncelikle bu çalışmanın yapılacağı bölgenin güneş potansiyel durumu analiz edilir. Güneş potansiyeli düşük olan bölgelerde böyle bir santralin kurulması, amacımız olan verim ve maliyet ile ters düşmektedir. Bu yüzden ilk olarak yapılması gereken sağlıklı bir araştırma ve analiz yaparak bölgenin güneş potansiyeli konusundaki durumunun tespit edilmesidir. Dünya üzerindeki matematiksel konumumuz güneş enerjisi açısından avantajlı ülkeler arasında olduğumuzun bir göstergesidir.

Sınırlarımız içerisinde bile güneş enerji potansiyeli farklılık göstermektedir. Bu yüzden GES alanlarını belirlerken güneşlenme süresi fazla olan bölgelerin seçilmesi istenilen verimin sağlanmasında önemli katkı sağlayacaktır.

Türkiye’de güneş radyasyonu ile ilgili çalışmalar Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından gerçekleştirilmektedir. MGM güneş radyasyon modelini oluşturarak Global Güneş Radyasyon dağılımının haritalarını oluşturmaktadır (URL-4, 2017). Türkiye için Global Güneş Radyasyon dağılımının hesaplanması çalışmalarında HELIOSAT modeli kullanılmaktadır. Melez bir model olan HELIOSAT modeli; bir radyasyon transfer denkleminin çözümlenmesine ve basit istatistiksel ilişkilere dayanmaktadır. Model ile öncelikle açık hava için direk ve difüz bileşenler ayrı ayrı hesaplanarak, global güneş radyasyon değerleri elde edilmektedir. Daha sonra, MSG uydu verileri kullanılarak, açık hava için hesaplanan global güneş radyasyon değerleri bulut parametresi ile düzeltilmektedir. Her 15 dakikada bir gelen uydu verileri işlenerek elde edilen değerlerden, bulut indeksine geçiş yapılmaktadır. Elde edilen bulut indeks değerleri açık hava radyasyon

değerleri ile işleme tabi tutularak, mevcut hava koşullarına göre radyasyon değerine ulaşılmaktadır. Saatlik veriler kullanılarak günlük veriler elde edilmektedir. $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ çözünürlüğe sahip olan model ile Türkiye için 3610 grid noktasında veri üretilmektedir. Şekil 10' da grid hücrelerinin merkez noktaları görülmektedir. 2004 - 2016 periyodu için günlük global güneş radyasyon veri arşivi oluşturulmuştur. Yapılan verifikasyon çalışmalarında modelin ortalama olarak yaklaşık % 2 hata ile radyasyon verisi kestiriminde bulunduğu tespit edilmiştir. Günlük veriler kullanılarak; aylık, yıllık ve mevsimlik veriler elde edilmiştir. İlgili zaman periyoduna ait global güneş dağılım haritaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak MGM tarafından oluşturulmuştur. HELIOSAT modeli ile yaklaşık 20 km çözünürlükle elde edilen radyasyon verileri; CBS ile enterpole edilerek yaklaşık 1 km çözünürlük elde edilmiştir. Bu model, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü tarafından geliştirilmiştir ve internet üzerinden kullanıma sunulmuştur (URL-4, 2017; Özdemir ve Aksoy, 2017).

Malatya İlinin güneşlenme potansiyelini yönelik konumsal veriler, $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ enlem ve boylam çözünürlükte Malatya il sınırları içinde yer alan 31 grid noktasına ait 2004'den başlayıp, 2016'ya kadar devam eden heliosat model kullanılarak elde edilmiş global güneş radyasyonu verileridir. ARCGIS yazılımı kullanılarak bu veriler haritalandırılmıştır (Şekil 11). Birimler de watt.saat/metrekare ($w.s/m^2$) cinsindedir.

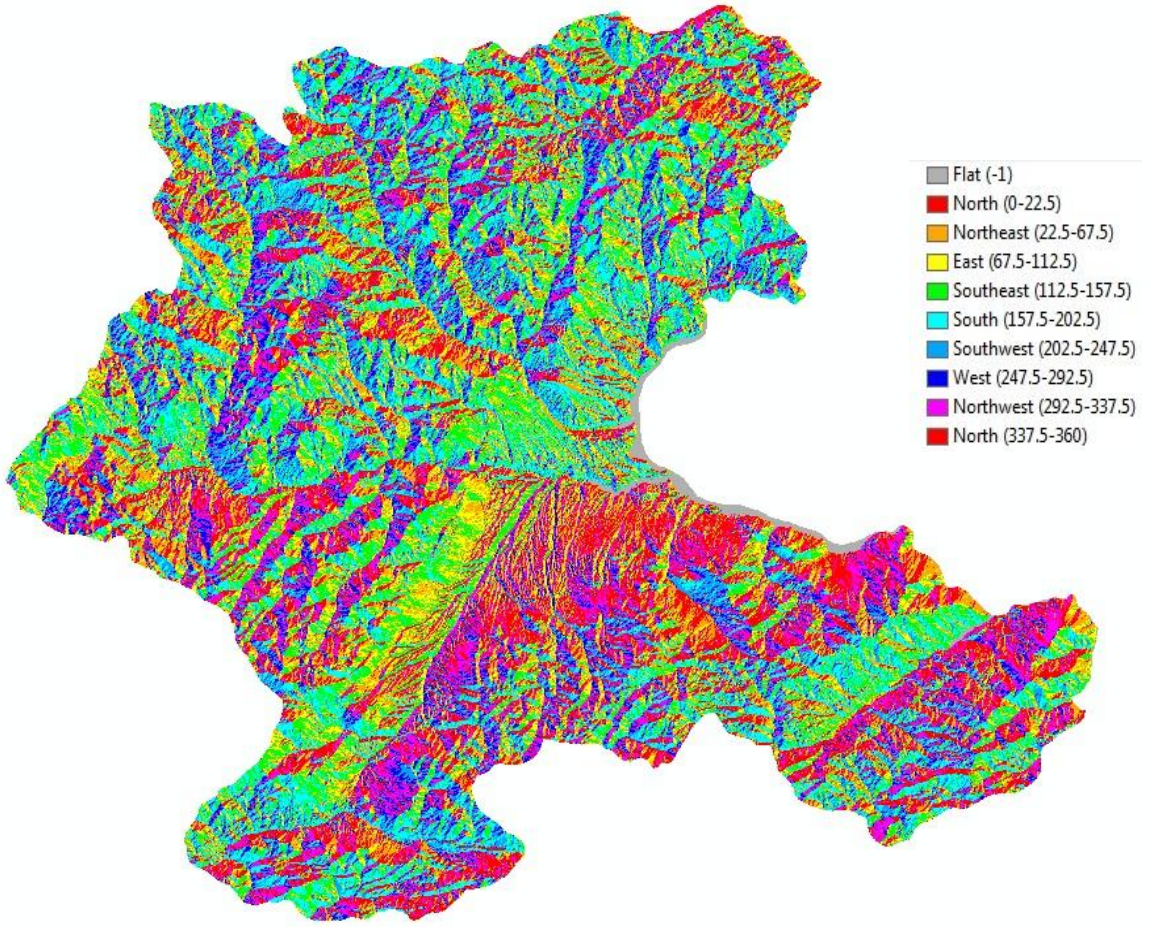


Şekil 11. Malatya ili güneş enerji potansiyeli haritası

2.3.2. Bakı

Ülkemizin yüksek ve engebeli olması bakı faktörünü önemli hale getirmiştir. Kuzey yarım kürede olmamız güneş ışınlarının güneyden gelmesine, gölge boyunun kuzeye doğru oluşmasına sebep olmaktadır. Bu bağlamda gün içerisinde güneşten en yüksek verim sağlayacağımız güney cephelerinin tercih edilmesi GES yer seçimi için olumlu anlamda katkısı sağlayacaktır.

Malatya ili için yamaç yönelimlerinin bulunmasında bakı haritasından yararlanılmıştır. Bakı haritasının üretilmesi için öncelikle Malatya iline ait sayısal yükseklik verileri elde edilmiştir (URL-5, 2017). Elde edilen bu veriler kullanılarak daha sonra ARCGIS yazılımı ile Malatya İline ait bakı verisi oluşturulmuştur (Şekil 12). Bakı haritası için CBS'nin 3 boyutlu konumsal modelleme analizlerinden yararlanılmıştır.



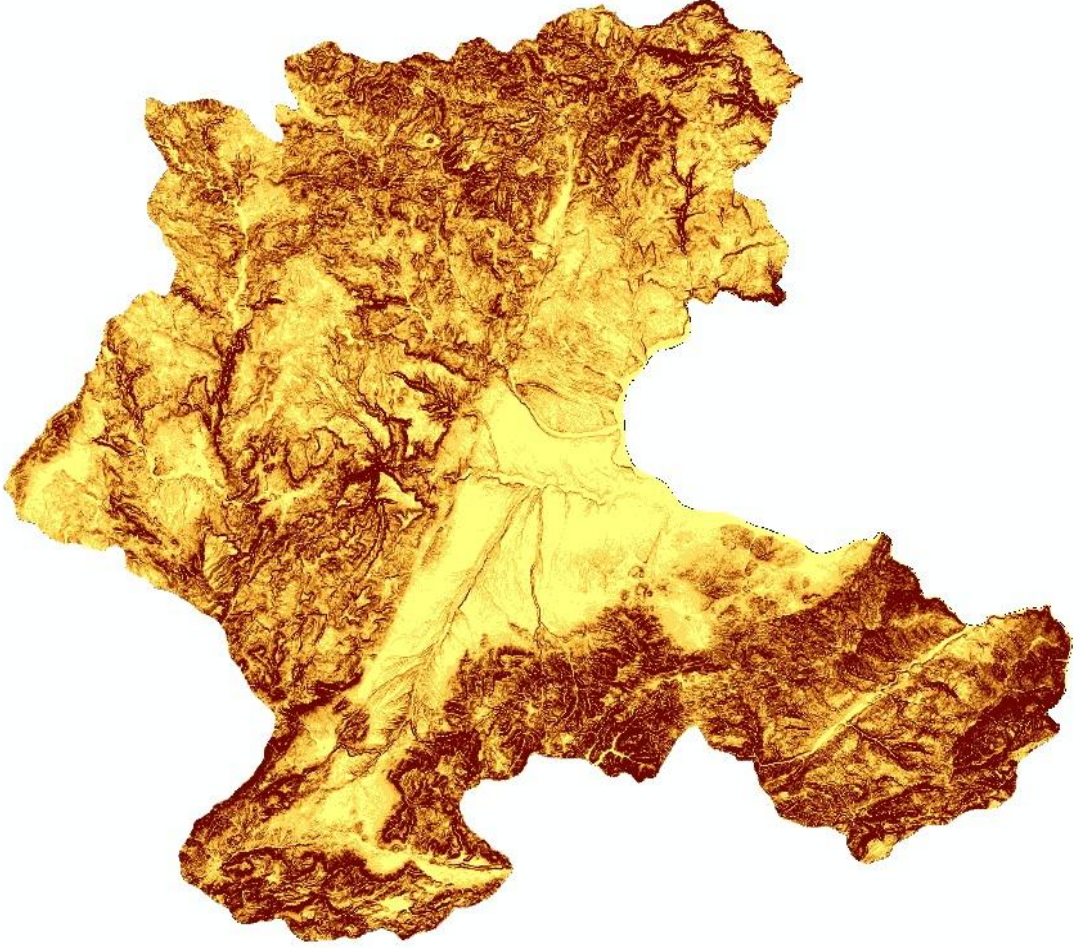
Şekil 12. Malatya ili bakı verisi

2.3.3. Eğim

Arazinin aşırı eğimli ve engebeli olması Güneş Enerji Santrali kurulumunda dikkat edilmesi gereken faktörlerden biridir. Arazinin eğim şartını sağlamaması durumunda bu alanda kazı veya dolgu çalışmaları hem zaman açısından hem de maliyet açısından kayba sebep olmakta ayrıca arazi yapısının dalgalı olması gölgelenmeyi de artırmaktadır (Şenlik, 2017). Aynı zamanda kurulacak tesisin güvenilir bir alanda yapılması da önem arz etmektedir. Bu sebepten eğimi fazla olan araziler heyelan olma riski taşıdığından eğim faktörü, göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir (URL-2, 2017). Bu bağlamda GES kurulumuna en uygun arazi eğimine yönelik herhangi bir ölçüt ilgili mevzuatlarda bulunmamaktadır. GES için en uygun yer analizi yapılmış olan çalışmalar ve uygulamadaki pratikler dikkate alınarak, bu çalışma için arazi eğimi % 20'nin altında olan

alanlar çalışmaya konu olmuştur. Arazi eğimi %20'nin üzerinde olan alanlar ise GES kurulumu için uygun olmayan alanlar şeklinde analizde dikkate alınmamıştır.

Bu çalışma içinde Malatya iline ait elde ettiğimiz sayısal yükseklik verilerini kullanarak ARCGIS yazılımı ile Malatya iline ait eğim verisi oluşturulmuştur (Şekil 13).

