

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ  
KURULABİLECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: ADIYAMAN BESNİ  
ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisi Necmettin SOLĞUN**

**MAYIS– 2019**

**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

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

**Jüri Üyeleri**

**Başkan :** .....

**Üye :** .....

**Üye :** .....

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana bilim dalında “COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURULABİLECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: ADIYAMAN BESNİ ÖRNEĞİ ” başlıklı yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanmasının her aşamasında hoşgörüsüyle, sevgisiyle, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan danışman hocam Doç. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU hocama sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca her zaman yanımda olan, bilgi birikiminden yararlandığım ALİ KIZMAZ hocama teşekkür ederim.

Ayrıca, güneş enerji santrali alanında kendini kanıtlamış, bilgi birikiminden yararlandığım Mahmut CAN ve Alpay BEYLA ağabeylerime teşekkür ederim.

Zor şartlar altında beni yetiştiren, hiçbir zaman sevgi ve desteğini esirgemeyen annem, babam ve ağabeylerime teşekkür ederim.

Bu çalışmamın, Ülkemizin enerji de dışa bağımlılığın giderilmesi açısından enerji politikası yönünden katkı sağlamasını temenni ederim.

Necmettin SOLĞUN

Trabzon, 2019

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURULABİLECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: ADIYAMAN BESNİ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda 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.

20/05/2019

Necmettin SOLĞUN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı.....	4
1.4. Metodoloji ve Çalışma Planı.....	5
1.5. Dünyada Enerji Kaynakları.....	6
1.5.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	8
1.6. Türkiye’de Arazi Kullanımı ve Enerji.....	11
1.7. Türkiye’nin Yenilebilir Enerji Durumu.....	12
1.8. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	14
1.8.1. Güneş Enerji Santrali Başvuru Süreci.....	15
1.9. CBS ve Karar Destek Kavramı.....	17
1.9.1. Çok Ölçütlü Karar Kuralları.....	18
1.9.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi.....	19
1.9.1.1.1. Ölçüt Katmanlarının Normalleştirilmesi.....	20
1.9.1.1.1.1. Doğrusal Ölçek Dönüşümü.....	21
1.9.1.1.2. Ölçüt Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	21
1.9.1.1.2.1. İkili Karşılaştırma Yöntemi.....	22
1.9.1.1.3. AHP Yönteminin Uygulanması.....	28
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Adıyaman İli Besni İlçesinin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	29
2.2. Cbs-Çöka Yöntemi (Ahp) ile Adıyaman İli Besni İlçesinde GES Kurulabilecek Alanların Belirlenmesi.....	31

2.2.1.	Çalışma Alanı.....	31
2.2.2.	Yöntem. ....	32
3.	BULGULAR VE İRDELEME .....	36
3.1.	Çalışma Verileri .....	36
3.1.1	Güneş Enerji Potansiyel.....	36
3.1.1.1.	Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR).....	37
3.1.2.	Bakı.....	38
3.1.3.	Eğim.....	40
3.1.4.	Enerji Nakil Hattı (ENH).....	41
3.1.5.	Yol.....	42
3.1.6.	Akarsu.....	43
3.1.7.	Arazi Kullanımı.....	45
3.1.8.	GES İçin Uygun Alanlar.....	46
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
5.	KAYNAKLAR .....	51
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

## ÖZET

“COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURULABİLECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: ADIYAMAN BESNİ ÖRNEĞİ ”

Necmettin SOLĞUN

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU

2019

Kalkınmanın ve gelişmişliğin bir göstergesi olan enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler bu talebi daha da artırmaktadır. Ancak, Fosil yakıt kullanımı bazı problemleri de derinleştirebilir. Bunlardan bazıları; enerji kaynaklarının çevre sorunlarına yol açması, rezervlerinin yakın gelecekte tükenecek olması, kaynak ülkelere bağımlılığın siyasi ve ekonomik sorunlara neden olmasıdır. Gerek fosil yakıt kaynaklarının tükeniyor olması gerekse de diğer sebeplerden dolayı yenilebilir enerji kaynaklarına olan talep artmaktadır. Güneş ve rüzgâr en çok bilinen ve kullanılan yenilebilir enerji kaynaklarıdır. Dünyada bu kaynaklara olan ilgi ülkemizde de yenilebilir enerji kullanımını bir sektör haline dönüştürmektedir. Bilindiği üzere, güneş enerji potansiyeli açısından çok zengin olan ülkemiz, güneşi; enerji üretme aracı olarak artık kullanabilmektedir. Bu faaliyet ülkemizde genellikle marjinal araziler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Arazi, insan faaliyetlerinin tek mekânı ve miktarı artırılmayan kıt bir kaynaktır. Bu durum ülkemiz için de şüphesiz geçerlidir. Eş bir söyleyişle Güneş Enerji Santrali (GES) kurulacak alanların iyi belirlenmesi son derece önemlidir. Bu sayede ülkenin çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları da minimize edilebilir. GES kurulacak uygun alanların belirlenmesi için arazilerin belli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Hem arazi ve hem de arazi özellikleri, Adıyaman Besni ilçesinde ki bu çalışmayla ele alınmıştır. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) İle yürütülmüştür. GES tesis edilebilecek muhtemel alanlar, GES tesisi için yürütülmesi gereken işlem adımları ve gereken belgeler bu özel durum çalışması ile ortaya konulmuştur. Benzer nitelikteki çalışmaların ülke genelinde ve daha geniş kapsamlı olarak ele alınması, yenilebilir enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması adına çalışmalar yürütülmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerji potansiyeli, GES, CBS, ÇÖKA, AHP.



Master Thesis

## SUMMARY

### DETERMINATION OF POSSIBLE AREAS FOR SOLAR POWER PLANT WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A CASE STUDY ADIYAMAN BESNI

Necmettin SOLĞUN  
Karadeniz Technical Universty  
TheGradute School of Naturel and Applied Sciences  
Geomatics Engineering Gradute Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Yakup Emre ÇORUHLU  
2019

Each passing day, need for energy has increased that sign of improvement and development. In developing countries, demands for energy has increasing with population growth industrialization and technological advancement. However; using of fossil fuel can deepen some problems. Some of them: energy resources can cause environment problems, reserves will deplete in near future, dependency of source countries can cause political and economic problems. Both running out of fossil fuel and because of other reasons have increasing interest in renewable energy. Sun and wind are most known and used renewable source. Interest in these sources in earth has transformed to a sector using of renewable energy in our country. As known, our rich country that in terms of solar energy potential, sun that can use as a tool to production of energy, no longer. This activity usually performed on marginal lands in our country. Land is only place of people activities and scarce sources haven't increased amount. Undoubtly, this situation has validated in our country. In other words, determination of areas that installed to solar energy plant is very important. In this way, it will be mimimized to our countries environment, social and economic problems. For determine suitable areas will installed to solar energy plant, lands must have some properties. Both land and land of properties have dealt with this study in Adiyaman –Besni. This study was conducted with Geographic Information Systems and Analytic Hierarchy Method that are methods of Multi-Criteria Decision Analysis. It has presented with special situation study that potential areas of built Solar power plant, process steps for Solar power plant Instution and required documents. It is recommended that similar quality studies should be dealth with comprehensively and find out renewable energy potential should be conducted in general of country.

**Key Words:** Potential of solar energy, Solar power plant , GIS, MCDM, AHM.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Konumsal ÇÖKA Analizi .....	3
Şekil 2. Metodoloji ve Çalışma Planı .....	6
Şekil 3. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması (Koç, 2013 ve Can Şenel, 2013'den uyarlandı).....	8
Şekil 4. Adıyaman İli Besni İlçesi 6 MW Güneş Enerji Santrali( Necmettin Solğun ,2017). .....	9
Şekil 5. Rüzgar Enerji Santrali (RES) (URL-6, 2018). .....	10
Şekil 6. Hidroelektrik Santrali(HES) Atatürk Barajı, Şanlıurfa (Necmettin Solğun ,2016). .....	10
Şekil 7. Arazi mekânının üç boyutlu krokisi .....	11
Şekil 8. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü 2018 Haziran sonu (URL-3, 2019).....	13
Şekil 9. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (URL-4, 2017). .....	14
Şekil 10. Türkiye global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri (URL-4, 2017).....	14
Şekil 11. Güneş Enerjisi Santrali Başvuru İş Akış Diyagramı .....	16
Şekil 12. Analitik hiyerarşi modeli (Saaty, 1980;pp. 54-55).....	19
Şekil 13. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki illerin yıllık ortalama toplam güneşleme süreleri (saat) .....	29
Şekil 14. Adıyaman ilinin merkez ve ilçelerinde yıllık ortalama toplam güneşlenme sürelerinin gösterilişi(saat) .....	31
Şekil 15. Çalışma Alanı .....	32
Şekil 16. Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (URL-5, 2017).....	38
Şekil 17. Bakı Haritası.....	39
Şekil 18. Eğim Haritası.....	40
Şekil 19. Enerji Nakil Haritası.....	42
Şekil 20. Yol Haritası .....	43
Şekil 21. Akarsu Haritası.....	44
Şekil 22. Arazi Kullanımı Haritası .....	45
Şekil 23. Adıyaman İli Besni İlçesi İçin Uygun Güneş Enerji Santrali Alanları .....	46
Şekil 24. Adıyaman İli Besni İlçesi İçin Uygun Güneş Enerji Santrali Alanlarının Google Earth'deki Görünümü.....	47

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. AHP Değerlendirme Ölçeği .....	22
Tablo 2. RI Değerleri.....	28
Tablo 3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerindeki ortalama güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	29
Tablo 4. Adıyaman merkez ve ilçelerinde toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı.....	30
Tablo 5. Uygulama için ikili karşılaştırma işleminde kullanılan ölçek değerleri.....	33
Tablo 6. Uygulamanın ikili karşılaştırma matrisi ve normalize ağırlık değerleri .....	34
Tablo 7. Uygulamanın normalize ağırlık değerleri ve Ağırlık yüzdeleri .....	34
Tablo 8. Uygulama için tutarlılık vektörünün ortalama değeri .....	35
Tablo 9. Sınıflandırılan bakılara atanan ağırlık değerleri.....	39
Tablo 10. Sınıflandırılan eğitim derecelerine atanan ağırlık değerleri .....	40
Tablo 11. Enerji nakil hattına olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri .....	41
Tablo 12. Yollara olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri .....	43
Tablo 13. Akarsulara olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri .....	44

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>CBS:</b>	Coğrafi Bilgi Sistemi
<b>GES:</b>	Güneş Enerji Santrali
<b>ÇÖKA:</b>	Çok Ölçütlü Karar Analizi
<b>AHP:</b>	Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>RES:</b>	Rüzgar Enerji Santralleri
<b>HES:</b>	Hidroelektrik Santrali
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Karbondioksit
<b>CO:</b>	Karbonmonoksit
<b>DMİ:</b>	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
<b>EİE:</b>	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>YEGM:</b>	Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü
<b>OSB:</b>	Organize Sanayi Bölgesi
<b>TEDAŞ:</b>	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
<b>ÇED:</b>	Çevresel Etki Değerlendirmesi
<b>GWR:</b>	Coğrafi Ağırlıklı Regresyon
<b>CI:</b>	Tutarlık Göstergesi
<b>RI:</b>	Random(Tesadüflük) Gösterge
<b>TO:</b>	Tutarlık Oranı
<b>P=:</b>	Güneş ışınım şiddeti (KWh/m <sup>2</sup> )
<b>C1=:</b>	Güneş ışınım şiddetinin nem parametresi ile değişimi
<b>C2=:</b>	Güneş ışınım şiddetinin kapalılık parametresi ile değişimi
<b>e=:</b>	Hata terimi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Arazi, insan faaliyetlerinin temel mekânı ve miktarı artırılmayan doğal kıt bir kaynaktır. İnsan bugün olduğu gibi her zaman araziyle ilişkisi var olmuş ve olacaktır. İnsanoğlu ve arazi arasında ki bu dinamik ilişki zamanla amaca göre değişmiştir. Bugünler de güneş, toprak, su vb. gibi doğal kaynaklar ülkemiz de ve dünyanın birçok yerinde hatalı arazi kullanımı, nüfus artışı, yönlendirme eksikliği gibi bir çok sebepten dolayı tehdit altındadır (Erkan ve diğerleri, 2011).