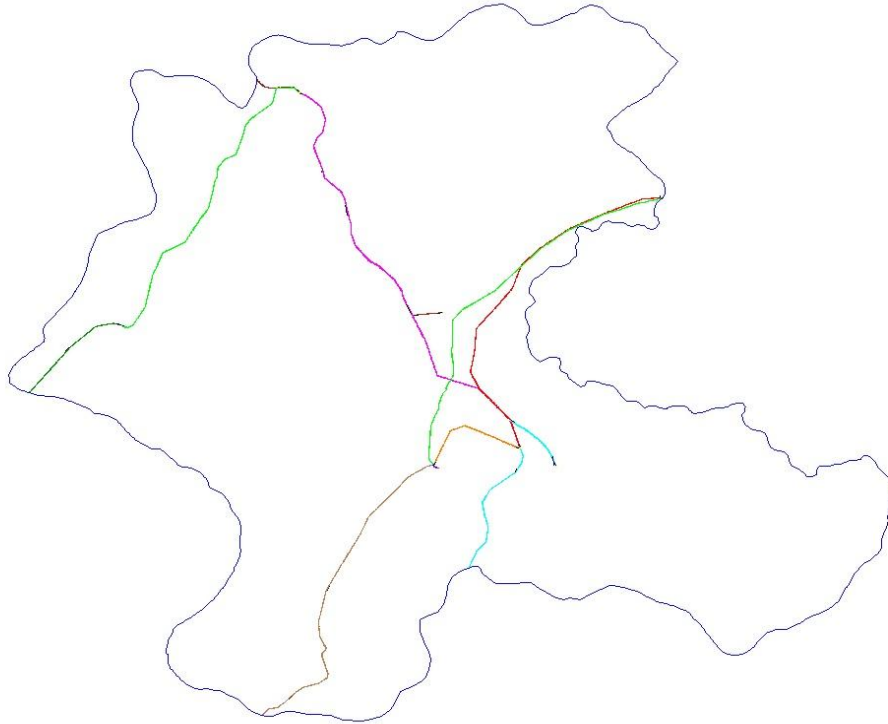


Şekil 13. Malatya ili eğim verisi

2.3.4. Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları

Kurulacak olan santrallerden üretilen elektriğin dağıtılabilmesi için enerji nakil hatlarıyla trafo merkezlerine iletilerek oradan da dağıtımın yapılması gerekmektedir. Söz konusu iletimin sağlanabilmesi yeni maliyet kalemlerini beraberinde getirmektedir. Trafo merkezlerine ve enerji nakil hatlarına olan uzaklık ne kadar fazla artış gösterirse beraberinde yeni hatlar yeni trafo merkezleri de maliyeti o oranda artıracaktır. Yer seçiminde trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına olan mesafe göz önünde bulundurulduğu takdirde maliyetin düşürülmesi aynı zamanda enerji kaybının azaltılması hususunda avantaj sağlayacaktır.

Bu bağlamda Malatya iline ait trafo merkezleri ve ana enerji nakil hatlarına ilişkin konumsal veriler TEİAŞ Elazığ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu konumsal veriler CAD sisteminde elde edilmiş olup enerji nakil hatları çizgisel (line) ve trafo merkezleri ise poligon (polygon) özelliğinde olacak şekilde CBS veritabanına aktarılmıştır. Malatya iline ait trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına ilişkin veri Şekil 14'de yer almaktadır.

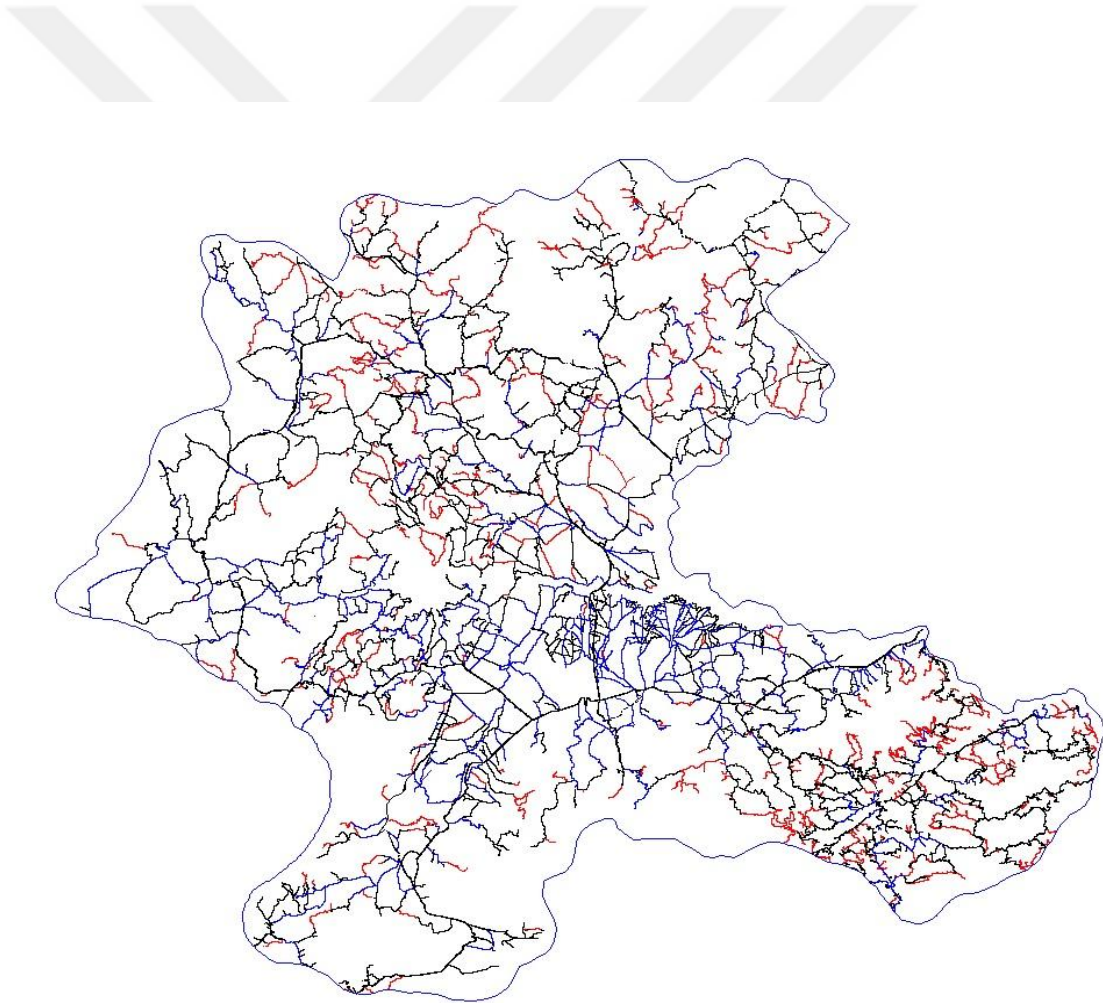


Şekil 14. Malatya ili trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına ait konumsal veri

2.3.5. Karayolu Ağı ve Demiryolu Ağı

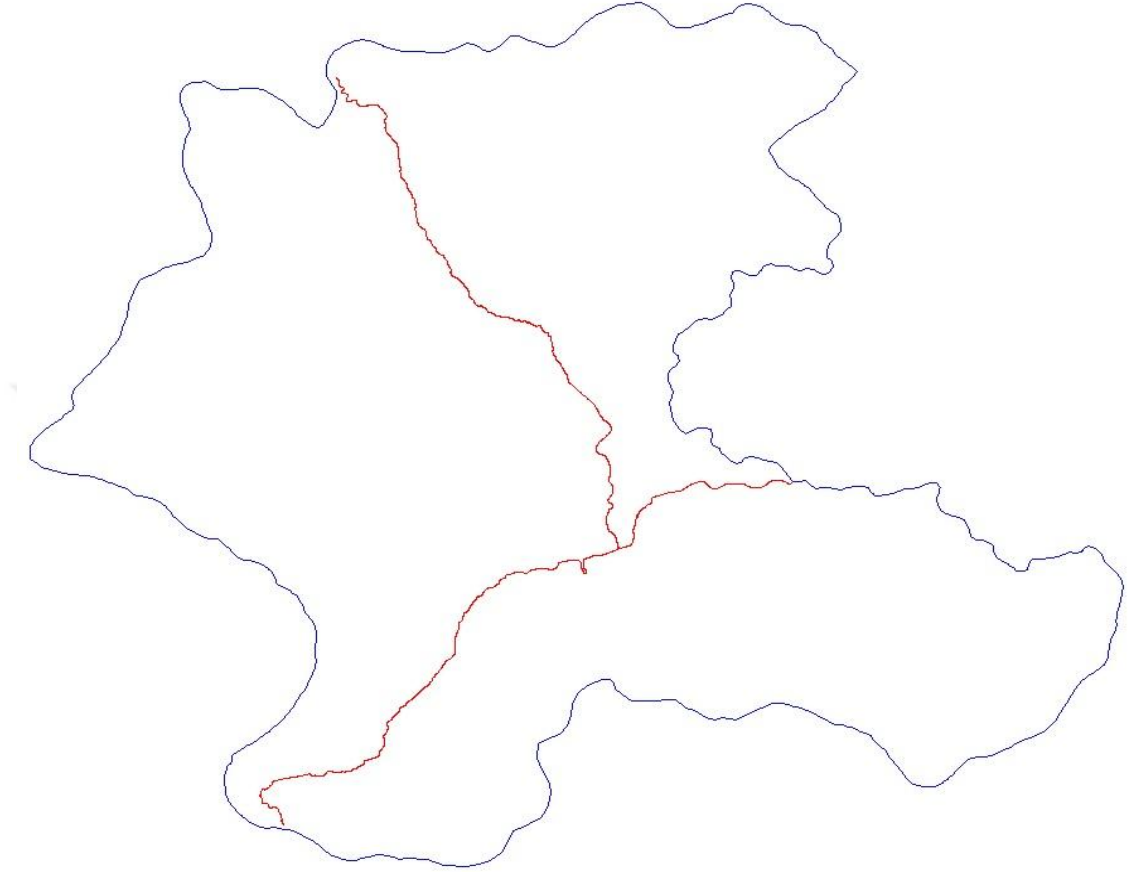
Bir bölgeye yapılacak yatırımlarda ulaşım durumu önemli bir kriterdir. Güneş enerji santrallerinin kurulumunda bölgeye yüksek miktarda nakliyat ihtiyacı duyulacaktır. Ulaşımın sağlanamadığı bölgelerde yeni yollar beraberinde yeni maliyetler getirecektir.

Bu bağlamda Malatya iline ait karayolu ağı Malatya Büyük Şehir Belediyesi'nden demiryolu ağı ise TCDD 5. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Bu konumsal veriler CAD sisteminde elde edilmiş olup hatlar çizgisel (line) özelliğinde olacak şekilde CBS veri tabanına aktarılmıştır. Malatya iline ait karayolu ağı Şekil 15'de demiryolu ağı Şekil 16'da yer almaktadır.



Şekil 15. Malatya ili karayolları ağına ait konumsal veri

Aynı zamanda Demiryolu gibi elektrik ihtiyacı yüksek olan ulaşım ağımızın enerji ihtiyacının karşılanmasında avantaj sağlayacaktır.



Şekil 16. Malatya ili demiryolu ağına ait konumsal veri

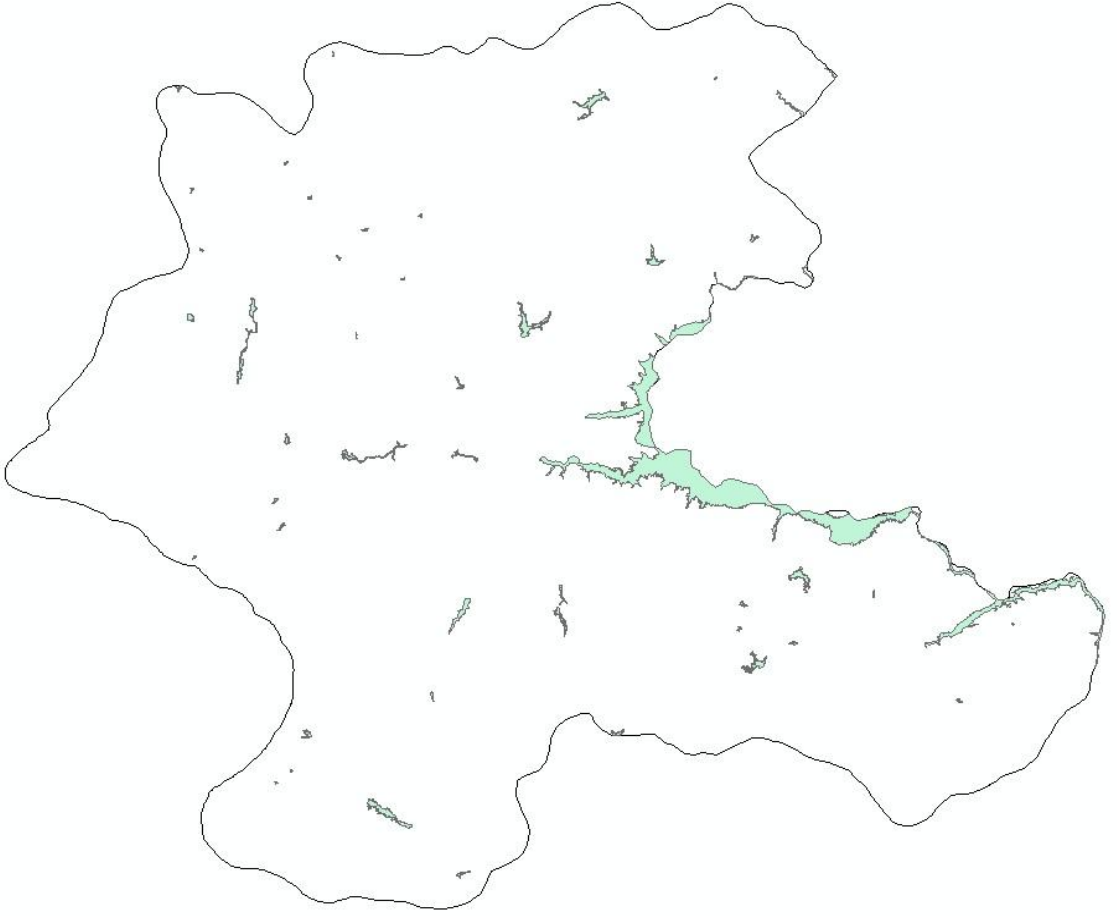
2.3.6. Gölet ve Baraj

Göl, baraj ve dere gibi sulak alanların bulunduğu bölgelerde sulama imkânının fazla olması sebebiyle tarımcılık faaliyetleri yapılabilir. Tarımcılık faaliyetleri tarımsal sulamayı da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda söz konusu bölgelerde su kaynaklarının kullanılarak tarımsal sulama yapılması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından bağımsız olarak çalışan güneş enerjisi kurulum maliyeti dışında ek bir maliyet gerektirmemesi sebebiyle tarımda sulama çalışmalarında ihtiyaç duyulan enerji için katkı sağlayacaktır. Ayrıca yıl içerisinde yağışın

fazla olduğu dönemlerde su taşması ile sel baskınları gibi olumsuzlukların yaşanmaması için maksimum su kotu içinde kalan araziler kullanılmalıdır.