Genel anlamda enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Gelişen ülkelerde gittikçe yükselen nüfus ve gelişen sanayi karşısında enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Sosyal ve ekonomik olarak gelişmiş olmanın ve mutlak üretilmesi gerek temel unsurlarından biri enerjidir. Ekonomi ile enerji tüketme doğru orantılıdır. Kısacası ne kadar enerji tüketimi varsa o kadar kalkınma vardır (Koç ve Şenel, 2013). Ülkemizde de bu durum söz konusu olduğu için enerjiye olan ihtiyaç fazladır (Yılmaz, 2012). Ülkemiz ve diğer ülkeler için kalkınmanın en önemli kriterlerinden biri enerjidir (Narin, 2008). Örneğin güneş enerjisinde Almanya bir dünya devi haline gelmiştir. Türkiye'ye göre güneşlenme süresi %60 az olduğu halde enerji üretiminde ülkemizden 46 kat fazla enerji elde etmektedir (URL-1, 2019). Almanya tarihinde ilk defa 2017 yılında yenilenebilir enerjilerden ürettiği enerji, fosil yakıtlardan ürettiği enerjiyi geçmiştir (URL-9, 2019). Ülkemizde 2018 yılında elektrik enerjisi tüketimi 2017 yılına göre %2.2 artarak 303.3 milyar Kwh, elektrik üretimi ise 2017 yılına göre %2.2 oranında artarak 303.9 milyar kWh üretim tüketim olmuştur. Fakat 2018 yılında elektrik üretimimizin, %29.8'si doğal gaz kaynağından üretilmiştir (URL-7, 2019). Elektrik üretiminin %29.8'inin doğal gaz ile gerçekleşmiş olması elektrik enerjisinde dışa bağımlılığın göstergesidir. Çünkü ülkemiz doğalgaz rezervi açısından fakir olduğundan, kullanılan doğal gazın büyük çoğunluğu ithal edilmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2018 yılı faaliyet raporu, enerji portföyündeki yerli ve yenilenebilir enerji payının artırılması stratejimiz ile yerli kömürün yanı sıra rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarımız

sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda çevreci bir anlayış ile artırılmasının hedeflendiği de bilinmektedir. Nitekim konuyu ehemmiyetine nazaran Bakanlık tarafından 05.10.2018 tarihli ve 30556 sayılı Resmi Gazete’de Güneş Enerjisine Dayalı Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları ve Bağlantı Kapasitelerinin Tahsisine İlişkin Yarışma İlanı dahi yayımlanmıştır. Bu potansiyeli ortaya çıkaracak çok farklı projeler yürütülmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) doğal kaynakların(hava, su, güneş gibi) yönlendirilmesinde kullanılan destekleyici bir bilgi teknolojisidir (Erden ve Çoşkun, 2011). 1980 yılından itibaren Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) konumsal verilerin oluşturulması, analiz edilmesi ve yönlendirilmesi için kullanılan ve geliştirilen bir teknolojik bilgi mekanizmasıdır (Yomralıoğlu, 2000). Aynı zaman da CBS sayısal haritaların üretilmesi, konumsal verilerin sayısal ve sözel olarak analiz edilmesi imkânı da sunan teknolojidir. Özellikle konumsal analizler de ekonomik, sosyal, kültürel açıdan en uygun alanların seçiminde kullanılmaktadır (Küçükönder ve Karabulut, 2007).

Güneş enerji santralleri(GES)için uygun alanları belirlemek, kurulum maliyeti minimuma indirmek ve üretim miktarını maksimuma çıkarabilmek için güneş enerji potansiyeli, eğim, bakı, enerji nakil hattına uzaklık vb. kriterler aynı anda değerlendirmek için CBS teknolojisi kullanılmalıdır. CBS teknolojisi kullanılmadan GES için uygun alanlar seçim analizi yapmak karışık, yorucu ve zaman alıcıdır. Güneş enerji santralleri için uygun alanlar; CBS ile birçok mekânsal veri işlenerek sonuca daha kolay ve güvenilir ulaşılır. Yer seçimi kriterleri; güneş enerji potansiyeli, arazi kullanımı, arazi bakışı, arazi eğimi, yollara uzaklık, enerji nakil hattına uzaklık ve akarsulara uzaklık gibi veriler olarak tanımlanır. Fakat bu veri kriterleri istenilen uygun alana, zamana ve bölgelere göre değişebilir. Yer seçimi çalışmalarında kolay bir şekilde sonuca ulaşmanın yanında aynı zamanda karışık planlama ve yönetim sorunları gibi sorunların çözümünde de kullanılmaktadır (Küçükönder ve Karabulut, 2007).

Kamusal haklar ve kısıtlamalar da arazi kullanımını sınırlayıp zaman zaman ortadan tamamı ile kaldırabilir. Bunlara örnek olarak, taşınmazın kültür varlığı veya sit alanı vasfında olması, doğal sit alanı veya özel çevre koruma bölgesi olması (Saralioğlu vd., 2019), mezarlık alanı olması gibi diğer özellikler de verilebilir. Özellikle devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler ile tescil harici alanlar ve özel siciline tescil edilen koruma statüsü olmayan alanların bu tip tesislerde kullanımının, GES tesisi için arazi edinim maliyetini daha da aşağı düşürebileceği düşünülmektedir. Ayrıca GES tesisinin taşınmaz

değerleme modeli olarak bilinen uzun süreli kiralama veya yapı-işlet-devret gibi modellerle ele alınabileceği de göz ardı edilmemelidir.

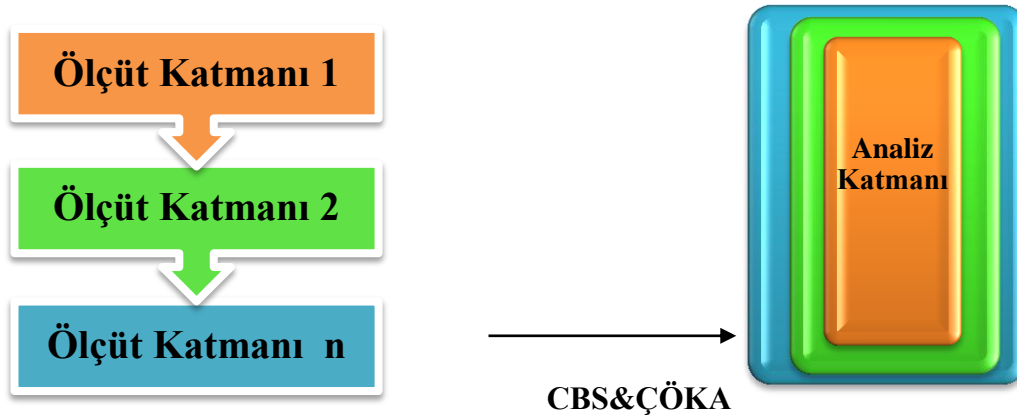
CBS’de belirlenen kriterler arasında ‘ en uygun’ seçeneğinin seçilmesi çok ölçütlü bir kriterdir. Bundan dolayı Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) kriterin seçiminde ve doğrulundan karar vericiye yardım sağlamaktadır (Erden ve Çoşkun, 2011, Yıldırım vd., 2016).

Uygun yer alanının seçimi yapılabilmesi için aşağıdaki adımlar izlenilebilir (Erden ve Çoşkun, 2011).

- 1)Uygun yer seçimi için kriterlerin belirlenmesi;
- 2) Uygun yer seçimi için etkili kriterlerin tanımlanması;
- 3) Uygun yer seçimi için olanakların geliştirilmesi;
- 4) Uygun yer seçimi için olanakların değerlendirilmesi ve uygun yer için kararın verilmesi.

Günümüzde karmaşık problemlerin çözümü, bilim ve teknoloji sayesinde çözüme ulaşma imkanı sağlanmaktadır. Veriye ulaşma imkânı ve teknolojiye bağlı olarak gerekli bilgilerin bilgisayar ile entegre olarak en uygun alan belirlenmesi konusunda yardımcı olmaktadır (Öztürk ve Batuk, 2010).

Uygun alan seçimi ve doğal kaynakların kullanımı gibi uygulamalarda konumsal veri için karar gerektiren seçimlerdir. Bunlar birer konumsal problemlerdir. Bu problemler çok sayıda kriterin bir seçeneğe göre değerlendirilmesidir. Bundan dolayı karar vermek ÇÖKA ile incelenmelidir. Ve böylece ÇÖKA kullanıcıya en etkin ve kolay yolda karar vericiyi sonuç katmanına ulaştırır (Öztürk, ve Batuk, 2010).



Şekil 1.Konumsal ÇÖKA Analizi

## 1.2. Problemin Tanımı

Güneş enerjisi potansiyeli, ülkemiz için güneş atlası ile konumsal olarak ortaya konulmuştur. Enerji politikasını yürüten kurumlar bu potansiyelin ortaya çıkartılması adına çok yoğun ve ciddi çalışmalar yürütmektedirler. Ancak henüz güneş enerji atlasının arazinin diğer özellikleri ile birlikte ele alınmadığı ve dinamik bir altyapıda sunulmadığı da bilinmektedir. Yani güneş enerjisi bakımından çok verimli olan bir taşınmaz her zaman GES tesisi için uygun olmayabilir. Mutlak tarım arazisi, doğal sit alanı vb. niteliğe sahip taşınmazlarda, GES tesisi her zaman mümkün değildir. Nitekim bu tip alanların,enerji potansiyeline bakılmaksızın kendi doğasına uygun şekilde kullanılması gerekmektedir.Arazinin,GES tesisine uygun olup olmadığı bizzat arazide gerekli etüt çalışmasından sonra ilgili kamu otoritesi tarafından belirlenmektedir. Adıyaman ilinde gerçekleştirilen bu özel durum çalışması ile de teyit edildiği gibi, arazinin tarımsal nitelikte olup olmaması problemi ile sıkça karşılaşılmaktadır. GES tesisi için; planlı alanlar, köy yerleşik alanlarındaki araziler ve tarımsal niteliği olan alanlar dışındaki arazilerden uygun olanları araştırılmaktadır. Bu uygun olma potansiyeline sahip araziler için bizzat zeminde gerekli çalışmalar geleneksel yöntemlerle yürütülmekte ve karar verilmektedir. Bazı durumlarda arazinin özelliklerinden dolayı GES tesisi için uygun olmadığı da tespit edilebilmektedir. Çalışma için problem durumu olarak belirlenen husus; GES tesisine uygun alanların arazi çalışması yapılmaksızın belirlenemeyişidir. Bunun akabinde zaman ve emek kaybı gibi ikincil sorunlarda ortaya çıkmaktadır.

## 1.3. Çalışmanın Amacı

Arazi varlığının sürekli olarak tükendiği gibi insan etkisi ile dünyadaki diğer kaynaklarda tükenmektedir. Buna bir örnekte, dünyada fosil enerji kaynaklarının tükenmek üzere olması verilebilir. Fosil yakıtların kullanımı; çevre sorunlarına yol açması ve yüksek maliyet nedeniyle, gelişmekte olan ülkeleri, enerji ihtiyaçlarını farklı kaynaklardan elde etme çabası içine itmektir. Türkiye’de benzer alternatif arayışlar içinde olan ülkelerdendir. Ülkemizde harcama kalemleri incelendiğinde, ithalatının büyük bir bölümünü fosil yakıtlara harcanmaktadır. Buna karşın, ülkemiz coğrafi konumdan dolayı ciddi bir yenilenebilir enerji potansiyeline de sahiptir. Özellikle Güneydoğu Anadolu



bölgesi güneş enerjisi potansiyeli ile ön plandadır. Taşınmazların, güneş enerji potansiyelini elde edebilmek için güneş enerji tarlalarına dönüşümü bu enerjinin kullanımı sürecinin başlangıcıdır. Sonrasında, ülkemizdeki taşınmazlar ve bunların mülkiyet durumları güneş enerji tarlalarının tesisi, bakımı ve işletmesini etkilemektedir. Bilindiği üzere, güneş enerji tarlası potansiyeli, güneş atlası ile kavramsal olarak ortaya konulabilir. Kıt kaynak olarak bilinen toprağın, güneş enerji potansiyelinin somut bir şekilde harekete geçirilmesi için taşınmazların mülkiyet durumu ve kamusal hak ve kısıtlamalarının da ele alınmasını gerektirmektedir. Bu tip arazilerin planlı alanlar ve köy yerleşik alanı dışında olması ve tarımsal niteliği olmaması da gerekmektedir. Çalışma için belirlenen problem durumunun çözülmesi adına; GES tesisine uygun alanların arazi çalışması yapılmaksızın belirlenmesi için arazide geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalara esas kriterler ve bunların ağırlıklarının CBS ortamında dinamik bir yapıda sunulabileceği bir karar destek sisteminin kurulması amaçlanmaktadır.

#### **1.4. Metodoloji ve Çalışma Planı**

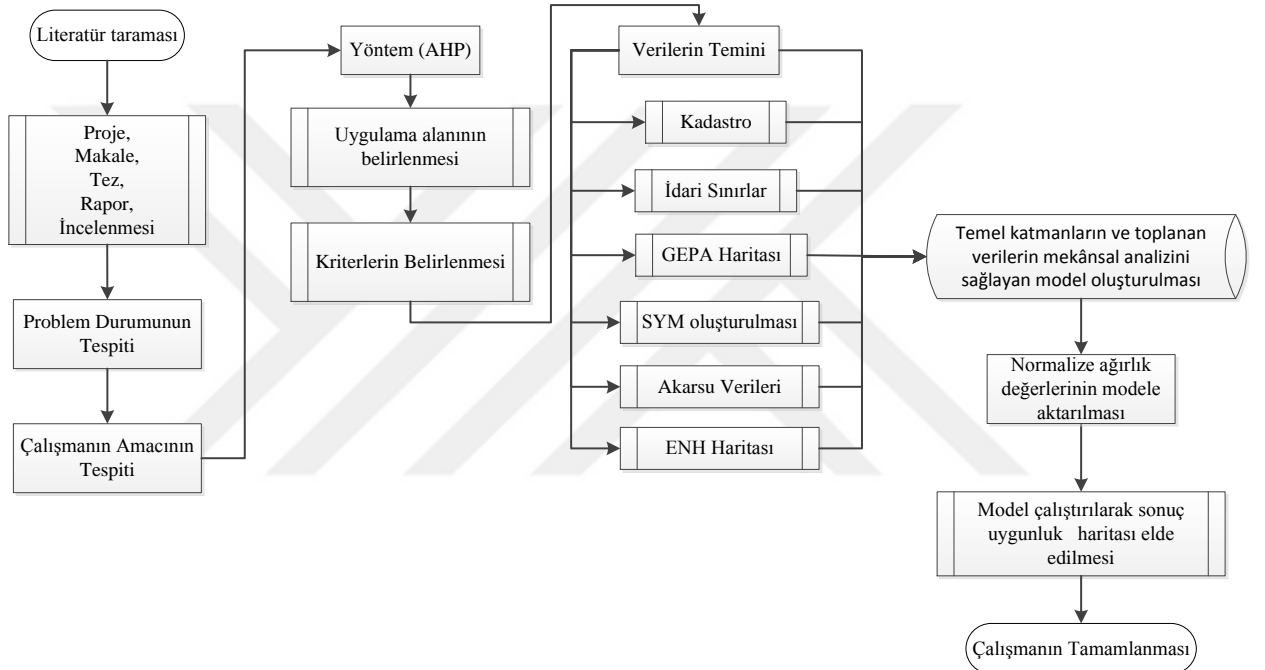
Araştırma sorunsalını detayları ile ortaya koymak için farklı veri toplama araçları, geliştirilen yöntem içinde kullanılabilir. Daha önce yazar tarafından GES ile ilgili olarak Mardin, Diyarbakır, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Van, İzmir ve Adıyaman'da gerçekleştirilen projeler ve literatür taraması ardından konu ile ilgili olarak iş süreçleri de ayrıca incelenmiştir. Uygulama alanı olarak ise Adıyaman İli Besni İlçesi belirlenmiştir.