Bu bağlamda Malatya iline ait gölet ve barajlara ilişkin konumsal veriler DSİ 9. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu konumsal veriler CAD sisteminde elde edilmiş olup poligon (polygon) özelliğinde olacak şekilde CBS veritabanına aktarılmıştır. Malatya iline ait gölet ve barajlara ilişkin veri Şekil 17' de yer almaktadır.

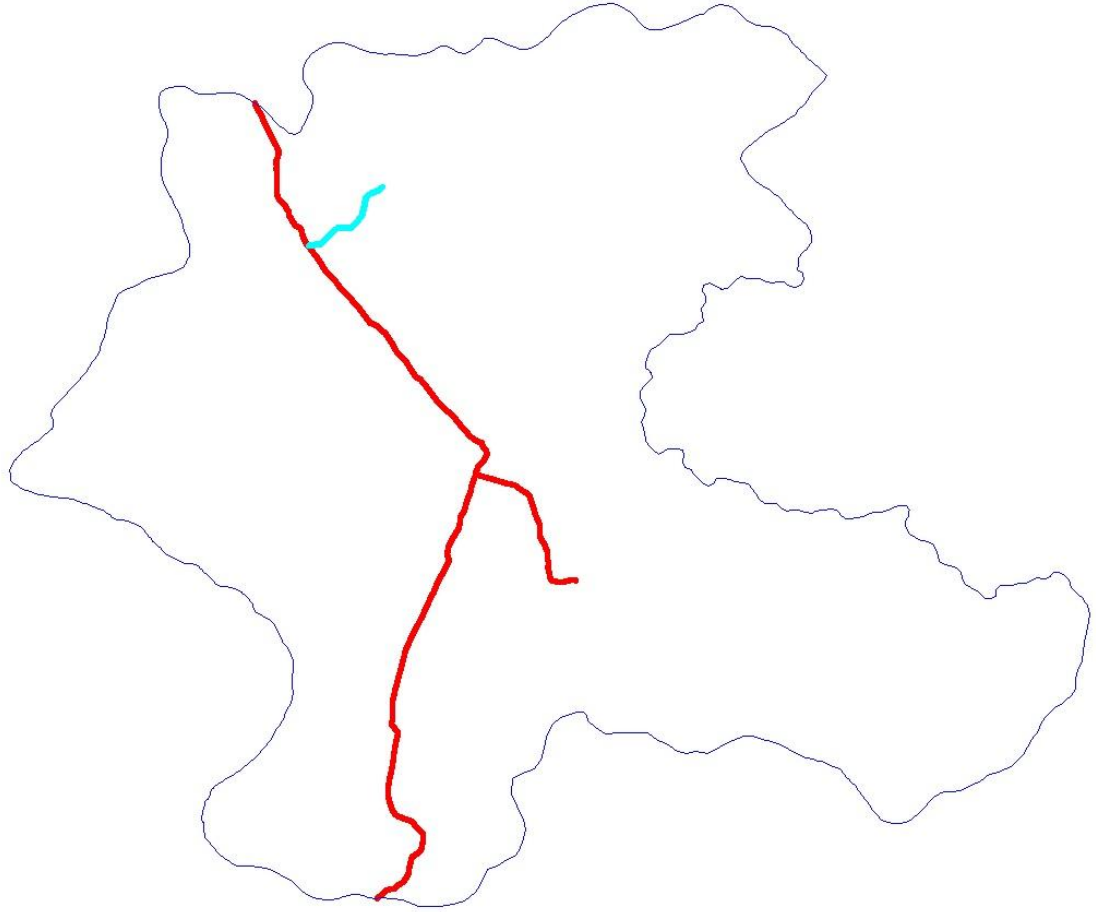


Şekil 17. Malatya ili gölet ve barajlara ait konumsal veri

2.3.7. Alt Yapı Ağı (BOTAŞ Boru Hattı)

Yer seçimi yapılırken tehlike arz edecek unsurlarda göz önünde bulundurulması gerekir. Bu sebepten güneş enerji santralleri için en uygun yer seçilirken BOTAŞ boru hattı gibi kaçak veya patlama sonucu oluşabilecek olumsuzluklardan etkilenilmemesi için boru hattının olduğu güzergâh ve çevresi tercih edilmemelidir.

Bu sebeple diğer bir konumsal veri katmanımız olan doğalgaz boru hattını çizgisel (line) özellikde olacak şekilde coğrafi veri tabanına ilave ederek Malatya iline ait doğalgaz boru hattı verisi oluşturulmuştur (Şekil 18).

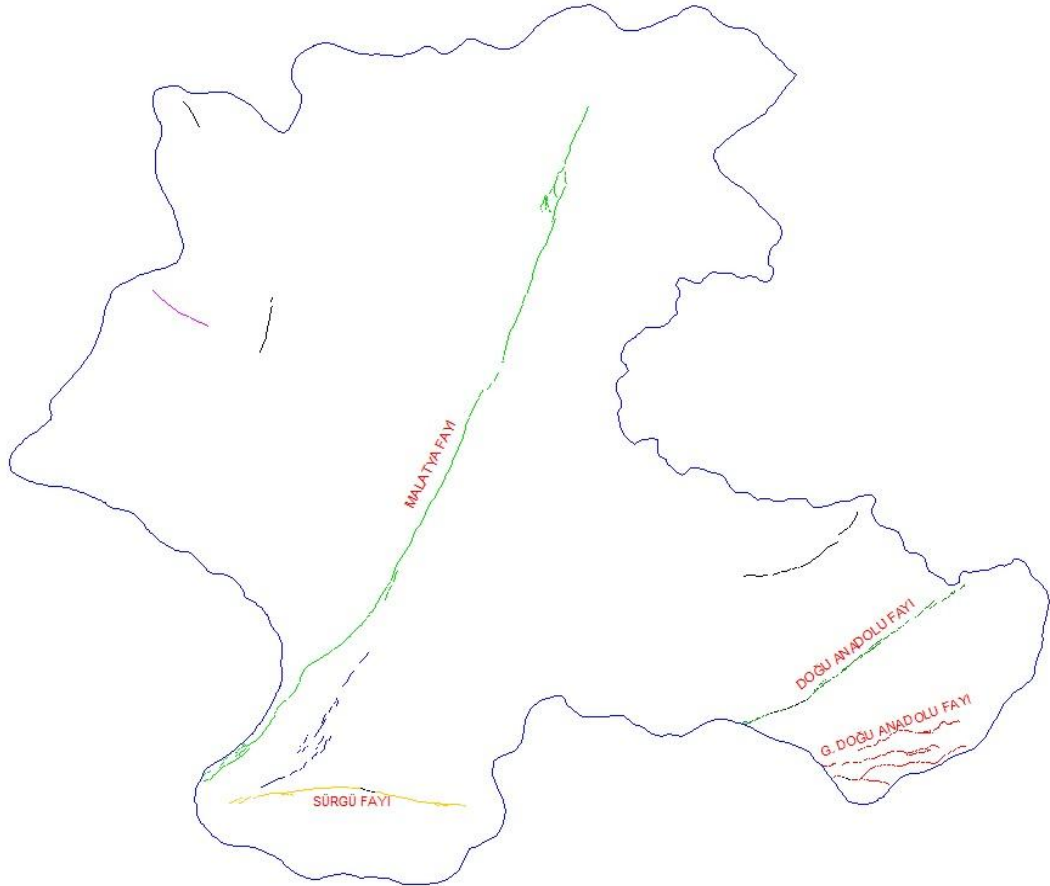


Şekil 18. Malatya ili BOTAŞ doğalgaz boru hattına ait konumsal veri

2.3.8. Deprem Fay Hattı

Ülkemiz aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Yüz ölçümümüzün %42'si birinci deprem bölgesini oluşturmaktadır (URL-3, 2017). Bu sebepten depremin özelliklerini iyi tanımak ona göre zamanında tedbir almak gerekir. Güneş enerji santrali kurulumu için yer seçiminde yerleşim alanlarında olduğu gibi deprem riski az olan bölgeler seçilmelidir.

Fay hattı verisi MTA Genel Müdürlüğü'nün sitesinden sunulmuş olan Fay Haritasından sayısallaştırılarak elde edilmiştir. Ardından tasarlanan coğrafi veri tabanına ayrı bir katman olarak eklenmiştir. Malatya ili deprem fay hattı verisi Şekil 19'de yer almaktadır.

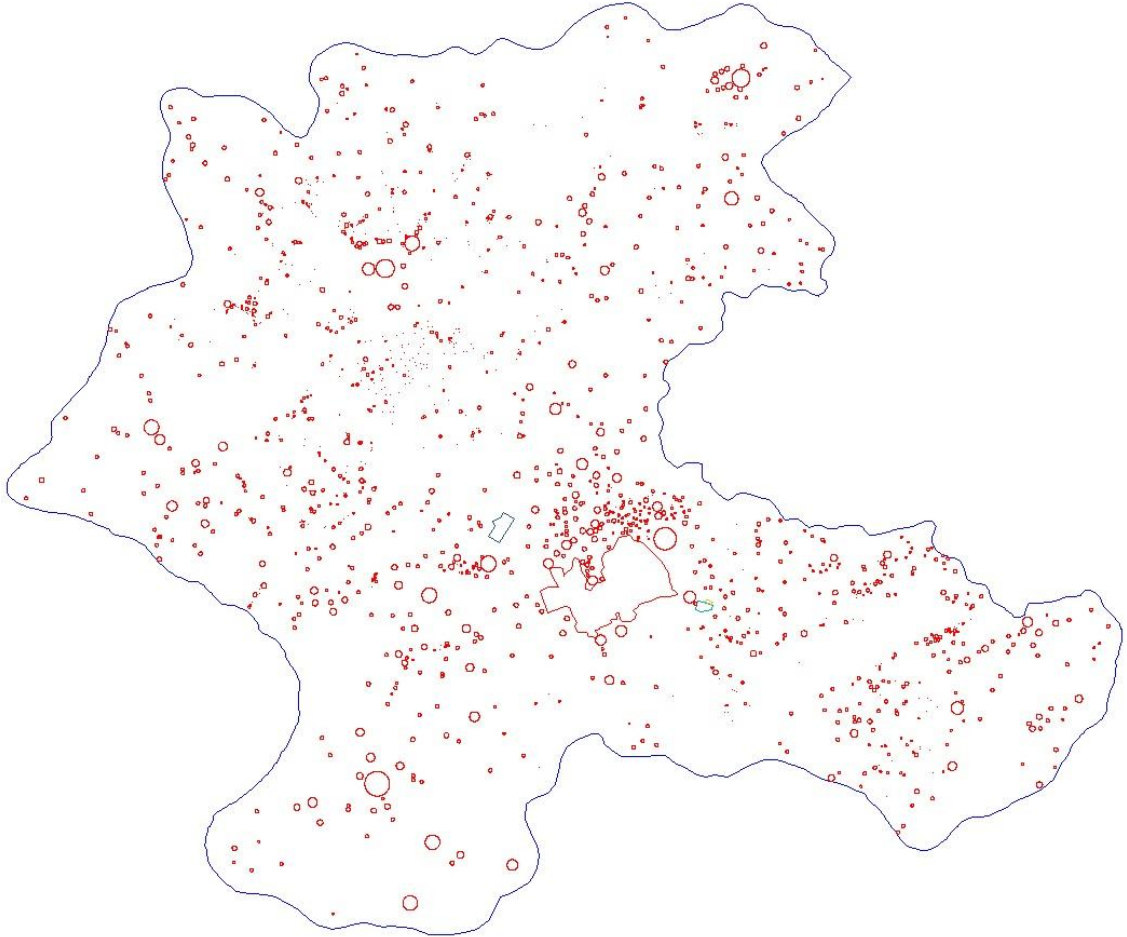


Şekil 19. Malatya ili deprem fay hattına ait konumsal veri

2.3.9. Yerleşim Alanları

Yer seçimi yapılırken yerleşim alanlarının gelişme yönü göz önünde bulundurulması ile ileride yapılacak güneş enerjisi santrallerinin yerleşim alanı içerisinde kalmasının önüne geçilmiş olur. Aynı zaman da yapılacak güneş enerji santrallerinin yerleşim yerlerine yakın olması o bölgenin enerji ihtiyacının karşılanması yanında maliyetin de düşük olmasını sağlamaktadır.

Yerleşim yerleri verisi Google Earth ve güncel ortofoto haritalar üzerinden belirlenerek CAD sisteminde elde edilmiştir. Elde edilen bu verileri poligon (polygon) özelliğinde olacak şekilde coğrafi veri tabanına ilave ederek Malatya iline ait yerleşim alanlarının verisi oluşturulmuştur (Şekil 20).



Şekil 20. Malatya ili yerleşim alanları konumsal verisi

2.4. AHY ile Faktör Ağırlıklarının Tespit Edilmesi

Oluşturmuş olduğumuz puanların ağırlıklarını bulmada AHY kullanılmış ve faktör ağırlıkları belirlenmeye çalışılmıştır. AHY çalışmalarda göstermiş olduğu başarılı sonuçlar ve yöntemin karmaşık olmamasından dolayı tercih edilmektedir. Bu sebepten uygulamada AHY yönteminin kullanılması tercih edilmiştir.