Adıyaman İli Besni İlçesinde Güneş enerji santrallerine uygun alanlar; güneş enerji potansiyeli; eğim, yol, enerji nakil hattına yakınlık, akarsu, bakı ve arazi kullanımı verileri kullanılarak ÇÖKA yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP) yöntemi ile ARCGIS 10 ortamında en uygun alanlar tespit edilmiştir.

Uygulama da kullanılan verilerin tespiti ve elde edilmesinden sonra verileri kullanmak için düzenleme yapılmıştır. Daha sonra bütün veriler WGS 1984 UTM Zone 37N koordinat sistemine dönüştürüldü. Uygulama alanının koordinat sistemine çevrildikten sonra Adıyaman İli Besni ilçesi, sınırı oluşturulacak biçimde veriler hazırlanıp vektör veriden raster veri haline getirilmiştir.

Yapılan çalışma için verilerin aynı ölçek formatında olması için 0-10 ölçeği oluşturulmuştur. 10 en uygun alanı 0 ise en uygun olmayan alan belirlenip ara sınıflar için de değerler atayıp sınıflama işlemi oluşturulmuştur. Daha sonra katmanlar ve verilerin

konumsal analizi için model oluşturuldu. Sonuç analizi için geliştirilen model sonuç analizi için ara analizlerden geçirilmiştir. Ara analizler sınıflandırılıp raster dönüşümler yapılmıştır. Topoğrafya haritası kullanılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş olup, eğim ve baki haritası oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan modelde ağırlıklı toplama analizi için kullanılacak olan normalize ağırlık değerleri ikili karşılaştırma yöntemiyle oluşturulup değerler modele aktarılıp, model çalıştırdıktan sonra uygun alan haritası elde edilmiştir.



Şekil 2. Metodoloji ve Çalışma Planı

### 1.5. Dünyada Enerji Kaynakları

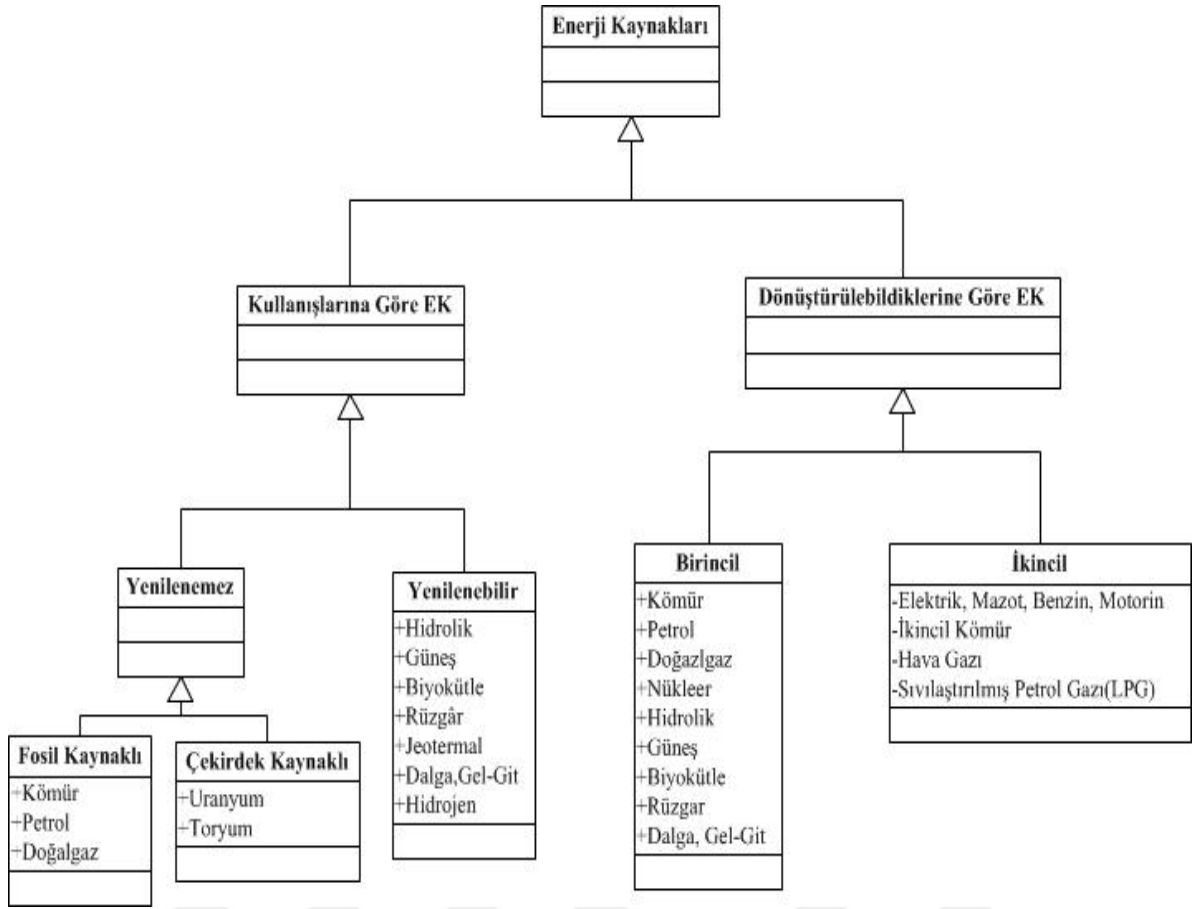
Enerji kaynaklarına olan ihtiyacımız gittikçe hızla artmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışı, sanayi, refah seviyenin yükselmesi için enerjiye olan talep artmaktadır. Çevresel sorunlara meyil vermesi, tükenilebilir olması, diğer ülkelere bağlı kalınması gibi nedenlerden dolayı yenilebilir enerjiye olan ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları olan hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle, dalga, hidrojen vb. enerji kaynakları gelişmekte olan ülkelerde elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır (Yılmaz, 2012).

İş yapabilme yeteneğine genel olarak enerji denir. Günlük hayatın her alanında kullandığımız enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgâr, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar uygun yöntemler kullanılarak birbirlerine dönüştürülebilirler. Farklı yöntemlerle elde edilen enerji kaynaklarının yaygın sınıflandırma işlemi Şekil 3’de aşağıda verilmiştir.

Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırlar. Birbirlerine dönüşebilme açısından da enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde ele alınabilirler. Gelecekte tükenmesi muhtemel yenilenemez (tükenir) enerji kaynakları; fosil kaynaklılar (kömür, petrol ve doğal gaz) ve çekirdek kaynaklılar (uranyum ve toryum) olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Tükenme ihtimali olmayan kendisini her zaman yenileyebilen enerji kaynakları; hidrolik, jeotermal, biyokütle, dalga ve gel-git, güneş ve rüzgâr enerjisi olarak sıralanmıştır.

Herhangi bir değişime veya dönüşüme uğramadan gelen enerjiye birincil (primer) enerji denir. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgârdır. Bu kaynakların birbirine dönüştürülmesi ve işlenmesi sonucu oluşan enerjiye de ikincil (sekonder) enerji olarak tanımlanabilir (Şenel, 2012).

Ülkemizde ve dünyada bitmek üzere olan enerji kaynaklarının düzenli bir şekilde kullanımının yapılması ve yenilebilir enerji kaynaklarının doğru zamanda ve doğru yerde kullanımının kontrollü bir şekilde yapılması için durum analizinin yapılması kaçınılmazdır (Koç ve Şenel, 2013). Bu problemin çözülmesi ve geleceği korumak adına yenilebilir enerji kaynaklarının verimlilik ve yaygın kullanılması önemli bir adım olacaktır. Yenilebilir enerji kaynaklarından kullanımından doğan ve doğacak olumsuzluklar diğer enerji kaynaklarına nazaran daha azdır. Fakat dünyanın ve ülkemizin enerji politikalarında yenilebilir enerjiye verilen önem azdır. Buna rağmen teknolojiye paralel olarak ucuz şekilde enerji elde edilebilen sistemler günümüzde vardır. Son zamanlar da yakıt fiyatlarının artışı sayesinde güneş enerji sistemlerinin kullanılmasını az da olsa yaygın hale getirmiştir (Güçlüer, 2010).



Şekil 3. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013'den uyarlandı).

### 1.5.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Güneş Enerjisi: Güneşten yayılan elektromanyetik enerjiye güneş enerjisi denir. Güneş, plazmik bir enerji kaynağı olup, içerisinde çoğunlukla hidrojen, helyum ve azda olsa atom ve elementleri barındıran bir enerji kaynağıdır (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).



Şekil 4. Adıyaman İli Besni İlçesi 6 MW Güneş Enerji Santrali (Solğun, 2017).

**Biyoyakıt:** Hayvansal, tarımsal, orman ürünlerinden, sanayi atıklardan meydana gelen hammaddelerdir. Teknolojik sistemlerin kullanılmasıyla bu atıklardan oluşturulan enerjiye ise Biyoenerji denir (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).

**Jeotermal:** Yer kabuğundan meydana gelen ısının meydana getirdiği ve yıllık sıcaklığın üzerinde olan, diğer su kaynaklarına göre daha fazla madde içeren, doğal olarak veya bazı yöntemlerle elde edilen sudan üretilen enerji türü olarak tanımlanır (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).

**Rüzgâr:** Farklı ısılardaki havanın yer değiştirmesiyle meydana gelir. Dünyaya gelen güneş enerjisinin az da olsa bir kısmı rüzgâr enerjisine olarak gelmektedir. Ülkemize coğrafi konum ve özellikleri olarak bakıldığında güneşte olduğu gibi rüzgâr enerjisi olarak da zengindir. Meteoroloji Müdürlüğünce gerçekleştirilen rüzgâr ölçümlerinde Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara Bölgelerimiz rüzgâr gücü olarak diğer bölgelere nazaran zengin bölgelerimizdir (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).



Şekil 5. Rüzgar Enerji Santrali (RES) (URL-6, 2018).

Hidroelektrik: Doğal kaynak olan sudan elde edilen düşük riskli ve çevre dostu olmasından dolayı tercih edilmektedir(Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).



Şekil 6. Hidroelektrik Santrali(HES) Atatürk Barajı, Şanlıurfa (Solğun ,2016).



## 1.6. Türkiye’de Arazi Kullanımı ve Enerji

Dünya da ve ülkemizde sınırlı yani miktarı artırılmayan daha da düzensiz kullanımla miktarı azalan kıt kaynağa Arazi ya da toprak, diyebiliriz. Ülkemiz de arazilerin %26.4’ü ekili-dikili arazi, %5.5’i nadas alanı, %18.6’sı çayır-mera arazisi, %29’u koruluk ve orman alanı, %3.3’ü tarıma uygun olduğu halde kullanılmayan arazi, %17.2’si ise tarımsal amaçla kullanılan arazi mevcuttur (Yiğitbaşoğlu, 2000). Bu arazilerin tarıma uygun olmayan alanları enerji amaçlı kullanılabilir.



Şekil 7. Arazi mekânının üç boyutlu krokisi

Enerji projelerinde arazi temini en önemli etkenlerden birisidir. Kıt kaynak olarak bilinen arazinin, ülkenin enerji gereksinimini karşılaması için ülkenin gelecek vizyonu ile uyumlu ülke mekansal strateji planlarının hazırlanması ve uygulanması kaçınılmazdır (Erkan ve diğerleri, 2011). Sürecin planlı ve başarılı bir şekilde yönetilmesi zaman ve maliyet açısından yararlı olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak bilinen güneş enerjisi tükenmez bir enerji kaynağıdır. Az Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) içerir, ayrıca çevreye zarar veren ve kirleten Karbonmonoksit (CO), kükürt, duman, gaz, radyasyon vb.zararlı etmenleri içermez. Ayrıca koku ve ses gibi çevreye zarar verecek etkileri de yoktur. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek; ülkemizin enerji politikası açısından oldukça önemlidir. Türkiye coğrafi

konum özellikleri konusunda bakıldığında güneş enerji potansiyeli için oldukça zengin bir ülkedir. Yenilebilir enerji kaynaklarından yararlanarak arz güvenliği açısından destek sağlanılabilir. Böylece fosil yakıtlara bağlılığın aza indirgenmesi sağlanarak dışa bağımlılık azaltılabilir ve yeni istihdam alanların açılması olanağı sağlanılabilir. Hazırladığımız çalışmanın amacı Türkiye’de olan güneş enerji potansiyeli, yenilebilir enerjideki durumumuz ve güneş enerjisi üretimleri incelenmesidir. Ayrıca, millet olarak yenilebilir olan güneş enerjisi hakkında bilinçlenme ve ülkemizdeki enerji politikalarının geliştirilmesine yönelik katkı sağlamakta istenilen amaçlar arasındadır (Kılıç Çanka, 2015).

Türkiye’de enerji üretimi ve kullanımı için ulusal ve uluslararası hukuksal düzeltmeler yapılmalıdır. Enerji üretiminde çevresel faktörlerde dikkate alınarak, tarımsal alanlar, tarihi yapılar vb. enerji üretim alanlarının genişletilmesi yapılarak ekonomiye katkı sağlanılmalıdır. Çevre kirliliğine ve iklim değişikliğine neden olan fosil yakıtlardan enerji üretmek yerine çevreci ve yenilebilen enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Yenilebilir enerji projeleri için gerekli imkanlar kolaylıkla sağlanmalıdır. Lisans alan projeler için öngörülen süreler için yasal tedbirler alınmalıdır. Güneş enerjisi kurulmayacak alanlar, örneğin değerli topraklarımızın korunması için böyle yerlere işlem yapılmaması için önlemler alınmalıdır (Kılıç Çanka, 2015).

Bu alanlar şöyle sıralanabiliriz:

- Tarımsal olarak verimli araziler, bitkisel ve orman alanları,
- Yerleşim yerleri ve muhtemel yerleşim alanları,
- Havaalanlarına yakın alanlar,
- Çevre koruma alanları, milli park ve tabiat alanları,
- Göl, nehir, baraj, bataklık vb. alanlar, olmak üzere böyle alanlar için yasal olarak tedbirler alınmalıdır.

### **1.7. Türkiye’nin Yenilebilir Enerji Durumu**

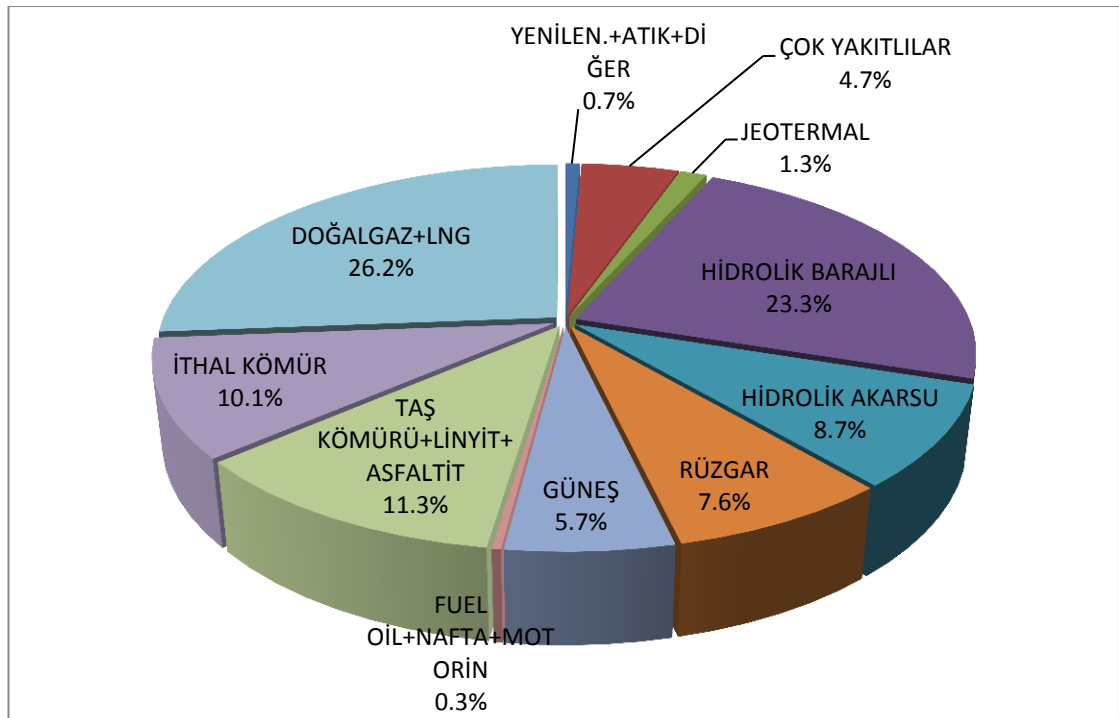
Fosil yakıt kaynaklarının gelecek zamanda sürdürülebilir gelişimini ilerletmesi pek mümkün gözükmemektedir. Fosil kaynaklı üretim hem sürdürülebilir değildir, hem de dış kaynaklara bağımlılığı olan bir enerji alternatifidir (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).



Gerçekleştirilen enerji politikalarının ekonomik olarak büyüme ve sosyal kalkınma hedeflerini sürdürülebilir şekilde oluşturmada ki önemi büyüktür. Farklı ülkelerin olduğu gibi Türkiye'nin de enerjideki esas politikası enerjinin zamanında, güvenilir, yeterli, rekabet edilebilir pahalılarla ve bütün dışsal çevresel tesirler göz önüne alınarak gerçekleştirilmesidir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çeşitliliği bakımından çevre ülkelere oranla oldukça zengin bir ülkedir. Gelişmekte olan ülkeler pozisyonundan gelişmiş ülke pozisyonuna ilerlemek için kayda değer bir büyüme gösteren Türkiye, elindeki kaynak bolluğuna karşın artan enerji talebini karşılama ve enerjiyi sağlama konularında problem yaşamaktadır.

Türkiye'nin geçmiş dış ticaret dengelerine göz atılacak olunursa 2011 yılı devamı ile ihracatı 134 milyar USD, gerçekleştirilen ithalatı ise 240 milyar USD olarak kayda geçilmiştir. 2011 yılı itibarı ile 106 milyar USD olarak görülen dış ticaret açığının %51'ini yapılan enerji ithalatı kapsamaktadır (Yakıcı ve Pabuçcu, 2013).

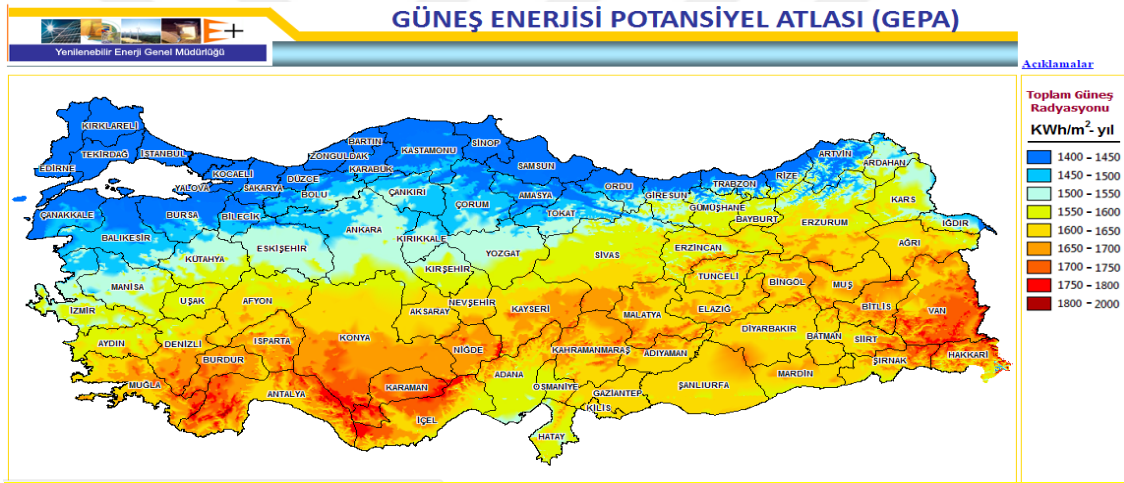
Bir elektrik santralının karşılayabileceği, bir elektrik şebekesinin taşıyabileceği ve kaldırabileceği güç olarak bilinen elektrik enerjisi kurulu gücümüz, Şekil 8'de görüldüğü gibi 2018 yılı sonunda kaynaklara göre dağılımı; %26.2 doğa gaz ve lng (sıvı doğal gaz), %23.3 hidrolik barajlı, %11.3 taş kömürü, linyit ve asfaltit, %10.1 ithal kömür, %8.7 hidrolik akarsu, %7.6 rüzgar, %5.7 güneş, %4.7 çok yakıtlılar, %1.3 jeotermal, %0.7 yenilenebilir atık, %0.3 fuel, nafta ve motorin şeklindedir (URL-3, 2019).



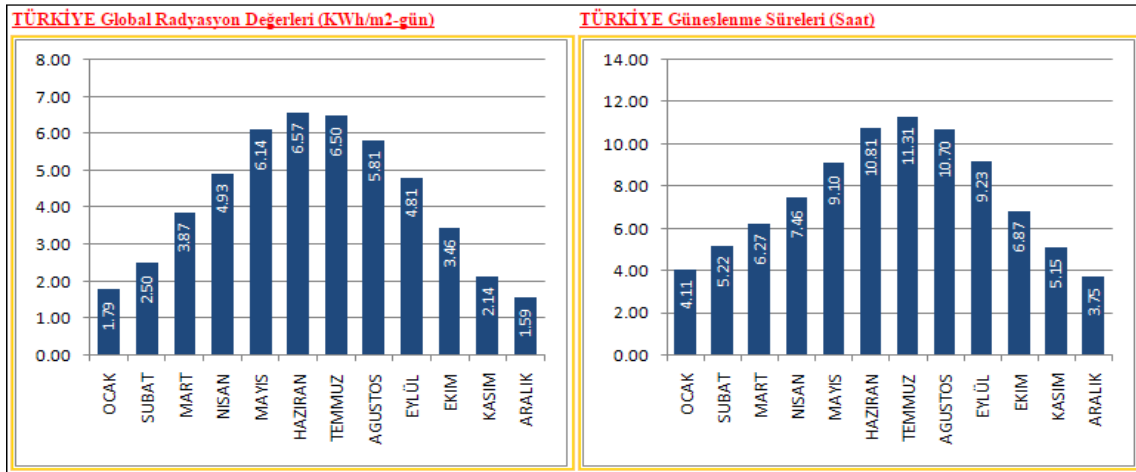
Şekil 8. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü 2018 Haziran sonu (URL-3, 2019).

## 1.8. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu ve iklimi sebebi ile ehil olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye oranla daha şanslı vaziyettedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) halihazırda bulunan 1966-1982 yılları arasında ölçümü gerçekleştirilen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti datalarından faydalanılarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) aracılığıyla meydana getirilen faaliyetlere uyarınca Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu saptanmıştır (Varınca ve Gönüllü, 2006). Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli aşağıdaki şekilde verilmiştir.



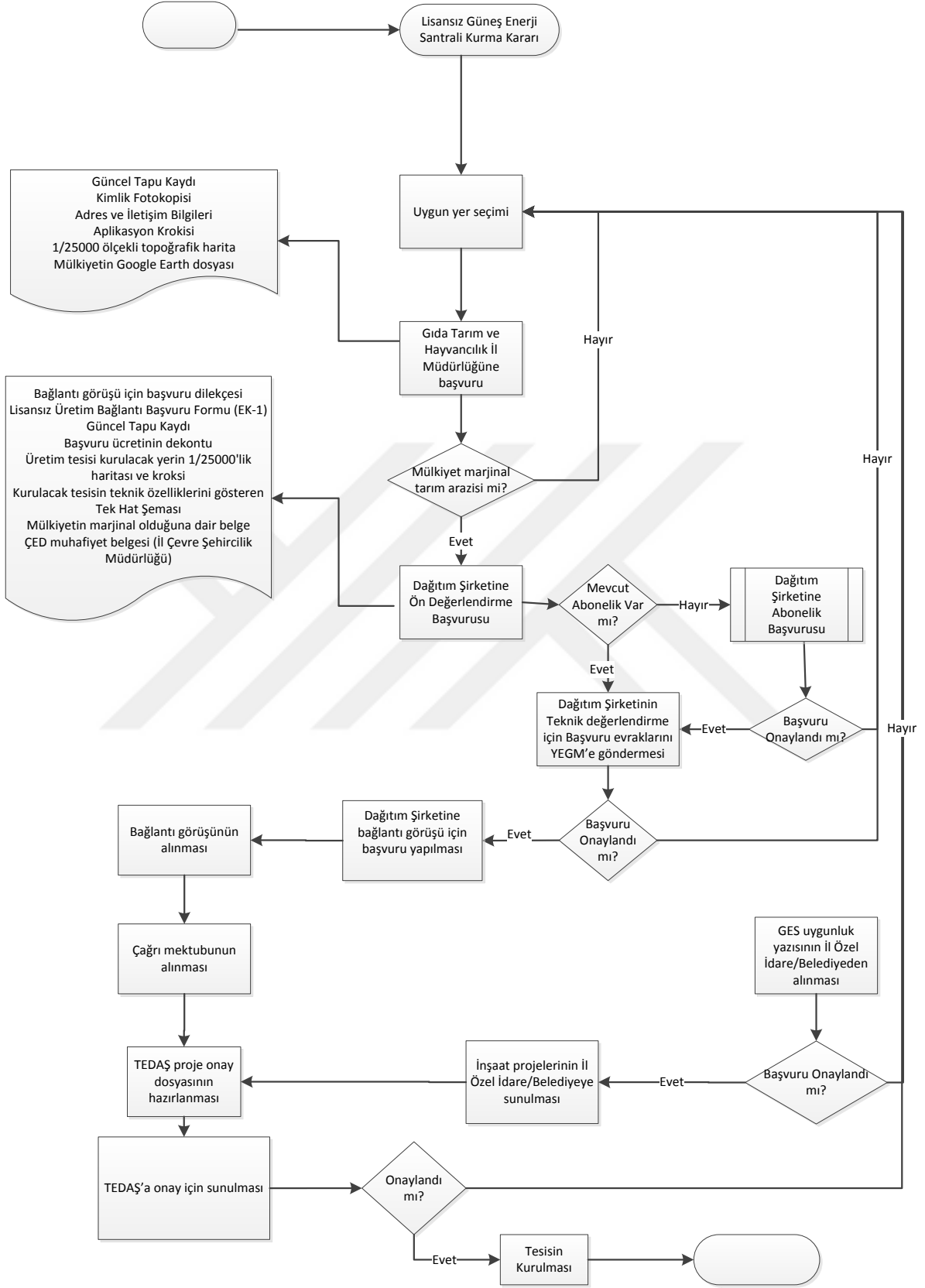
Şekil 9. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (URL-4, 2017).