AHY ölçme yönteminin tatbik edilebilmesi için birbiriyle farklılıklar içeren parametreler dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, yapılan çalışmada güneş enerji santrallerinin kurulmasında en uygun lokasyonun belirlenmesi hususunda 10 farklı kriter kullanılmıştır. Bu kriterler; güneş enerji potansiyeli, bakı, trafo merkezleri, enerji nakil hatları, karayolu, gölet ve baraj, demiryolu, fay hattı, doğalgaz hattı, yerleşim alanlarıdır. Teorik olarak AHY yöntemi değişkenler arasında bir ilişki kurulurken karmaşıklığa sebebiyet vermemesinden ve uygulamalarda gösterdiği başarılı sonuçlardan dolayı birçok alanda kullanımda önceliğe sahiptir. İlk olarak AHY yönteminin uygulanmasında analiz ile alakalı bir hiyerarşi kurulmalıdır. Hiyerarşi AHY'nin en önemli parçalarından biridir ve uygulamanın genel amacını yansıtan bir ana temanın belirlenmesi demektir. Bu aşama en üst düzeyi yansıtmakla beraber bundan sonra gelen faktörler ise ana tema altında gruplanmış alt öğeleri temsil etmektedir. Alt öğeler birbirleri ile karşılaştırılarak bir önem sırasına konulur. Hiyerarşinin genel amacı ve ana temanın alt öğeleri saptandıktan sonra önem düzeyleri arasında bir tespit yapılmalı ve bu tespit sonucunda sayısal ağırlıkların belirlenmesi gereklidir. Burada temel gaye göz önüne alınan faktörler arasında karşılaştırma yaparak bir değerlendirme yapmaktır. Her parametre, parametre sayısı kadar değer içeren kare matris oluşturacak biçimde sayısal bir hesaplama tabii tutulur. Bu matris ikili karşılaştırma matrisi olarak tanımlanır. Bu sayede her bir eleman karşılıklı değerlendirilir ve hangi faktörün diğerinden daha önemli olduğu saptanır. Bulunan sonuç önem derecesine göre sayısal bir değer alır. Bu çalışmada AHY uygulanmasında parametrelerin önem derecesini gösteren karşılaştırmalarda Erden ve Coşkun'un (2011) çalışmasındaki örnek kullanılmıştır (Tablo 1).

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulup değerlendirildikten sonra, AHY yönteminin değişmez parçalarından olan hiyerarşinin tutarlılık derecesine bakılır ve analizin ne derece doğru olduğu tespit edilir. Analiz sonrasında ikili karşılaştırma hesabında ortaya çıkan yanlışlıkların saptanması amacıyla tutarlılık oranı TO adı verilen bir ölçüt kullanılır (Saaty,1980). 1.2.5.3. başlığı içerisinde 10 nolu formülde TO'nun nasıl hesaplandığına dair

bilgi verilmiştir. İkili karşılaştırma işlemi sonucunda eğer $TO \geq 0,1$ ise işlem hatalıdır ve tekrar yapılması gerekmektedir.

2.4.1. AHY ile Kriterler Arasında Önceliklerin Belirlenmesi

GES alanları yer seçiminde birden çok faktör etkili olduğu için karar vericiler için kullanılacak yöntemin belirlenmesi önemlidir. Birden çok faktörün farklı ağırlıklarda etkili olduğu çalışmaların bütüncül olarak değerlendirilmesinde sıklıkla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri uygulanmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada da ÇKKV yöntemlerinden AHY uygulanmasına karar verilmiştir.

AHY yöntemi ile öncelikli değişkenlerin belirlenmesi işlemi ile güneş enerji santrallerinin kurulumunda en uygun lokasyonun tespiti için gerekli olan faktörlerin arasında önem seviyesine göre bir sınıflandırma yapılması gerekir. Uygulama esnasında hangi parametrenin daha öncelikli olduğu tespit edilirken belirlenmiş olan faktörlerin birbirleri arasındaki önem düzeyine karar verilip analiz yapılmıştır. Analiz sırasında güneş enerji potansiyeli, bakı, trafo merkezleri, enerji nakil hatları, karayolu, gölet ve baraj, demiryolu, fay hattı, doğalgaz hattı, yerleşim alanları gibi parametreler göz önüne alınmış olup güneş enerjisi santralının kurulumunda en uygun lokasyonunun belirlenmesinde hangi faktörün daha önemli olduğuna karar verilerek öncelik sırası belirlenmiştir.

2.4.2. AHY ile İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi

AHY vasıtasıyla elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri karar aşamasındaki kişinin insiyatifine bağlıdır. Bu çalışmada göz önüne alınan faktörler, deneyimli kişilerin ve bu metot ile alakalı önceden yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen benzer verilerden faydalanılarak özgün ikili matris sistemi oluşturulmuştur. En önemli noktalardan birisi ise güneş enerjisi santrali kurulumunda göz önüne alınması gereken verilerin önem düzeyine göre sıraya konulmasıdır. Güneş enerjisi santrali kurulumunda kullanmakta olduğumuz kriterler için ayrı ayrı bir değerlendirme yapılmamış olması nedeniyle ağırlıkların belirlenmesinde ve faktörlerin kendi içerisinde sınıflandırılmasında öncelik derecelerinin belirlenmesi hususunda bu alanda uzman kişilerin görüşleri alınarak ve daha önce yapılmış

olan çalışmalar (Güçlüer, 2010; Saner, 2015; Demirer, 2017) geliştirilerek belirlenmiştir. Daha sonra veriler, ikili karşılaştırma matrisinde kare matris oluşturulacak şekilde yerleştirilmiştir ve her bir faktör için ağırlık değeri tespit edilmiştir. Ağırlıkların belirlenmesinde yapılan işlemlerin doğruluğu için tutarlılık oranı hesaplanmış ve $TO < 0,1$ 'den küçük olduğu belirlenmiştir. Bu hesaplamanın ardından tutarlılık oranına uygun olduğu saptanan faktör ağırlıkları uygulamada kullanılmak üzere belirlenmiştir. Malatya iline ait güneş enerji santrali kurulumunda etkili olan faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi (Tablo 5) ve faktörlere ait ağırlıklar (Tablo 6) tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 5. Güneş enerji santrali kurulumunda etkili olan faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi

	Güneş Enerji Potansiyeli	Bakı	Trafo Merkezleri	Enerji Nakil Hat	Karayolu	Göl, Baraj	Demiryolu	Fay Hattı	Doğalgaz Hattı	Yerleşim Alanları	TO: 0.029558
Güneş Enerji Potansiyeli	1	2	2	2	3	4	3	5	4	3	
Bakı	1/2	1	2	2	3	4	3	4	4	3	
Trafo Merkezleri	1/2	1/2	1	1	2	3	3	4	4	2	
Enerji Nakil Hat	1/2	1/2	1	1	2	3	3	4	4	2	
Karayolu	1/3	1/3	1/2	1/2	1	2	2	3	3	1	
Göl, Baraj	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1/2	2	2	1	
Demiryolu	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	2	1	3	3	1	
Fay Hattı	1/5	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1/3	1	1/2	1/4	
Doğalgaz Hattı	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1/3	2	1	1/4	
Yerleşim Alanları	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	1	4	4	1	

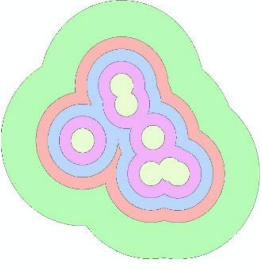
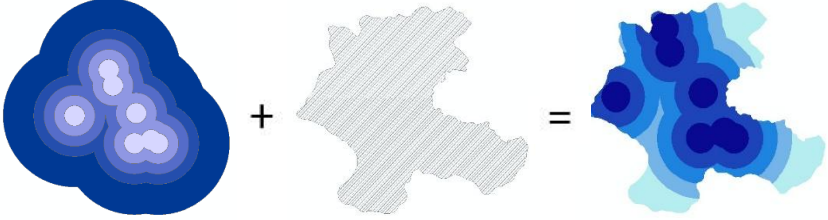
Tablo 6. Faktör ağırlıkları

KRİTERLER	AĞIRLIK(W)
Güneş Enerji Potansiyeli	0.215920268
Bakı	0.183499202
Trafo Merkezleri	0.131338224
Enerji Nakil Hat	0.131338224
Karayolu	0.080910919
Göl, Baraj	0.049722748
Demiryolu	0.067345507
Fay Hattı	0.028537957
Doğalgaz Hattı	0.034548349
Yerleşim Alanları	0.076838602
TOPLAM	1

AHY yöntemi yardımıyla güneş enerjisi santrali kurulumunda en uygun yerlerin tespiti için gerekli faktörler ayrı ayrı değerlendirilmiş olup, güneş enerjisi potansiyeli parametresinin analizde en etkili faktör olduğu görülmüştür. Ayrıca ağırlıkların uygulama için kullanılabileceği TO tutarlılık oranı ile anlaşılmıştır.

2.4.3. GES Kurulumu İçin En Uygun Yer Haritasının Oluşturulması

Malatya il sınırı içerisinde GES alanları yer seçiminde etkili olan faktörler ve ağırlıkları belirlendikten sonra ArcGIS 10.3 programı kullanarak her bir katman shapefile dosyası halinde tasarlanan konumsal veritabanına eklenmiştir. Eklenen bu katmanlar il sınırı ile kesiştirilerek sınır dışında kalan veriler temizlenmiştir. Sonrasında her katmanı kendi içinde belirlediğimiz etki alanlarını tampon bölge analizi (buffer) ile belirleyerek, bu etki alanları sınırları içinde kalan kısımlara 1 ile 5 arasında atanmış puanlar tanımlanmıştır. İlgili tüm katmanların etki alanlarını tanımlamak için ArcGIS 10.3 programındaki multi-buffer yöntemiyle aralıklar atanmıştır. Örneğin trafo merkezleri veri katmanına sırasıyla 10, 20, 30, 40 ve 40 km üzeri olacak şekilde etki alanları belirlenmiştir. Bu aralıklara karşılık gelen puan değerleri attribute table kısmından yeni bir puan tablosu açılarak eklenmiştir. Elde edilen bufferların her biri Malatya il sınır katmanı ile kesişim (intersect) yaparak sınır dışında kalan veriler silinmiştir (Şekil 21). Ardından üretilmiş olan bufferler raster veri katmanına dönüştürülerek her bir kriter için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Tampon Bölge (Buffer) Analizi	Kesişim (Intersect) Analizi
	

Şekil 21. Tampon bölge (Buffer) ve kesişim (Intersect) analizleri

Elde edilen haritalar şu şekilde şu şekilde sunulmuştur:

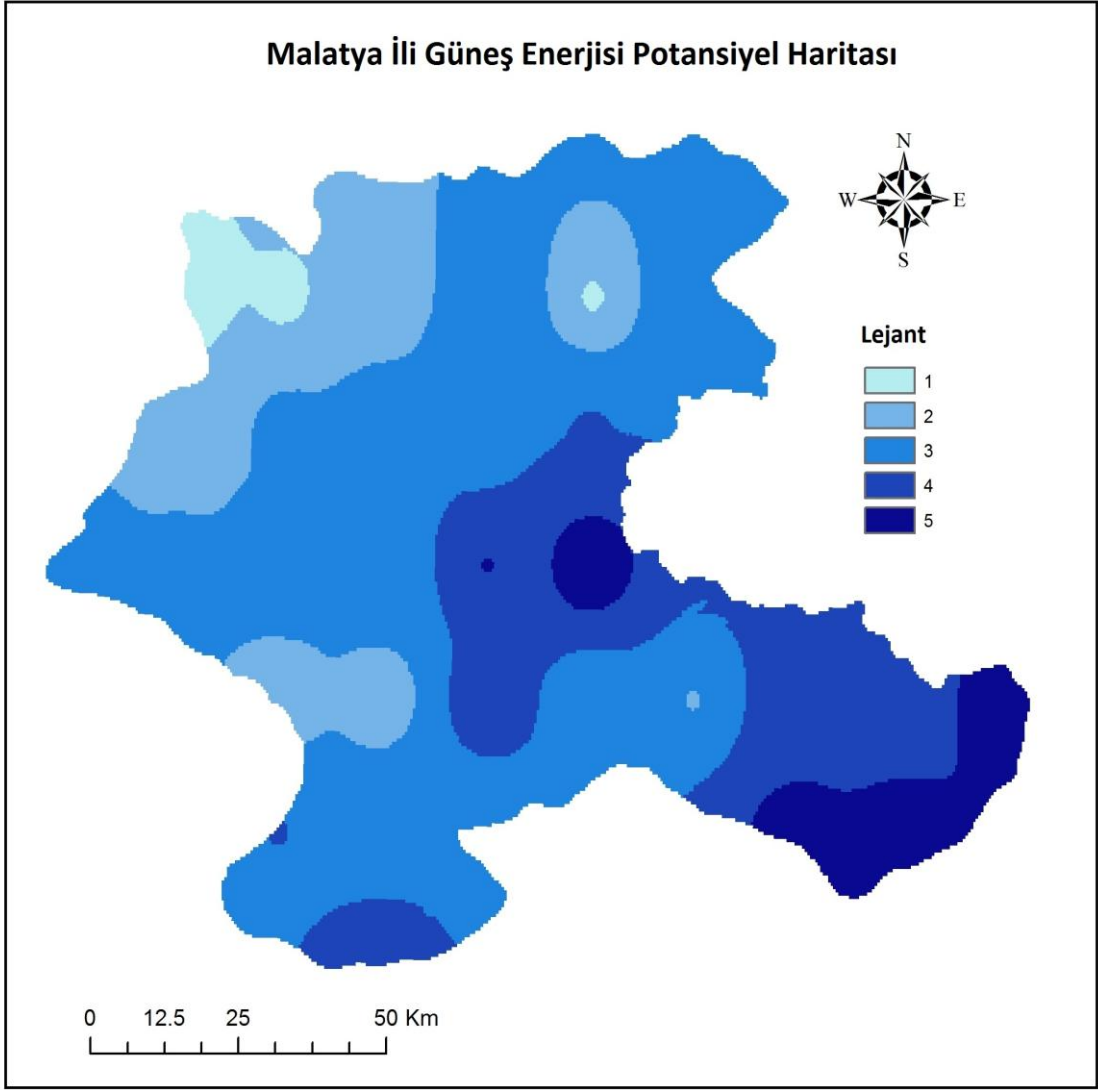
- Güneş enerji potansiyeli haritası (Şekil 22)
- Bakı haritası (Şekil 23)
- Gölet ve Baraj haritası (Şekil 24)
- Enerji nakil hattı haritası (Şekil 25)
- Trafo merkezleri haritası (Şekil 26)
- Karayolu ağı haritası (Şekil 27)
- Demiryolu ağı haritası (Şekil 28)
- BOTAŞ boru hattı haritası (Şekil 29)
- Fay hattı haritası (Şekil 30)
- Yerleşim alanları haritası (Şekil 31)

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Türkiye’de ve dünyada yapılan çalışmalar incelendiğinde bölgelerin güneş alma potansiyeline dair genel anlamda akademik çalışmalar yapılmış olduğu bilinmesine rağmen, güneş enerjisi santrallerinin en uygun lokasyonunun belirlenmesinde birden çok faktörün göz önüne alınarak spesifik bir bölgede analizin yapıldığı çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Ülkemizin 2023 yılı vizyonuna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden elektrik üretiminin daha üst seviyelere çıkarılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, Malatya ili güneş enerjisinden elektrik üretmede önemli bir potansiyele sahip olduğundan bu çalışmada bu bölge esas alınmıştır.