Şekil 10. Türkiye global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri (URL-4, 2017).

### **1.8.1.Güneş Enerji Santrali Başvuru Süreci**

GES kurulacak alanların uygun olup olmadığının tespiti yapılması ve arazi sınıfının belirlenmesi için ilgili bölgedeki Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğüne dilekçe verilir. İl Tarım Müdürlüğü tarafından görevlendirilen görevliler başvuru yapılan araziye yerinde yapılan etüt çalışmasıyla arazi sınıf tespiti yapıp, arazi sınıfı belirlenir. Arazi sınıfının marjinal arazi çıkması durumunda, bu belge ve dilekçeyle dağıtım Şirketine başvuru yapılır. Yatırım Yapılacak Alan Marjinal tarım arazisi olması durumunda, istenen belgeler ile birlikte Dağıtım Şirketine başvuruda bulunulur.Dağıtım Şirketi Başvuru evraklarını Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü'ne( YEGM 'e)gönderir.Dağıtım şirketi ya da ilgili Organize Sanayi Bölgesi (OSB) bağlantı başvurusu olumlu olan gerçek/tüzel kişilere çağrı mektubu gönderir.Elektrik Piyasası Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında tesis edilecek güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin santral projesi ve santral bağlantı projelerinin onay dosyası Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'ne (TEDAŞ'a) sunulup onaylatılarak kurulum aşamasına geçilir.



Şekil 11. Güneş Enerjisi Santrali Başvuru İş Akış Diyagramı

## 1.9. CBS ve Karar Destek Kavramı

Günümüzde toplanan bilgilerle ülke sınırlarını ve gerekli veritabanlarını oluşturmak için büyük çabalar harcanmıştır. Karar ve planlama sürecini kısaltmak için veri gücünden tasarruf sağlanabilir. Ekonomik gelişme, doğal hayatın korunması gibi kriterlerde göz önünde bulundurularak planlama sürecinde hesaba katılır. Fakat aşırı bilginin olması planlama sürecini uzatır ve karmaşık hale getirir (Güçlüer, 2010).

CBS bu karmaşık sürecin çözümü ve zamansal olarak en etkin yardımcı teknolojilerden biridir. Karar süreçlerinin planlanması için bu tür sistemlerin entegre kullanılmasıyla bir bölgenin lokal veya tamamından istenilen bilgiler anında alınabilir (Güçlüer, 2010).

Mekânsal karar verme sürecine destek CBS'nin asıl amaçlarından biridir. Karar verme süreci açısından CBS'de yapılacak işlemler birer analizdir. Karar verme sürecinin belirlenmesinde birçok kriter vardır. Literatürde kabul görmüş ve Simon (1960) tarafından ortaya konulan bu yaklaşımı üç adımda incelemiştir:

- Bilgi (Problemin tanımlanması)
- Tasarım (Seçeneklerin oluşturulması)
- Seçim'dir. (En iyi seçeneğin seçilmesi)

Karar vermede bu üç adım doğrusal bir akışta değildir. Çünkü bu sürecin herhangi bir akışında bir önceki adıma dönüşler olabilir. Örneğin, herhangi bir yer seçimi uygulamasında kriterler karar için olması gerekeni sağlamayabilir. Böyle bir durumda eksik olan bilgiye ihtiyaç duyulabilir. Bu durum konumsal karar analizlerinde önemli bir problemdir. Örneğin uygun seçilen alan için CBS'den bilgi desteği sağlamak ne kadar ve ne derecede yararlanılabilir sorusu ortaya çıkmaktadır (Erden ve Çoşkun, 2011).

CBS karar verme sürecinde bilgi adımına destek olarak kullanılmaktadır. Konumsal verilerin analizinde ve toplanmasında karşımıza çıkacak sorunlara CBS bizlere yardımcı olmaktadır. Bundan dolayı konumsal karar vermede kullanılacak verinin büyüklüğü, saklanması ve işlenmesi için CBS ye duyulan ihtiyaç kaçınılmazdır (Erden ve Çoşkun, 2011).

Bilgi adımında belirlenen problem için olası çözümlerin geliştirilmesi ve analiz tasarımı adımında yapılandırılmalıdır. Genellikle bu adımda karar verici için verilen kararın

sağlanması konusunda olası seçeneklerin üretilmesini sağlayacak bir model oluşturulur. Konumsal karar verme için oluşturulan model, verilecek karar ile ilgili özelliklerin bir veritabanı ile model tabanındaki sunumudur. Bu adımda, karar problemi için oluşturulan veriler bir karar mekanizması için oluşturulmalıdır (Erden ve Çoşkun, 2011).

Tasarım adımında üretilen seçeneklerin, değerlendirmeleri ise seçim adımında oluşturulmaktadır. Karar vericiler sonuçlarını seçim adımında verirler. Olası muhtemel seçenekler arasında en uygunun seçilmesi bu adımda yapılır. Tüm seçeneklerin değerlendirilmesinde ve analiz edilmesinde belirlenen bir kural geçerlidir. Kısaca karar kuralları için seçenekler önem derecelerine göre sıralamada kullanılır. Bu sıralamalar işlemi tamamen karar vericinin tercihi doğrultusunda şekillenmektedir (Erden ve Çoşkun, 2011).

### 1.9.1. Çok Ölçütlü Karar Kuralları

Karar kuralları karar seçeneklerinin sıralanmasında kullanılan yöntemdir. Karar verici için karar kuralı sayesinde seçeneklerin en iyi şekilde nasıl sıralanacağı ve hangi seçeneğin tercih söz konusu olacağı belirlenebilir. Bu seçenek sayesinde karar verici tercihini bütünsel olarak değerlendirmektedir. Çok ölçütlü karar problemi, çıktı gruplarının sıralanmasını ve bu çıktıları sağlayan karar seçeneklerinin tanımlanmasını içerir. CBS tabanlı karar vermede toplamı karar kurallarının en iyi bilinen ve geniş çapta uygulama alanı bulan çok ölçütlü karar verme yöntemleridir (Erden ve Çoşkun, 2011).

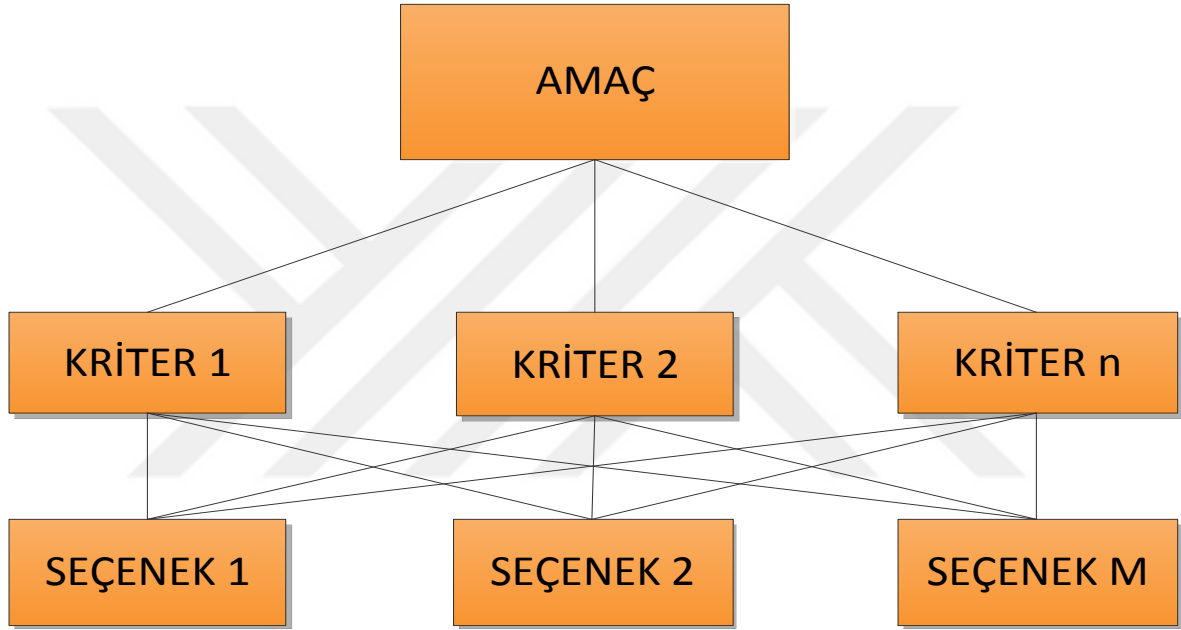
Çok ölçütlü karar kuralları olarak;

- ✓ Basit ağırlıklı toplam yöntemi;
- ✓ Ağırlıklı çarpım yöntemi;
- ✓ Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar;
- ✓ TOPSIS yöntemi;
- ✓ ELECTRE ;
- ✓ Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP);

uygulama alanı bulmaktadır.

### 1.9.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi

Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP) 1971 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, 1977 yılında model haline getirilen ve karar verme problemlerinde çözüme hızlıca ulaştıran çok ölçütlü bir karar analizidir. AHP'nin asıl amacı, çok kriterli karar verme probleminin çözümüne ulaşmaktır. Dikkate alınacak hususlar; amaç, belirlenen kriterler, alt kriterler ve alternatif seçenekler olarak sıralanmıştır. Amacı ise en uygun çözüme en kısa zamanda ulaşmaktır (Ömürbek ve Şimşek, 2012).



Şekil 12. Analitik hiyerarşi modeli (Saaty, 1980; pp. 54-55).

Uygun alan seçiminde AHP, seçeneklerin ortak bir ölçüte göre ikili karşılaştırma esasına dayanan bir ölçüm modelidir. Karar verici için AHP çok kriterli ve çok seçenekli problemlerin sonuca ulaşmasında yardımcı olur. AHP problemi birden fazla seviyeden meydana gelen bir hiyerarşik yapı ile oluşmaktadır. Her bir seçenek bir üst seviyedeki seçeneklerle ikili olarak karşılaştırılarak sonuca ulaşmada karar vericiye yardımcı olur (Ömürbek ve Şimşek, 2012).

Çok ölçütlü kararlardan diğer yöntemlere nazaran AHP'nin kolay uygulanmasının nedenleri şunlardır (Saaty, 1994; 430):

- ✓ Teknik olarak ileri bir seviyeye ihtiyaç duyulmaması,
- ✓ Karar vericiler için uygulamanın anlaşılır ve kullanılışlı olması,
- ✓ Karar veren kişilerin uygulama için nitel kriterlerinde içinde barındırması,
- ✓ Uygulamada nitel ve nicel kriterlerin aynı anda bulundurulması ve kullanılabilmesi,
- ✓ Hiyerarşide bulunan kriterlerin ikili karşılaştırmalar ile aranması,
- ✓ Uygulamaların hem bireysel hem de takım çalışmaları halinde uygulanması,
- ✓ Uygun yer seçimi için maliyet analizi ve tasarımının uygulanabilirliğinin kolay olması.

Kısacası AHP çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden kolayca çözüme ulaşılabilen bir karar yöntemidir. Genellikle AHP, anlaşılması kolay olmayan, karışık problemlerde kullanım alanı bulan bir karar yöntemidir (Ömürbek ve Şimşek, 2012).

CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi (C-ÇÖKA) yöntemlerinden biri olan AHP yönteminin uygulanabilmesi için;

1. Ölçüt katmanlarının normalleştirilmesi,
2. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi,
3. AHP yönteminin uygulanması, işlemleri sırayla takip edilmelidir (Öztürk, 2010).

#### **1.9.1.1.1. Ölçüt Katmanlarının Normalleştirilmesi**

Güneş enerji potansiyeli, eğim, bakı, yollara uzaklık, enerji nakil hatlarına, akarsulara olan uzaklık ve arazi kullanım ölçütlerinin katmanları (öznitelik verileri) farklı olabileceğinden, bu katmanların birbirleriyle karşılaştırılabilir hale getirilmesine normalleştirme denir.

Normalleştirme de kullanılan en yaygın yöntem, Doğrusal Ölçek Dönüşümü' dür.



### 1.9.1.1.1. Doğrusal Ölçek Dönüşümü

Doğrusal ölçek dönüşümü iki şekilde yapılır.

- En Büyük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü
- En Büyük ve En Küçük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü
- En Büyük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \text{ (en yüksek değer yine en yüksek olacak şekilde normalleştirmek için)}$$

ya da

$$x'_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \text{ (en düşük değer en yüksek olacak şekilde normalleştirmek için)}$$

Burada;

$x'_{ij}$ : i. seçeneğinin j. ölçüt için normalleştirilmiş değeridir.

- En Büyük ve En Küçük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ (en yüksek değer yine en yüksek olacak şekilde normalleştirmek}$$

için)

ya da

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ (en düşük değer en yüksek olacak şekilde normalleştirmek için)}$$

Burada;

$x'_{ij}$ : i. seçeneğinin j. ölçüt için normalleştirilmiş değeridir.

### 1.9.1.1.2. Ölçüt Ağırlıklarının Belirlenmesi

AHP yönteminde ağırlıkların belirlenmesi işlemi 1980 yıllarında Saaty tarafından geliştirilmiş olan İkili Karşılaştırma Yöntemi kullanılmaktadır.

### 1.9.1.1.2.1. İkili Karşılaştırma Yöntemi

İkili karşılaştırma yöntemi ölçütler arasındaki ilişkilerin sayısal olarak temsil edilmesini sağlar. Aynı zamanda bu ölçütleri birbirleriyle değerlendirmesini ve karşılaştırılmasını yapar. Bu yöntemle karar vericinin işlem esnasında kriterlerin seçenekler konusunda bilgi sahibi olması sağlanır. Değerlendirme işlemi  $A_i (i=1,2,3\dots n)$ , değerlerine göre kriterlerin ikişerli gruplar halinde ele alınır. Üst düzeydeki kriterle bağlı olarak, onları birbirlerine göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterlerle ilgilenmek üzerine kurulu yöntemdir (Uysal, 2011).

Saaty tarafından geliştirilen, ikili değerlendirmeler için uygulanmak üzere bir ölçek geliştirmiştir. Tabloda verilen göreceli önemlilik ölçeği AHP için temel ölçektir. Hiyerarşiye göre her düzeyindeki benzer öğeler bir önceki düzeydeki kriterler açısından karşılaştırılması yapılır. Bu karşılaştırmalardan elde edilecek sonuçlar çizelgede yer alan sonuçlar cinsinden ifade edilir. Göreceli önemlilik ölçeği, 1'den 9'a kadar olan değerlerin anlamları aşağıda gösterilmiştir. Hiyerarşideki kriterler bir üst kademedeki kriterle göre, göreceli önemliliklerinin belirlenmesi için ikili olarak karşılaştırılır (Uysal, 2011).

Tablo 1. AHP Değerlendirme Ölçeği

Sayısal Değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınıyor
3	1. öğe 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor
5	1.öğe 2.'ye göre biraz fazla önemli veya fazla tercih ediliyor
7	1.öğe 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor
9	1. öğe 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor
2,4,6,8	Ara değerler

Adım 1:Faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturma

Faktörler arası karşılaştırma matrisiyle,  $n \times n$  boyutlu bir kare oluşturulur. Aynı değerlerin birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Aşağıda Karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.  $n$  elemanlı bir matriste karşılaştırma sayısı  $n.(n-1)/2$  ile hesaplanır. Diyagonal köşegenin altında kalan

değerlendirmeler, köşegenin üstünde yapılan değerlendirmelerin tersidir. Matriste diyagonal köşegenin üst tarafındaki eleman sayısı kadar değerlendirme yapılması gerekir.

#### İkili Karşılaştırmalar Matrisi

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Diyagonal köşegen

Karşılaştırma matrisinin köşegeni, yani üzerindeki bileşenler  $i=j$  olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Faktörlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında Tablo 1'deki önem skalası kullanılır.

Örneğin; birinci faktör üçüncü faktöre göre karşılaştırmayı yapan tarafından daha önemli görünüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ( $i=1, j=3$ ), 3 değerini alacaktır. Aksi durumda yani birinci faktörün üçüncü faktörle karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi üçüncü faktörden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni  $1/3$  değerini alacaktır.

Aynı karşılaştırmada birinci faktör ile üçüncü faktörün karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih edilirse bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegenin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak (1) formülünü kullanmak yeterli olacaktır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

Yukarda verilen örnek dikkate alınırsa karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ( $i=1, j=3$ ), 3 değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin üçüncü satır birinci sütun bileşeni ( $i=3, j=1$ ), (1) formülünden  $1/3$  değerini alacaktır.

Adım 2: Faktörlerin yüzde önem dağılımlarını belirleme

Karşılaştırma matrisi, faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır. n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulur.

Aşağıda bu vektör gösterilmiştir:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{ni} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında (2) formülünden yararlanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Örneğin; değerlendirme faktörlerinin birbirleriyle karşılaştırmalarını gösteren A karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi tanımlanmışsa ve  $B_1$  vektörü hesaplanmak isteniyorsa;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 5 \\ 3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

Bu durumda  $B_1$  vektörünün  $b_{11}$  elemanı,  $b_{11} = \frac{1}{1+3+0,2}$  olarak hesaplanacaktır.

Benzer şekilde  $B_1$  vektörünün diğer elemanları hesaplandığında, vektör aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0,238 \\ 0,714 \\ 0,048 \end{bmatrix}$$

Kontrol olarak sütun vektörünün bileşenleri toplandığında toplam 1 olduğu görülebilir.

$$0,238+0,714+0,048=1$$

Yukarıda belirtilen adımlar diğer değerlendirme faktörleri içinde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. N adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek göz önüne alındığında C matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$C = \begin{bmatrix} 0,238 & 0,210 & 0,500 \\ 0,714 & 0,632 & 0,400 \\ 0,048 & 0,158 & 0,100 \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem ağırlıkları elde edilebilir. Bunun için(3) formülünde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek çözüldüğünde öncelik vektörünün elemanları aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bu durumda her üç faktör birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık değerlerle, birinci faktör %32, ikinci faktör %58 ve üçüncü faktör %10 öneme sahip olacaktır.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{0,238 + 0,210 + 0,500}{3} \\ \frac{0,714 + 0,632 + 0,400}{3} \\ \frac{0,048 + 0,1580 + 0,100}{3} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,58 \\ 0,10 \end{bmatrix}$$

### Adım 3: Faktör kıyaslamalarındaki tutarlığın tespiti

İkili karşılaştırma yöntemi ile yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir tutarlık oranı üst limiti 0.10'dur. Hesaplanan tutarlık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmiştir. Tutarlık oranı 0.10'un üstünde ise yargılar tutarsızdır. Yargılar yeniden gözden geçirilerek tutarlık oranı düşürülebilir. Eğer bu oran düşürülmezse kriterler yeniden gözden geçirilmelidir (Öztürk, 2010).

TO: Tutarlık Oranı

$TO \leq 0.10$  ise yargılar tutarlı

$TO > 0.10$  ise yargılar tutarsız

Her ne kadar da AHP kendi içinde tutarlı bir sisteme sahip olsa da sonuçların doğruluğu, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlıdır. AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Sonuçta elde edilen Tutarlık Oranı(TO) ile bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlığın test edilebilmesi imkanını sağlamaktadır. AHP, TO hesaplanmasının özünü, Faktör Sayısı(n) ile Temel Değer Katsayısı adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. $\lambda'$  nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

n: Faktör Sayısı

$\lambda$ : Temel Değer Katsayısı

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

4) formülünde tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin Temel Değer(E) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması (5) formülü ise karşılaştırmaya ilişkin Temel Değer Katsayısını ( $\lambda$ ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad E: \text{Temel Değer} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad \lambda: \text{Temel Değer Katsayısını } (\lambda) \quad (5)$$

$\lambda$  hesaplandıktan sonra Tutarlık Göstergesi(CI), (6) formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad CI: \text{Tutarlık Göstergesi} \quad (6)$$

Son olarak CI, Random Gösterge(RI) olarak adlandırılan ve Tablo 2' de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek (7) formülü TO elde edilir. Tablo 2'den faktör sayısına karşılık gelen değer seçilir. Örneğin; 3 faktörlü bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri Tablo 2'den 0.58 olacaktır.

Tablo 2. RI Değerleri

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

$$TO = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

$TO \leq 0.10$  ise yargılar tutarlı

Veriler tutarlı çıkarsa AHP işlemi uygulanır.

### 1.9.1.1.3. AHP Yönteminin Uygulanması

Analitik Hiyerarşi yönteminde ağırlıkların belirlenmesinde ikili karşılaştırma yönteminden bulunan ağırlıklar kullanılır (Öztürk, 2010).

$$A_{AHP} = \sum_j^n a_{ij} w_j \quad i=1,2,3,\dots,m \quad (8)$$

Burada;

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

$w_j$ : j. ölçütün ikili karşılaştırma ile belirlenen ağırlığı.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Adıyaman İli Besni İlçesinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki illerin toplam güneşleme zamanlarını yıllık bazda sıralayacak olursak Adıyaman ilinin güneş ışınlarından en fazla faydalanan iller arasında olduğunu görmekteyiz. Adıyaman ili, coğrafi konumu ve iklimi dolayısı ile sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından bölgesinde bulunan birçok ile kıyasla daha karlı durumdadır. Güneş ışınlarının etkileme süresi bakımından bölgenin en fazla güneş ışınından faydalanan ili Şanlıurfa ilk sıraya yerleşirken en son sırada ise Gaziantep ili yer bulmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki iller arasında Adıyaman ili ise kendisine ikinci sırada yer bulabilmektedir (Behçet ve diğerleri, 2013).

Tablo 3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerindeki ortalama güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı

İl	Güneşlenme Süreleri (saat)												Günlük ortalama	Yıllık Ort. Toplam
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Şanlıurfa	4.1	5.1	6.2	7.5	10.1	12.2	12.3	11.3	10.1	8.6	5.5	4.0	8.08	97.00
Adıyaman	4.6	4.4	5.6	7.3	9.5	12.1	12.4	11.5	10.1	7.3	5.3	4.0	7.84	94.10
Mardin	4.2	5.0	5.6	7.1	9.4	12.1	12.2	11.3	10.1	7.4	5.5	4.2	7.84	94.10
Diyarbakır	3.9	4.8	5.7	7.0	9.5	12.1	12.4	11.6	9.9	7.4	5.5	3.8	7.80	93.60
Kilis	4.0	5.6	6.2	7.5	9.2	11.2	11.4	11.1	10.0	7.3	5.4	3.6	7.70	92.40
Şırnak	2.5	4.5	6.0	9.1	8.5	11.4	12.6	11.5	10.3	7.5	4.2	3.4	7.62	91.44
Siirt	3.4	4.2	5.3	6.4	9.1	11.6	12.3	11.4	10.1	7.2	5.2	3.4	7.46	89.52
Batman	3.1	4.2	5.4	7.2	9.3	11.5	12.1	11.3	10.0	7.1	5.1	3.0	7.44	89.28
Gaziantep	3.4	4.3	5.4	7.1	9.0	11.0	11.2	10.4	9.2	7.2	5.3	3.4	7.24	86.88



Şekil 13. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki illerin yıllık ortalama toplam güneşleme süreleri (saat)

Adıyaman ili için Tablo 3'te aylara göre yer alan güneş ışınlarından faydalanma değerleri gözlemlendiğinde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında nispeten yüksek bir güneş ışını düşme süresi olduğu ve güneş ışını düşme süresinin en az olduğu ayların ise Şubat ve Aralık ayları olduğu tespit edilmektedir. Adıyaman ilinde yıllık güneşlenme süreleri dikkate alınarak hesaplandığında ortalama olarak günde 8,22 saat ile Samsat ilçesinin birinci sırayı aldığı, Gerger ilçesinin 7,98 saat ile son sırada yer aldığı görülmektedir. Adıyaman'ın aylara göre güneş ışınlarından faydalanma süreleri incelendiğinde Çelikhan ilçesi 3,80 saatle Aralık ayında en düşük güneş ışınması değerlerine maruz kaldığı, Kâhta ilçesinin ise 12,31 saatle Temmuz ayında en çok güneş ışınlarını aldığı görülmektedir. Tablo 4 ve Şekil 14'de görüldüğü gibi yıllık toplam bazda Adıyaman'ın en fazla güneş ışınlarını ve güneş enerjisini alan bölgeleri 98,69 saatle Samsat ilçesi birinci sırada, Besni ilçesi 98,40 saatle ikinci sırada, Merkez ilçe 97,99 saatle üçüncü sırada yer almaktadır. İlin en az güneş alan bölgesi ise 95,79 saatle Gerger ilçesidir (Behçet ve diğerleri, 2013).