3.1. Malatya İlinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulması İçin En Uygun Yerler Haritası

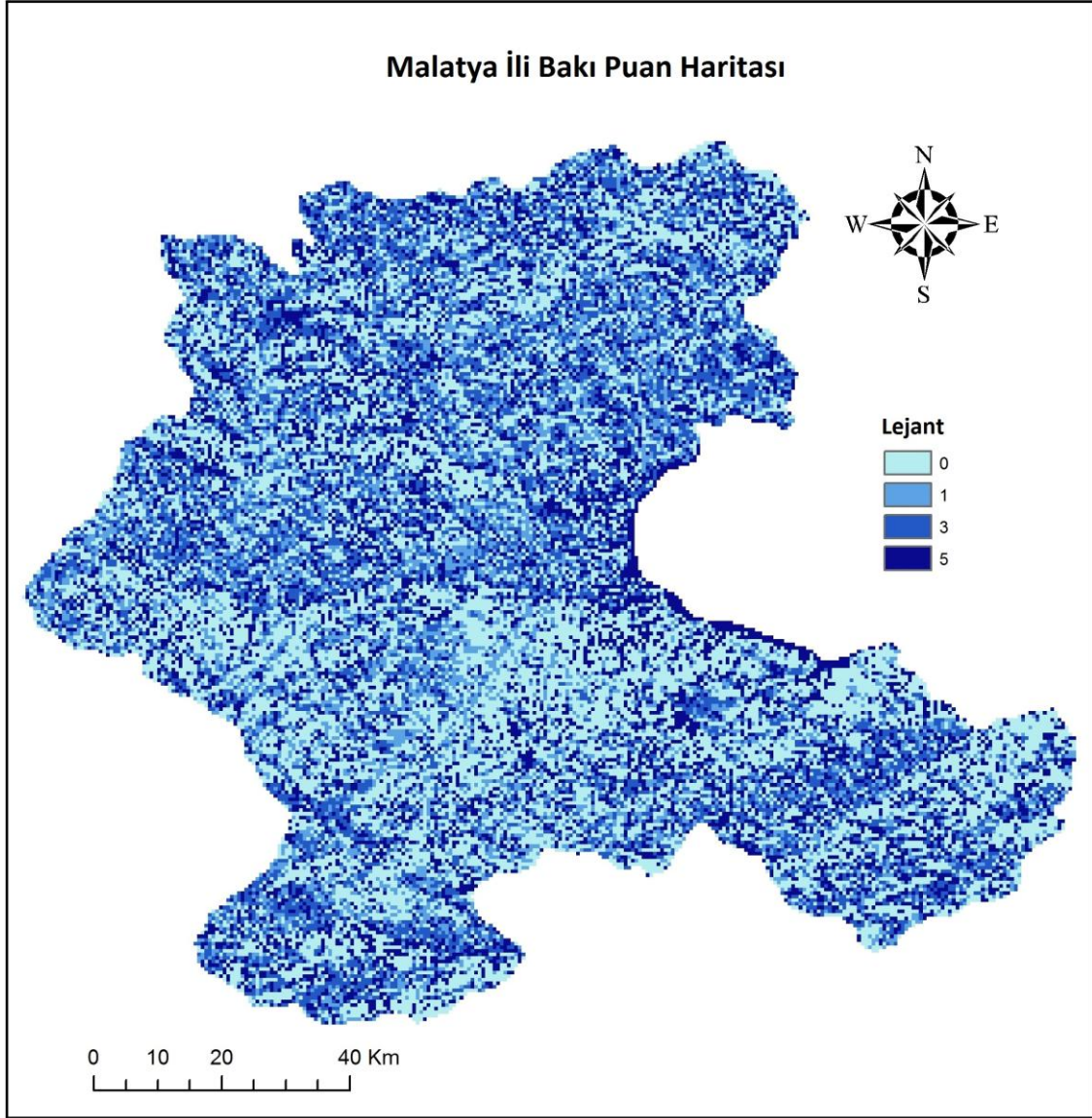
Malatya ilinde güneş enerji santrali kurulacak en uygun yer haritası elde edilmesi için belirlenen her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiş, akademik çalışmalardan elde edilen deneyimler ile her bir parametre için uygun aralıklar belirlenmiş ve bu aralıklara göre puanlama yapılarak sonrasında raster özellikte buffer yüzeyler oluşturulmuştur. Veriler sınıflandırılarak 5 sınıfa ayrılmışlardır. Bu sınıfların ağırlıkları ise güneş enerjisi santrali kurmaya en uygundan en az uyguna doğru olacak şekilde, en uygun değere 5 en az uygun olan değere ise 1 verilerek puanlandırılmışlardır. Bu yüzeylere ilişkin elde edilen bulgular şekil 22’den şekil 31’a kadar ayrı ayrı gösterilmiştir. Oluşturulan bu ağırlıklandırılmış raster buffer yüzeyleri ArcGIS 10.3 programında raster çarpımı yapılmıştır. Daha sonra kullanılmayacak alanlar çıkarılarak güneş enerjisi santrali kurulumunda en uygun yer haritası elde edilmiştir (Şekil 32). Analizler sonucu oluşan bu sonuç haritasına bakılarak güneş enerjisi santrali kurulumunda hangi faktörün nereleri hangi oranda ve ne kadar etkilediği görülebilmektedir.



Şekil 22. Sınıflandırılmış güneş enerjisi potansiyeli dağılım haritası

Tablo 7. Güneş enerjisi potansiyeli verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

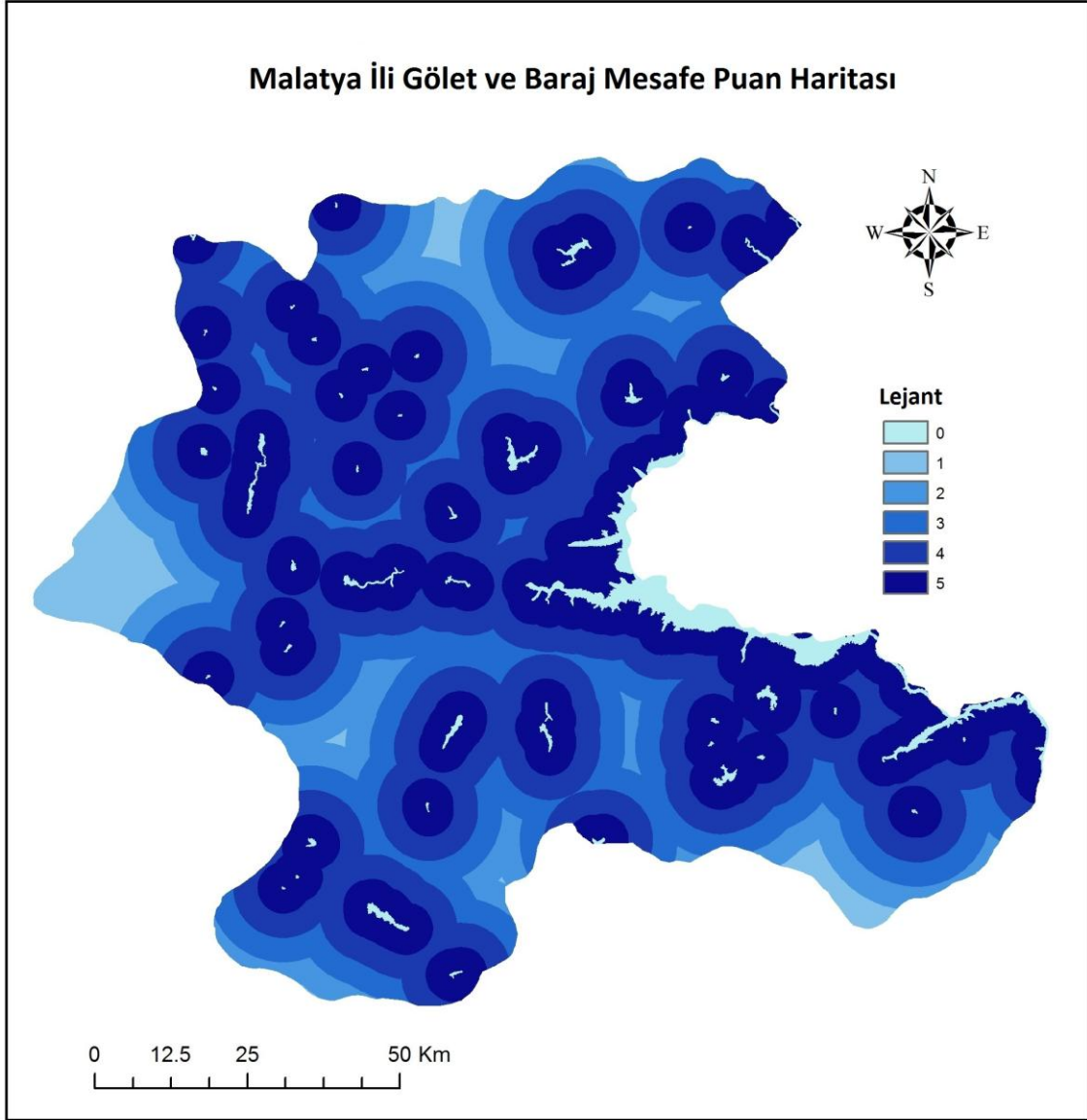
Sınıf	Aralık (power)	Puan
1	<4725	1
2	4725-4775	2
3	4775-4825	3
4	4825-4875	4
5	>4875	5



Şekil 23. Sınıflandırılmış ve puanlandırılmış bakı durumu haritası

Tablo 8. Bakı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

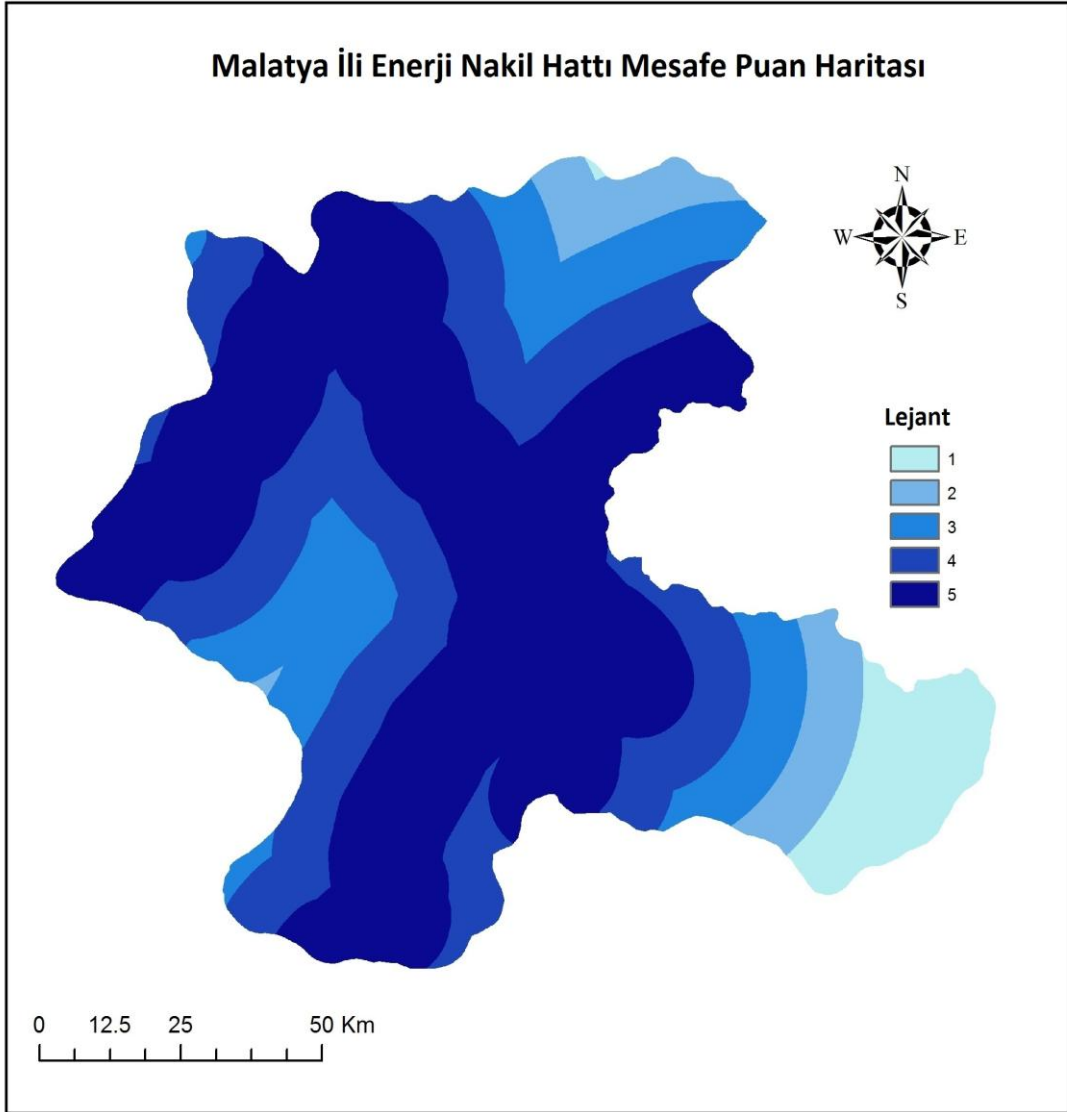
Sınıf	Aralık (yön)	Puan
1	Kuzey	0
2	Kuzeydoğu	0
3	Kuzeybatı	0
4	Doğu	1
5	Batı	1
6	Güneydoğu	3
7	Güneybatı	3
8	Güney	5



Şekil 24. Gölet ve barajlara olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 9. Gölet ve Baraj verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

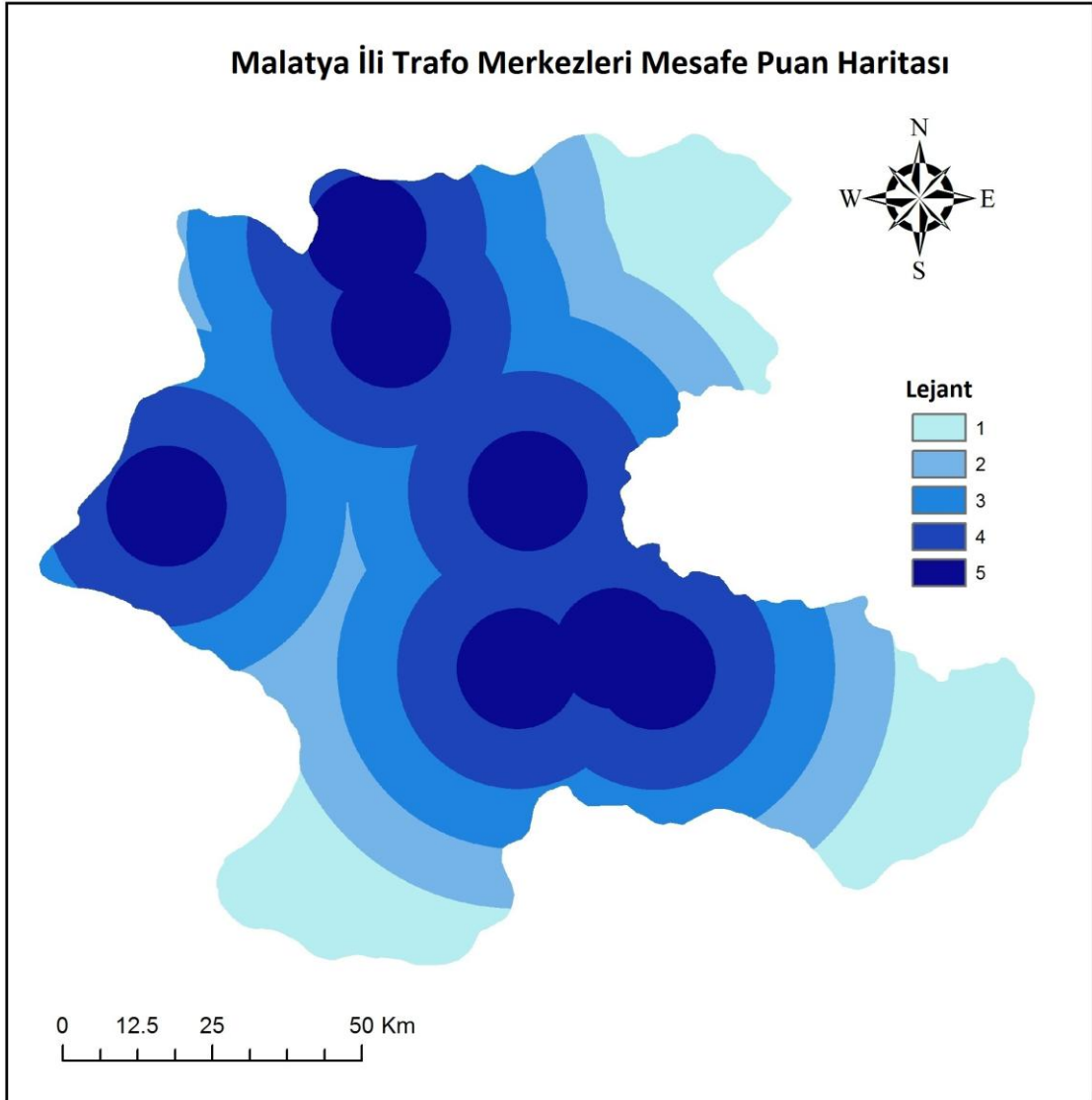
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-0.1	0
2	0.1-4	5
3	4-8	4
4	8-12	3
5	12-16	2
6	16>	1



Şekil 25. Enerji nakil hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 10. Enerji nakil hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

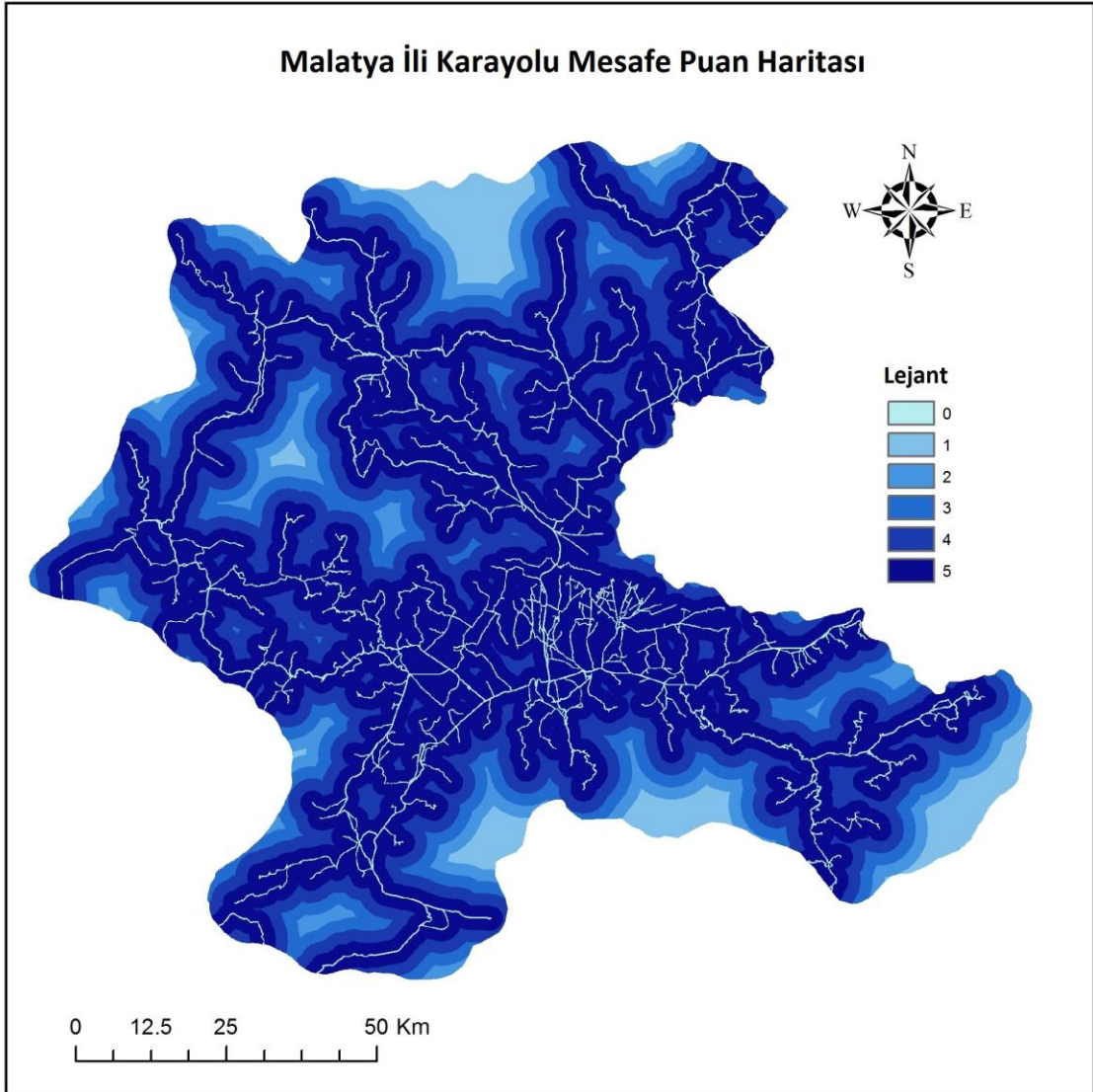
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-5	5
2	5-10	4
3	10-15	3
4	15-20	2
5	20>	1



Şekil 26. Trafo merkezlerine olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 11. Trafo merkezleri verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

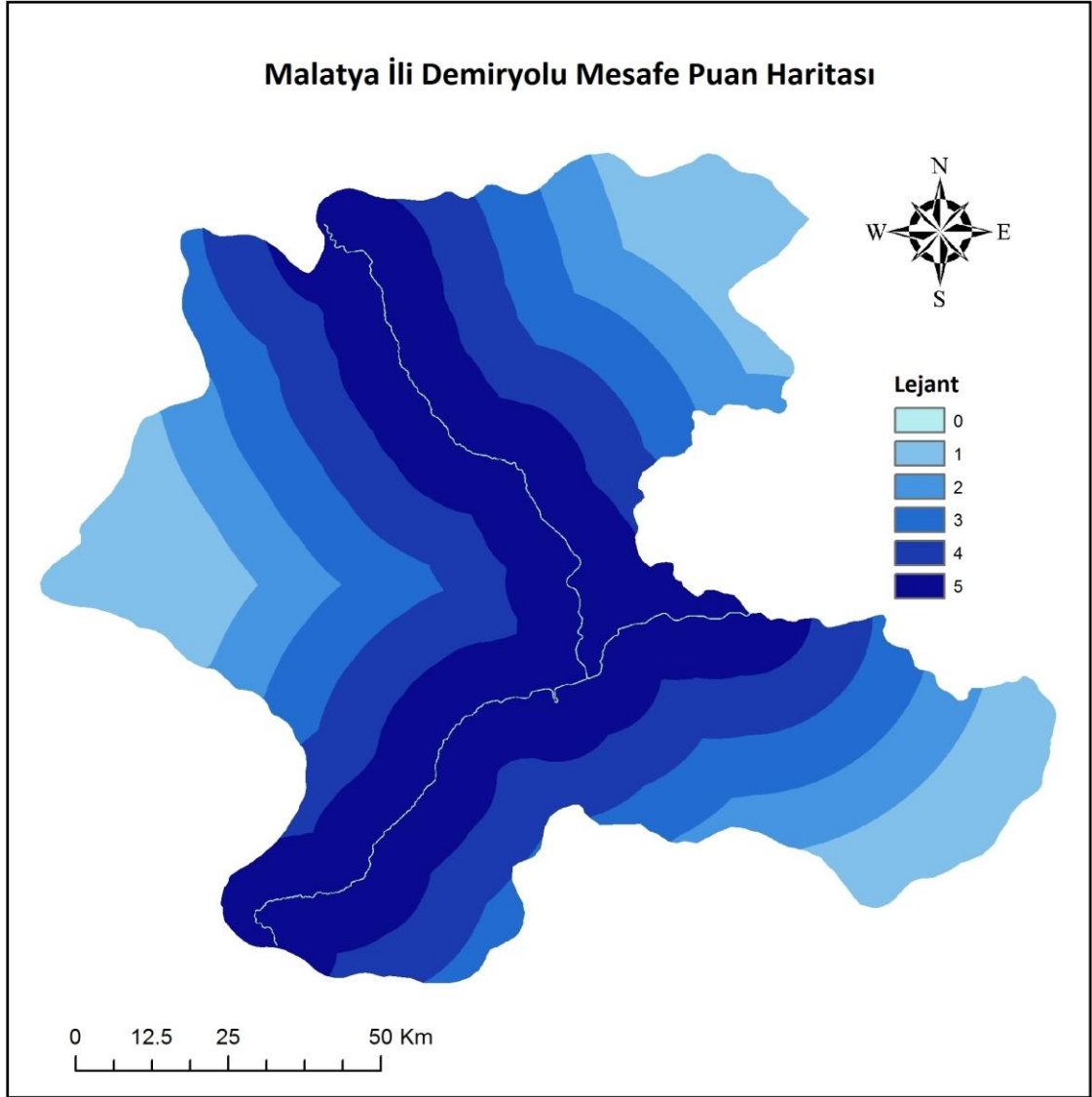
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-10	5
2	10-20	4
3	20-30	3
4	30-40	2
5	40>	1



Şekil 27. Karayolu ağına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 12. Karayolu ağı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