Tablo 4. Adıyaman merkez ve ilçelerinde toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı

	Güneşlenme Süreleri (saat)												Yıllık Toplam saat	
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		Yıllık ortalım
Samsat	4.68	5.59	6.84	8.20	9.84	11.98	12.30	11.50	10.22	7.67	5.69	4.18	8.22	98.69
Besni	4.59	5.63	6.84	8.17	9.85	11.81	12.25	11.51	10.23	7.69	5.68	4.15	8.20	98.40
Merkez	4.59	5.53	6.81	8.15	9.75	11.82	12.29	11.54	10.23	7.60	5.60	4.08	8.16	97.99
Kâhta	4.53	5.45	6.73	8.07	9.69	11.88	12.31	11.56	10.16	7.55	5.55	4.01	8.12	97.49
Gölbaşı	4.39	5.55	6.73	8.02	9.66	11.66	12.16	11.49	10.20	7.61	5.59	3.99	8.08	97.05
Tut	4.44	5.47	6.74	8.04	9.59	11.65	12.16	11.48	10.18	7.52	5.52	3.93	8.06	96.72
Çelikhan	4.32	5.35	6.67	7.99	9.59	11.62	12.24	11.55	10.11	7.44	5.37	3.80	8.00	96.05
Sincik	4.36	5.32	6.64	7.97	9.53	11.70	12.22	11.52	10.03	7.41	5.38	3.83	7.99	95.91
Gerger	4.38	5.27	6.53	7.87	9.55	11.76	12.25	11.51	10.03	7.39	5.39	3.86	7.98	95.79



Şekil 14. Adıyaman ilinin merkez ve ilçelerinde yıllık ortalama toplam güneşlenme sürelerinin gösterilişi(saat)

## 2.2. Cbs-Çöka Yöntemi (Ahp) ile Adıyaman İli Besni İlçesinde GES Kurulabilecek Alanların Belirlenmesi

### 2.2.1. Çalışma Alanı

Enerji bir ülkenin kalkınması ve gelişmesi açısından medeniyetin en önemli temellerinden biridir. Hızlı artan nüfus karşısında enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtlı enerji kaynakları tükenilebilir olduğu için bir alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek kaçınılmaz hale gelmiştir. Kullanım kolaylığı bakımından dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Ülkemizde güneş enerji potansiyeli olarak dünyada ilk sıralarda gelir. Bundan dolayı güneş yenilenebilir enerji kaynaklarından diğerlerine göre daha ön plandadır.

Besni İlçesi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olup, Adıyaman İline bağlı 77.301 nüfuslu bir ilçedir. İlçenin kuzeyinde Tut İlçesi, doğusunda Merkez İlçe Adıyaman, güneydoğusunda Fırat Nehri, güneyinde Gaziantep İlinin Araban İlçesi, batısında Gölbaşı İlçesi ile güneybatısında Kahramanmaraş İlinin Pazarcık İlçesi yer almaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki illeri arasında Adıyaman en çok güneş alan illerden biridir. Adıyaman'ın en fazla güneş enerjisi alan bölgeleri içerisinde, Besni İlçesi ikinci sırada yer almaktadır (Behçet ve diğerleri, 2013).

Bu çalışmada Besni İlçesi Adıyaman da güneş enerjisini en fazla alan bölgelerinden biri olduğu için çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Ve CBS teknolojisi kullanılarak Adıyaman ili Besni ilçesi için uygun GES alanları belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 15. Çalışma Alanı

### 2.2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Adıyaman İli Besni İlçesi için en uygun GES yerlerinin belirlenmesi için CBS-ÇÖKA(AHP) yöntemi kullanılmıştır.

GES için çevresel, ekonomik ve sosyal olarak negatif etkilerin minimuma indirgenebilmesi için çalışmayı etkileyen kriterlerin göz ardı edilmemesi gerekir (Eroğlu, 2018).

Problemin çözümünde, amacı gerçekleştirmek için gerekli ölçütler, daha önceden yapılmış çalışmalardan (proje, rapor, makale) yararlanarak, çalışma bölgesinin yapısı baz alınarak ve ülkemizde şimdiye kadar kurulan GES'ler de bizzat görev olarak ve bu konuda

uzman yatırımcı ve danışmanlardan mevcut kriterleri karşılaştırarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca literatürde GES'lerin yer tayiniyle ilgili yapılmış bir çok çalışmada bu kriterler çalışmalara dahil edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda güneş enerji santrali uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla yedi ölçüt saptanmıştır. Bunlar; güneş enerji potansiyeli, eğim, bakı, enerji nakil hatlarına olan uzaklık, yollara olan uzaklık, akarsulara olan uzaklık ve arazi kullanım ölçütleridir.

Ölçüt ağırlıklarını hesaplamak için analitik hiyerarşi metodu kullanılmıştır. Buna dayanarak AHP üzerine kurulu ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Normalize ağırlık değeri; karar alım sürecinde, kullanılan farklı kriter katmanlarının göreceli önemlerinin veya öncelik değerlerinin belirlenmesiyle elde edilmektedir.

Karşılaştırma 1/9'dan (en düşük öneme sahip) 9'a (en fazla öneme sahip) kadar sürekli bir ölçek kullanılarak yapılmaktadır.(Tablo 5). Kıyaslamaların yapılmasıyla kriterlerin ikili karşılaştırılmasını belirten bir matris elde edilmiş ve bu matristen yararlanarak normalize ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 5. Uygulama için ikili karşılaştırma işleminde kullanılan ölçek değerleri

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Oldukça Önemsiz	Çok Önemsiz	Önemsiz	Orta Önemsiz	Eşit Önemli	Orta Önemli	Önemli	Çok Önemli	Oldukça Önemli

Daha AZ Önemli



Daha ÇOK Önemli

Bu puanlama sistemine göre karşılaştırma matrisi oluşturulur. Daha sonra bu karşılaştırma matrisine göre normalize ölçüt ağırlıkları aşağıdaki gibi bulunur.

Tablo 6. Uygulamanın ikili karşılaştırma matrisi ve normalize ağırlık değerleri

ÖLÇÜTLER	Bakı	Eğim	Enerji nakil Hattı	Yol	Akarsu	Normalize Ağırlıklar
Bakı	1	2	3	2	3	0.365
Eğim	1/2	1	2	2	3	0.254
Enerji Nakil Hattı	1/3	1/2	1	1	2	0.142
Yol	1/2	1/2	1	1	2	0.155
Akarsu	1/3	1/4	1/2	1/2	1	0.084
$\Sigma$	2.67	4.25	7.50	6.50	11.00	$\Sigma=1.000$

Tablo 7. Uygulamanın normalize ağırlık değerleri ve Ağırlık yüzdeleri

ÖLÇÜTLER	Normalize Ağırlıklar	Normalize Ağırlıklar(%)
Bakı	0.365	%37
Eğim	0.254	%25
Enerji Nakil Hattı	0.142	%14
Yol	0.155	%16
Akarsu	0.084	%8

İkili karşılaştırma yönteminde ölçüt tutarlılığının ölçülmesi için Saaty tarafından geliştirilen tutarlılık oranı kullanılır. Bu oranda üst limit 0.10'dur. Ölçütler için hesaplanan değer 0.10'un altındaysa işleme kalınan yerden devam edilir.

Tutarlılık oranını belirlemek için öncelikle ağırlıklar ile ikili karşılaştırma matrisi çarpılır. Aşağıdaki değerler elde edilir. Ve bu değerler kendisine karşılık gelen ağırlığa bölünüp ortalaması alındığında  $\lambda$ , tutarlılık vektörünün ortalama değeri elde edilir.

Tablo 8. Uygulama için tutarlılık vektörünün ortalama değeri

1.861	1.861/0.365=5.099
1.283	1.283/0.254=5.051
0.714	0.714/0.142=5.028
0.775	0.775/0.155=5.000
0.418	0.418/0.084=4.976

$$\lambda_{\text{Ortalama}}=5.031$$

$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$  bağıntısına göre tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. n=ölçüt sayısı(yani, n=5)

$$CI = \frac{5.031 - 5}{5 - 1} \implies CI=0.00775 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Tutarlılık indeksinin karşılaştırılan ölçüt sayısına bağlı olarak değişen tesadüfilik göstergesine (RI) bölünmesiyle tutarlılık oranı (TO) hesaplanır. Burada ölçüt sayısı 5 olduğu için Tesadüfilik Göstergesi Tablosuna göre tesadüfilik göstergesi (RI)=1.12'dir.

$$TO = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0075}{1.12} = 0.007 \text{ Olarak hesaplanır. TO: Tutarlık Oranı}$$

TO: 0.007<0.10 olduğundan ölçütler tutarlıdır.

Bu yöntemde her bir alternatif değeri aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$A_i = \sum w_j * x_{ij}$$

$A_i$ : Alternatif değeri,  $w_j$ :normalize ağırlık,  $x_{ij}$ : j verisine (attribute) karşılık gelen i'ninci alternatifin skoru.

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde, belirlenen kriterlerin her biri için ayrı ayrı olacak şekilde elde edilen bulgular ve bunlara ilişkin irdelemeler sunulmuştur. Güneş enerji potansiyeli, eğim, bakı, enerji nakil hatlarına olan uzaklık, yollara olan uzaklık, akarsulara olan uzaklık ve arazi kullanım verileri kullanılarak GES tesisi için uygun alanlar bulunmuştur.

#### 3.1. Çalışma Verileri

Bir GES santralin kurulması için pek çok kriterin kullanılması gerekmektedir. Bunlardan başlıcaları ve çalışmada kullanılanlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ Güneş Enerjisi Potansiyeli,
- ✓ Eğim,
- ✓ Bakı,
- ✓ Enerji Nakil Hatlarına olan uzaklık,
- ✓ Yollara olan uzaklık,
- ✓ Akarsulara olan uzaklık,
- ✓ Arazi Kullanımı, ölçütleridir.

##### 3.1.1. Güneş Enerji Potansiyel

Güneş enerji potansiyeli enerjiyi direk etkilendiğinden en önemli kriterlerden biridir. Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce 1971-2000 iklim periyodunda güneş verisi ile ilgili gözlem yapan 157 iklim istasyonunun güneş ışınım şiddeti verileri kullanılmıştır. Birim dönüşümleri;

$$1\text{Kcal} = 1000 \text{ cal}$$

$$1\text{KWh/m}^2 = 11.63 \times \text{Kcal/cm}^2$$



$$PV \text{ eşdeğeri} = KWh/m^2 \times 0.15$$

$$1MW/m^2 = 1000000 KWh/m^2$$

$$1TEP = 85.9845 \times MW/m^2$$

Coğrafi değişkenler belli bazı noktalarda ölçülür ve tüm alana ait tahmin haritası mekânsal enterpolasyon yöntemleri ile elde edilir. Coğrafi verinin mekânsal dağılımının elde edilmesinde sadece o veriye ait ölçülen değerlerden yararlanarak tahmin haritası elde edilebileceği gibi; veriyle mekânsal ilişkisi olan ikincil verilerin kullanılması ile de haritaların elde edilmesi de mümkündür.

Modellemede Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR) metodu uygulanmıştır. GWR uzaysal verinin analizi için çok yönlü bir yaklaşımdır.

### 3.1.1.1. Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR)

GWR mekansal veriyi analiz eden, veri üzerinden geçirilen her bir coğrafi pencere için bölgesel regresyon parametrelerini hesaplayan çok değişkenli bir yöntemdir.

Basit doğrusal modeller genellikle formülde verilen “Ordinary Least Squares (OLS)” (Olağan en Küçük Kareler) yöntemi ile çözülürler.

$$P = C1 + C2 + e$$

Burada;

$$P = \text{Güneş ışınım şiddeti (KWh/m}^2\text{)}$$

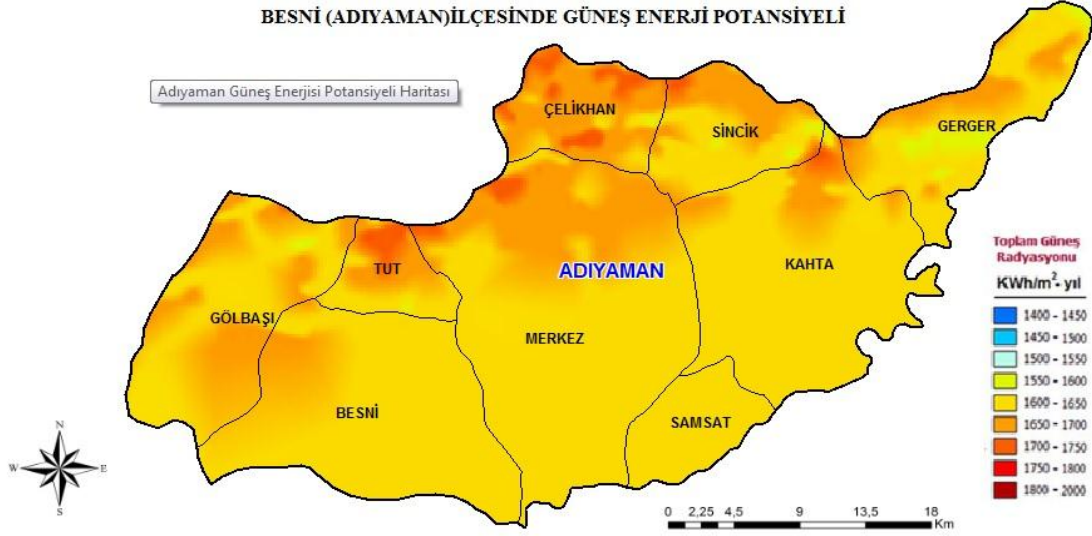
$$C1 = \text{Güneş ışınım şiddetinin nem parametresi ile değişimi}$$

$$C2 = \text{Güneş ışınım şiddetinin kapalılık parametresi ile değişimi}$$

e= Hata terimidir.