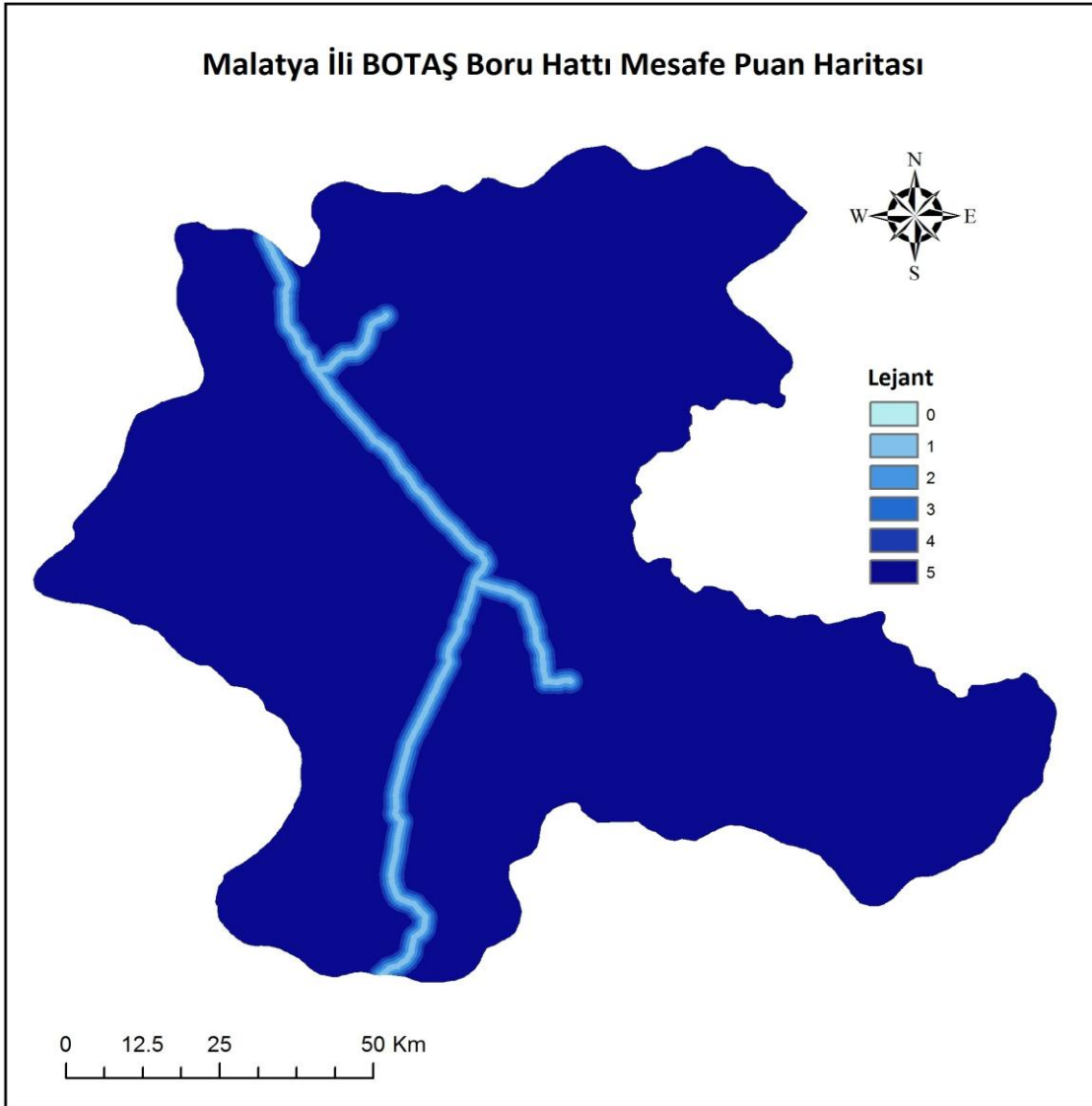
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-0.1	0
2	0.1-2	5
3	2-4	4
4	4-6	3
5	6-8	2
6	8>	1



Şekil 28. Demiryolu ağına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 13. Demiryolu ağı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

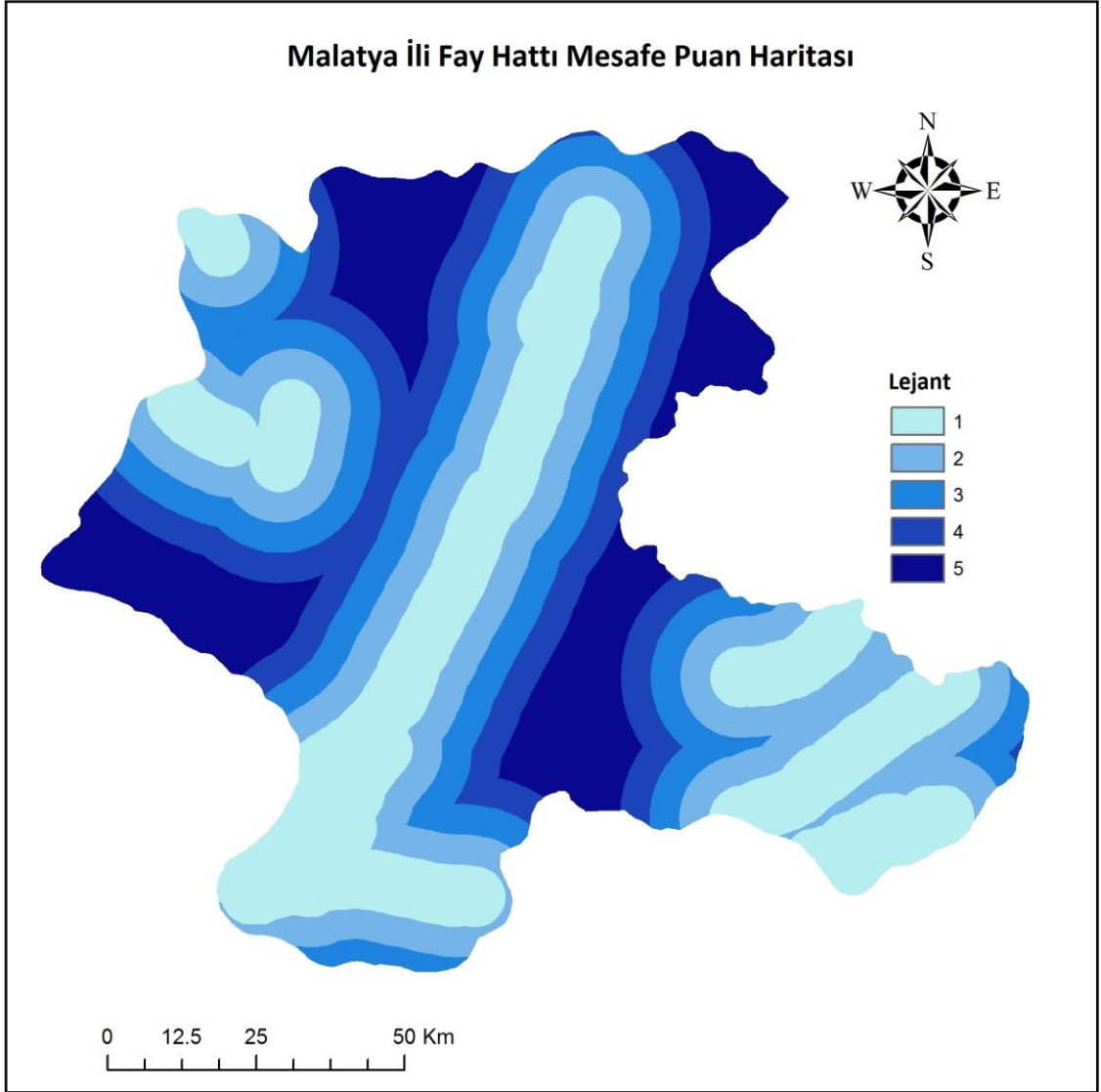
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-0.1	0
2	0.1-10	5
3	10-20	4
4	20-30	3
5	30-40	2
6	40>	1



Şekil 29. BOTAŞ boru hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 14. BOTAŞ buru hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

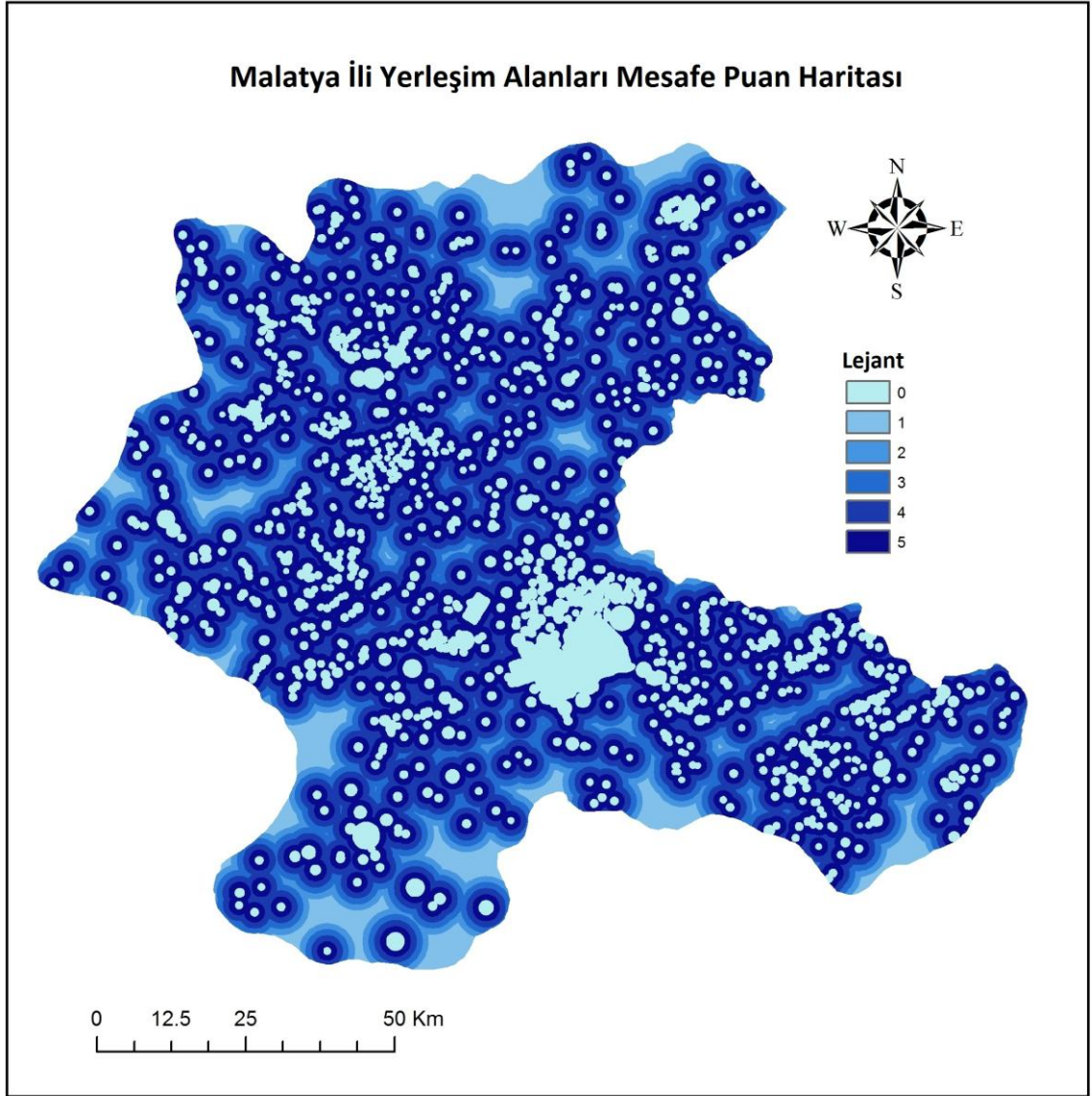
Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-0.07	0
2	0.07-0.5	1
3	0.5-1	2
4	1-1.5	3
5	1.5-2	4
6	2>	5



Şekil 30. Fay hattına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 15. Fay hattı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-5	1
2	5-10	2
3	10-15	3
4	15-20	4
5	20>	5

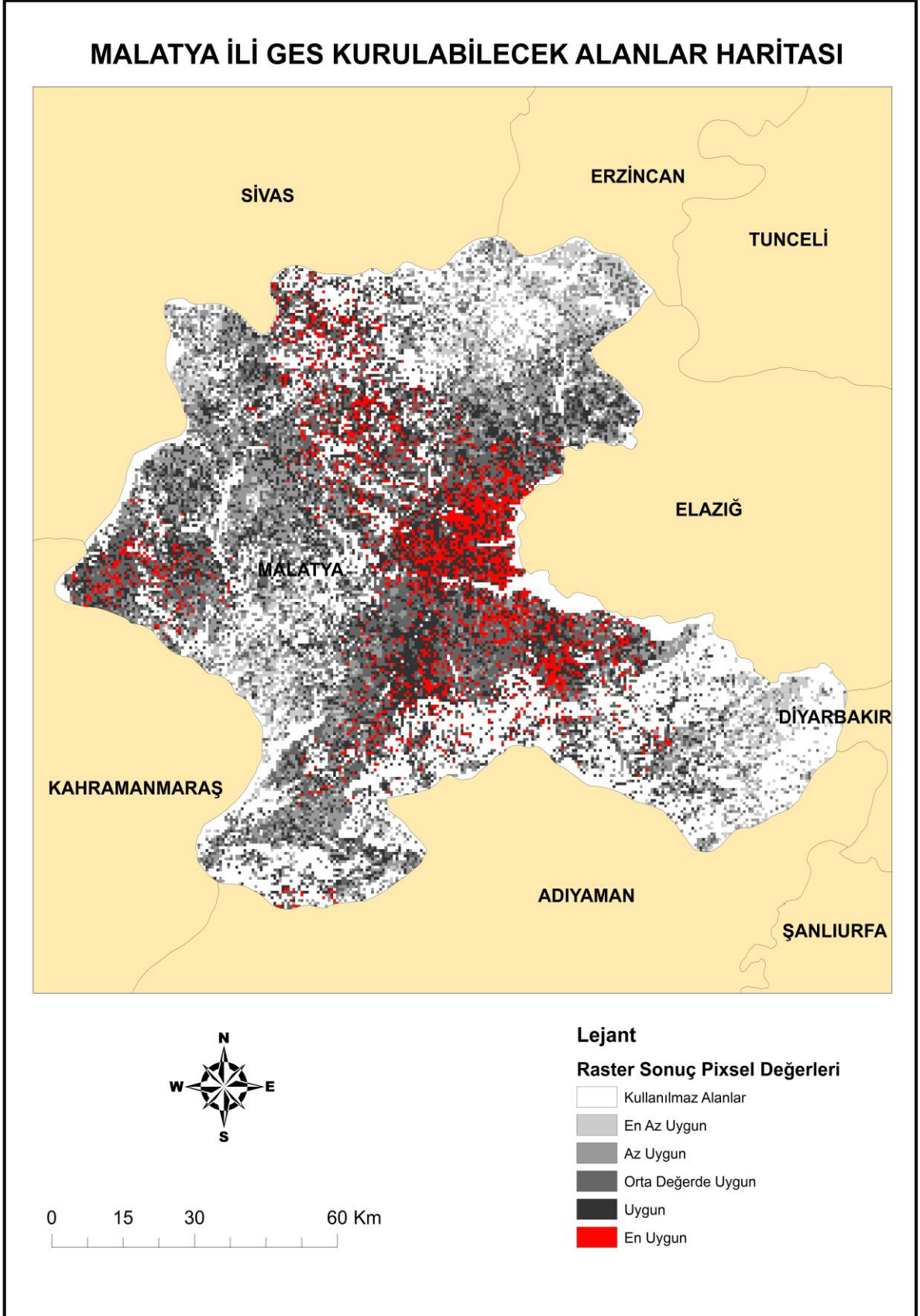


Şekil 31. Yerleşim alanlarına olan sınıflandırılmış mesafe durumlarını gösteren harita

Tablo 16. Yerleşim alanı verisi için aralık ve aralıklara verilen puanlar

Sınıf	Aralık (km)	Puan
1	0-0.5	0
2	0.5-1.5	5
3	1.5-2.5	4
4	2.5-3.5	3
5	3.5-4.5	2
6	4.5>	1

Çalışma alanı olarak belirlenen Malatya ilinde güneş enerjisi santrallerinin kurulması için en uygun alanları gösteren sonuç haritası Şekil 32’de, 10 farklı kriter göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri içerisinde Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak elde edilen haritada güneş enerjisi potansiyeli, bakı, göl ve baraj, karayolu, demiryolu, fay hattı, yerleşim alanları, doğalgaz boru hattı, enerji nakil hatları, trafo merkezleri gibi kriterler kullanılarak sonuç haritasına ulaşılmıştır. Elde edilen haritaya göre güneş enerjisi potansiyeli faktörünün uygun seviyede olması güneş enerjisi santrallerinin kurulmasında tek başına yeterli bir parametre olmadığı gözlenmiştir. Malatya ilinin güneş enerjisi haritası (Şekil 11) incelendiğinde lokasyon olarak güneydoğu ve doğu bölgelerinde bu faktörün maksimum seviyede olduğu gözlemlenmiştir. İlçe bazında değerlendirildiğinde ise bu yerler sırası ile Yazıhan, Battalgazi, Pütürge ve Doğanyol olarak belirlenmiştir. Fakat en uygun lokasyonun belirlenmesinde diğer faktörlerde göz önüne alındığında Yazıhan, Battalgazi, Yeşilyurt bölgeleri güneş enerji santralleri kurmak için en uygun bölge olduğu kanısına varılmıştır. Pütürge ve Doğanyol İlçeleri güneş enerji potansiyeli açısından iyi konumda olmasına rağmen güneş alma açısı, enerji nakil hatları ve trafo merkezlerinin konumu, fay hattı güzergahı, yerleşim alanlarının yoğunluğu, karayolu ve demiryollarına olan uzaklıklar çerçevesinden bakıldığında istenilen maksimum kriterleri tam anlamıyla sağlamadığından, sonuç haritasına göre bu ilçeler güneş enerjisi santrali kurmak için belirlenen lokasyonlar arasında birincil derecede önemli olarak gösterilmemiştir. Buna karşı, sonuç haritasında kırmızı piksellerle belirtilen yerler en uygun lokasyonu göstermekte olup, bu bölgeler Battalgazi, Yazıhan ve Yeşilyurt ilçelerine tekabül etmektedir. Bu alanların belirlenmesinde tüm kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca en uygun lokasyonlar için belirtilen yerlerin tespitinde kullanılamayacak alanlar (eğimin %20 den fazla olan alanlar, karayolları ve demiryollarında emniyet şeridi içinde kalan alanlar, hava alanları, yerleşim alanları ve yerleşim alanları emniyet şeridi içinde kalan alanlar, göl ve baraj gibi sulak alanlar ile bunlara bağlı emniyet alanları, doğalgaz boru hattı emniyet şeridinde kalan alanlar) analiz sonucu elde etmiş olduğumuz haritadan çıkarılarak sonuç haritası elde edilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. Malatya İlinde GES kurulması için en uygun alanlar haritası

Gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak GES kurulumu için en uygun alanların belirlenmesinde etki eden faktörler birbirine göre değerlendirilerek puanlandırılmış ve ağırlıklandırılmışlardır. Ardından bu ağırlık değerleri esas alınarak CBS teknolojisi ve konumsal analizleri yardımıyla GES kurulumuna en uygun yerler tespit edilerek haritalar üzerinden sunumu gerçekleştirilmiştir. Yapılan sonuç analizlerde raster tabanlı CBS analizleri uygulanmıştır ve sonuç harita da raster tabanlı olarak üretilmiştir. GES kurulumuna en uygun olarak belirlenen alanlar toplamı 48.959 hektar olarak belirlenmiştir. Toplam en uygun alanların belirlenmesinde ArcGIS yazılımının raster calculator özelliğinden yararlanılmıştır.

Analizler sonucunda GES kurulumuna en uygun yerler olarak belirlenen alanların test edilmesi amacıyla daha önce kurulmuş veya kurulması için projelendirilmiş iki mevcut çalışma Google Earth programı kullanılarak karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Aşağıda bahsi geçen GES projelerinin bulunduğu alanlar güncel uydu görüntüsü üzerinde belirlenmiş ve analizler sonucunda tespit edilmiş GES için uygun alanlar çevrilerek Google Earth programına atılmıştır. Böylece uygun bulunan alanlar ile mevcut proje alanlarının çakışıp çakışmadığı kontrol edilmiştir.



Şekil 33. Yeşilyurt Belediyesi tarafından GES kurulumu yapılacak alanın uydu görüntüsü

Yeşilyurt Belediyesinin 1MW 'lık enerji üretimi için GES kurulumu yapacağı alan ile bu çalışmamızdaki analiz sonucunda elde edilen en uygun alanların içerisinde kaldığı görülmüştür. Şekil 33'de içi taralı olan alan GES projesi henüz başlamamış ancak onaylı projesi mevcut olan alanı göstermektedir. Mevcut proje alanı, gerçekleştirilen analiz sonucunda GES için uygun alan olarak tespit edilen ve kırmızı çizgi ile çizilmiş sınırlar içerisinde kalmaktadır.



Şekil 34. İnönü Üniversitesi GES proje alanını gösteren uydu görüntüsü

Aynı şekilde Malatya İnönü Üniversitesi'nin kuzeyinde yapılmış olan güneş enerji santrali ve etrafındaki alanlarda GES için en uygun yer analizimiz sonucundaki alanların içerisinde kaldığı görülmüştür. Bu örneklerde de görüldüğü üzere gerçekleştirilen analiz sonuçlarının tutarlılığı saptanmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda ülkemizde insan nüfusunun yoğunluğu ve teknolojinin hızlı artışına paralel olarak enerji ihtiyacı artmış; dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen rağbet de artmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olması ve artan maliyetlerinden dolayı ve ülkemizin enerji potansiyeli noktasında belli bir oranda dışa bağımlı olması sebebi ile yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ülkemiz açısından önem arz etmektedir. Tüm bu olumsuzluklara karşı yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir konumda olan ülkemizdeki bu potansiyeli kullanmamız gerekmektedir. Bu bağlamda, Malatya ili güneş enerjisinden enerji üretmek için Türkiye’de uygun iller arasında olup üretim için gerekli farkındalık yaratılmalı ve bu yenilenebilir enerji kaynağı ile ilgili projeler desteklenmelidir.

Yapılan çalışmalar neticesinde güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda en uygun yer seçimi kararları direkt olarak göz önüne alınan bölgenin konumsal bilgi analizi ile sağlanmaktadır. Bu çerçeveden bakıldığında, bu santrallerin kurulumu için gerekli olan güneş enerjisi potansiyeli haritası tek başına yeterli değildir. Yapılan bu çalışmada Malatya ilinin güneş enerjisi potansiyeli yüksek olduğu bazı alanların; yerleşim yerlerine, sulak alanlara ve bakının uygun olmadığı bölgelere denk geldiği tespit edilmiştir. Bu sebeple tespit edilen bu tip alanların tam anlamıyla güneş enerjisi santrali kurulumu açısından uygun olmayacağı gözlemlenmiştir. Diğer bir taraftan bakıldığında kurulması hedeflenen güneş enerjisi santralinin enerji nakil hatlarına, trafo merkezlerine, karayolları ve demiryollarına olan uzaklıkları gibi faktörler de göz önüne alındığında en uygun yer tespiti noktasında sonucun değişim gösterdiği görülmüştür. Bu sebeple, bütün kriterler göz önüne alındığında (bakı, güneşlenme, trafo merkezi mesafesi vs.) Malatya ilinde Battalgazi, Yazıhan ve Yeşilyurt ilçelerinin güneş enerjisi santrali kurulması bakımından en uygun yerler olduğu sonucuna varılmıştır. İl genelinde toplamda 48.959 hektar alan GES kurulumu için uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bölgelerde, bu parametreden başka kriterlerde göz önüne alınarak arazi kullanım planlaması için büyük ölçekli çalışmalar yapılmalı ve bu amaçla gerekli görülen konumsal veri tabanı oluşturulmalıdır. Bu çalışmaların etkin biçimde yapılması için CBS daha etkin şekilde kullanılmalı, çalışma sahası daha geniş bölgelere yayılmalı ve yenilenebilir enerjiden en üst düzeyde faydalanılmalıdır.

5.KAYNAKLAR

- Banai Kashani, R., 1989. A New Method for Site Suitability Analysis: The Analytic Hierarchy Process, *Environmental Management*, 685693. Baran, B. 2012. Çevre-Dostu Enerji Üretimi: Güneş ve Rüzgâr, 1-12.
- Cheng, E.W.L., and Li, H., 2001. Information Prioritysetting for Better Resource Allocation Using Analytic Hierarchy Process, *Information Management and Computer Security*, 61–70.
- Davies, M., 2001. Adaptive AHP: A Review of Marketing Applications with Extensions, *European Journal of Marketing*, 872–893.
- Demirer, A., 2017. Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 82 s.
- EPDK, 2017. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Petrol Piyasası Sektör Raporu, Ekim.
- Erden, T. ve Coşkun, M., Z., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımlarıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Nisan, Ankara.
- 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.
- Hwang, C. L. and Yoon, K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications* (Berlin, Springer-Verlag)
- Karataş, S., 2009. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgar ve güneş enerjilerinin yeri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 239 s.
- Kılıç, F. Ç., 2015. Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Mühendis ve Makina*, 56 ,671, 28-40.
- Kim, S. C. and Min, K.J., 2004. Determining Multicriteria Priorities in the Planning of Electric Power Generation: The Development of an Analytic Hierarchy Process for Using the Opinions of Experts, *International Journal of Management*,186–193.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan N., 2001 Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları
- Memişoğlu, T., 2014. Akarsu Vadileri Boyunca Çevresel Kirleticilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analizi: Trabzon İli örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 159s.

- Millet, I., and Wedley, W.C., 2002. Modelling Risk and Uncertainty with the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 97–107.
- Min, H., 1994. Location Analysis of International Consolidation Terminals Using the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Business Logistics*, 25–44.
- Özdemir, Y. ve Aksoy, B., 2017. Heliosat Model Kullanarak Türkiye İçin Global Güneş Radyasyonu Tahmini, 3. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Ekim, Antalya, 6-8 s.
- Özgöçmen, A., 2007. Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ramanathan, R., 2001. A Note On the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment, *Journal of Environmental Management*, 2735.
- Reis, S., Nişancı, R. ve Yomralıoğlu, T., 2000. “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Doğu Karadeniz Bölgesinin Arazi Modellemesi”, 9.Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Planlama Kongresi, 357-369, KTÜ, Trabzon.
- Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., 1989. Hierarchical-Multiobjective Systems, *Control-Theory and Advanced Technology*, 5, 4, 485-489.
- Saaty, T.L., 1991. Modelling the Graduate Business School Admission Process, *SocioEconomic Planning Science*, 155–162.
- Salman, M., 2016. Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri
- Saner, H. S., 2015. Türkiye’ de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Şenlik, İ., 2017. Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi, *Elektrik Mühendisliği* sayı-462, 94-98.
- Resmi Gazete 2013, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik. 28783, 19.
- URL-1, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>. 13 Ekim 2017.
- URL-2, <http://www.enerjibes.com/gunes-santrali-icin-arazi-secimi/>. 12 Ocak 2017.
- URL-3, <http://www.icisleriafad.gov.tr/lkemizin-deprem-riski-haritasi>. 16 Kasım 2017.
- URL-4, https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx. 21 Aralık 2017.

- URL-5, http://www.viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.html. 12 Kasım 2017
- URL-6, <http://www.metalurjik.net/genel/gunes-enerjisinin-diger-enerji-turlerine-gore-avantaj-ve-dezavantajlari.html>. 18 Aralık 2017
- URL-7, http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/h_2015_ulusal_enerji.aspx. 12 Eylül 2017.
- URL-8, <http://www.enerjiturkiye.org/tr/home>. 3 Şubat 2018.
- URL-9, <http://gensed.org/CF/CD/1463f6bb342f2ecdb4f41a6b44ba9349abc61402407493.pdf>. 5 Şubat 2018.
- Yıldırım, V., 2009. Doğalgaz İletim Hatlarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Raster Tabanlı Dinamik Bir Modeli Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, V., 2014. Doğalgaz İletim Hattı Güzergâhlarının Belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Teknolojilerini Kullanarak Bir Karar-Destek Modelinin Geliştirilmesi, TUBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Mayıs, Trabzon.
- Yıldız, T., 2015. MİLGES, MİL- HES, MİLKANAT ve (YGDA) Sistemi Geliştirilmesi Projeleri Açılış Töreni Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Konuşması, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 7 Mayıs 2015.
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Seçil Ofset, İstanbul.
- Zeleny, M., 1982. Multiple Criteria Decision Making, McGraw-Hill, New York.

ÖZGEÇMİŞ

03.02.1992 tarihinde Malatya' da doğdu. İlköğretimini Bitlis/Tatvan İstasyon İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Orta Öğretimini Malatya Cengiz Topel İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini de Malatya 20 Mayıs Vakfı Turgut Özal Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında kazanıp okumaz olduğu Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldu. Yine aynı yıl mezuniyetinden sonra Yeşilyurt Belediyesinde çalışmaya başladı. Halen bu kurumda görevine devam etmektedir.