Şekil 16 incelendiğinde Adıyaman ilinde güneş ışınması ortalamasının yaklaşık olarak 1600-1700 değerleri arasındadır. Bu değerler sayesinde yılda alınabilecek toplam enerji miktarı kWh/m<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir. Şekil 16’da turuncu ile gösterilen yerler, güneş enerjisinden daha iyi yararlanılabilecek noktaları göstermektedir. Küresel Güneş ışınması dağılım aralığının 1400-2000 arasında olduğu dikkate alınırsa Adıyaman ili Besni ilçesi

için global güneş ışımalarının dağılımının ortalamasının üstünde olduğu sonucu çıkarılabilir. İlçede Şekil 16’da görüldüğü gibi her yer yaklaşık aynı değerde olduğu için analizde her yer için aynı değer girilmiştir.



Şekil 16.Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (URL-5, 2017).

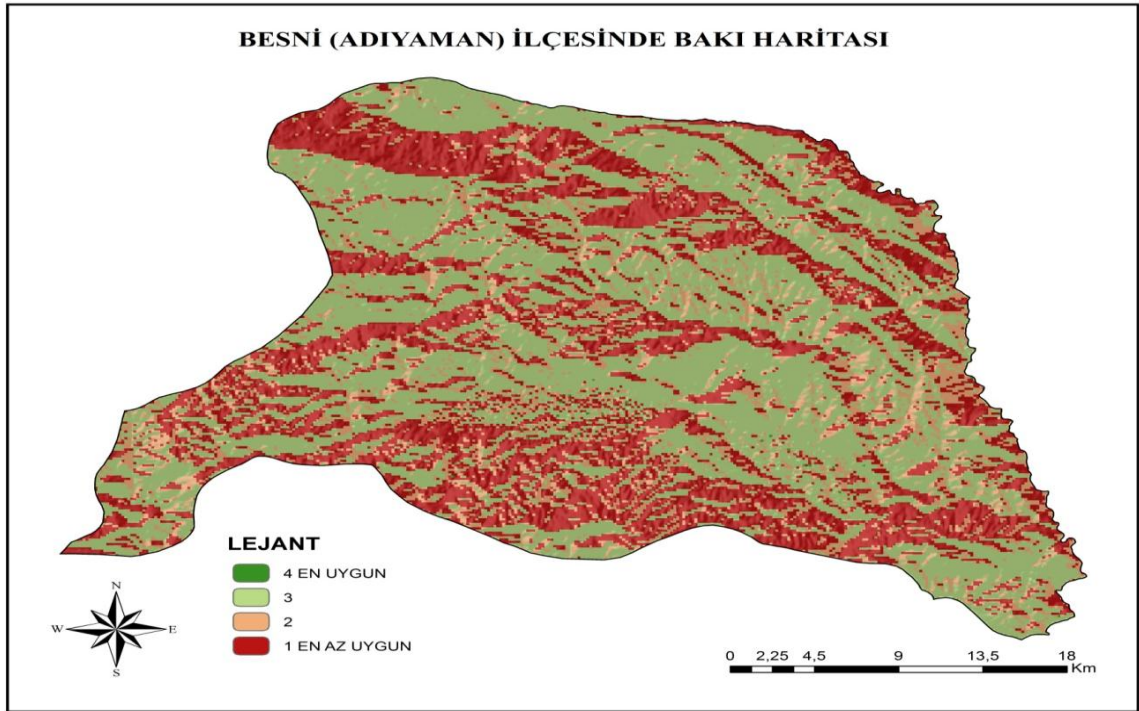
### 3.1.2. Bakı

Türkiye’de GES’ler için güneşe bakan yamaçlar uygun olduğu bilindiğinden, enerji verimliliği açısından bakı önemli etkenlerden biridir. Topoğrafya haritasından tin oluşturularak spatia lanalyst tools → aspect ‘ten bakı haritası elde edilmiştir. Daha sonra bu yer seçim parametresi için tablo da verilen değerler kullanılarak bakı sınıflama katmanı üretilmiştir. Üretilen bakı haritası Şekil 17’de gösterilmiştir.

Bakı sınıflarının ağırlıkları Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. Sınıflandırılan bakılara atanan ağırlık değerleri

Bakı	Ağırlık
Düz	8
Güney	9
Güneydoğu	6
Güneybatı	6
Doğu	3
Batı	3
Kuzey	0
Kuzeydoğu	0
Kuzeybatı	0



Şekil 17. Bakı Haritası

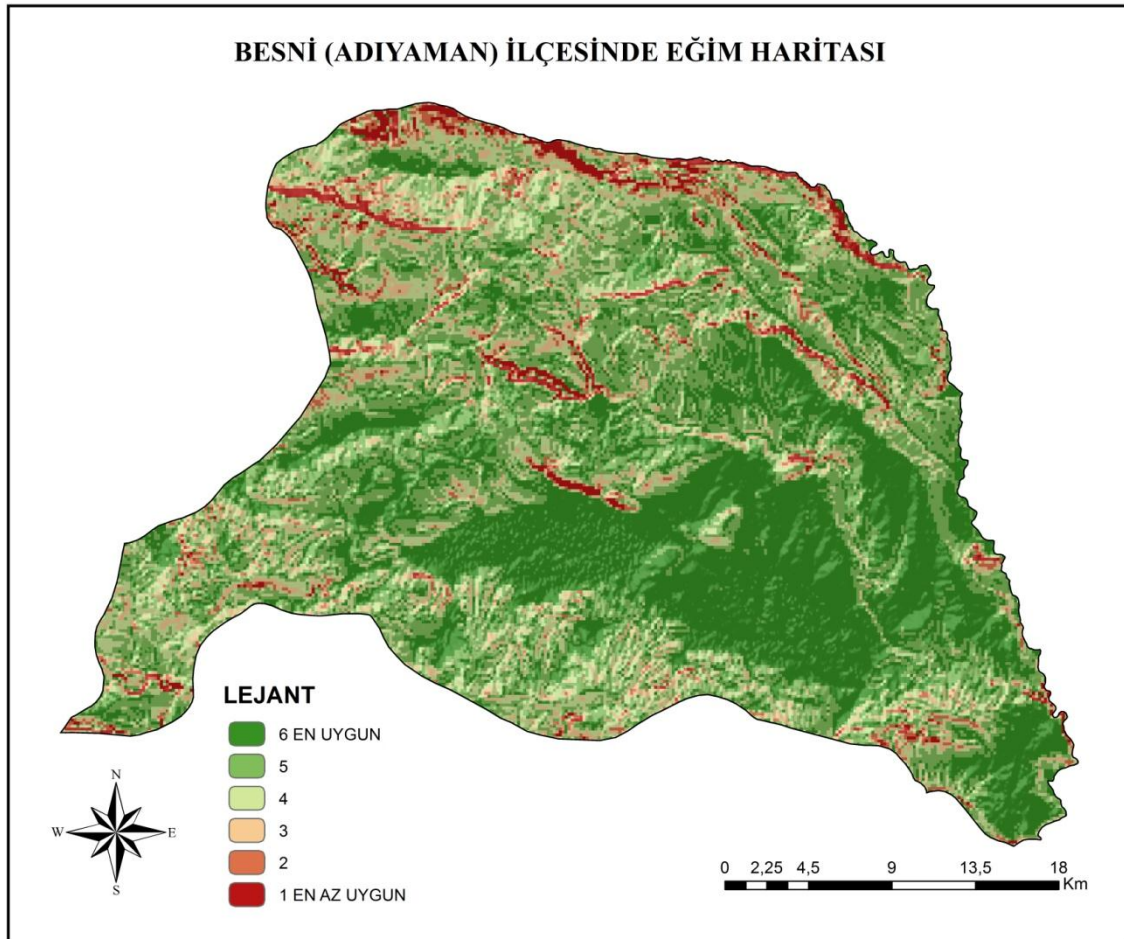
### 3.1.3. Eğim

Adıyaman İli Besni İlçesi engebeli bir arazi yapısına sahip olduğu için topoğrafik açıdan 20° üzerinde eğime sahip olan alanlar ulaşım ve yapım aşamasında maliyetli olduklarından eğimli alanlar tercih edilmemektedir. Topoğrafya haritasından tin oluşturularak spatial analyst tools → surface 'ten eğim haritası elde edilmiştir. Daha sonra bu yer seçim parametresi için tablo da verilen değerler kullanılarak eğim sınıflama katmanı üretilmiştir. Üretilen eğim haritası Şekil 18'de gösterilmiştir.

Eğim sınıflarının ağırlıkları Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. Sınıflandırılan eğim derecelerine atanan ağırlık değerleri

Eğim	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
Ağırlık	9	7	5	3	1	0



Şekil 18. Eğim Haritası

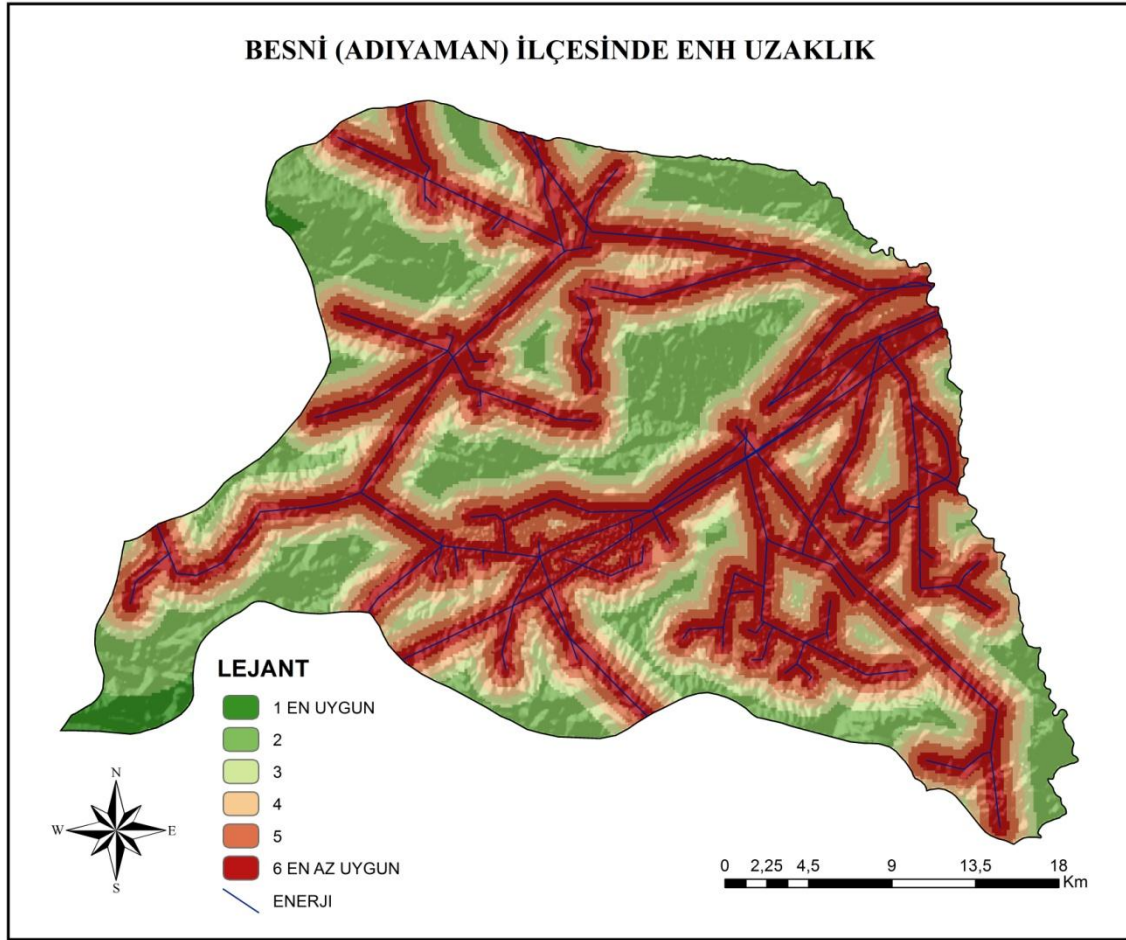
### 3.1.4. Enerji Nakil Hattı (ENH)

GES'ler kurulduktan sonra, enerji iletim veya nakil hatları ile dağıtım şirketinin gösterdiği noktaya bağlantı yapılması gereklidir. Ancak bu enerji nakil hatlarının güzergahı kamulaştırma işlemi için çok önemlidir. Çünkü başkalarının arazisinin üzerinden elektrik tellerin ve elektrik direkleri geçerse, tüm hak sahiplerinden izin yazısı almak zorunluluğu vardır. Aynı zamanda enerji nakil hattı güzergah uzunluğu maliyeti de arttırdığından yakın olması önemlidir. ENH verisine analysis tools proximity'den buffer işlemleri uygulandı. Daha sonra poligon oluşturuldu. Geoprocessing'ten bufferlarla poligona merge işlemi uygulandı. Ve yeni oluşan veri raster formata çevrildi. Daha sonra bu yer seçim parametresi için tablo da verilen değerler kullanılarak ENH sınıflama katmanı üretilmiştir. Üretilen ENH haritası Şekil 19'da gösterilmiştir.

ENH sınıflarının ağırlıkları Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Enerji nakil hattına olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri

<b>ENH uzaklık(m)</b>	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-5000	>5000
<b>Ağırlıklar</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>



Şekil 19. Enerji Nakil Haritası

### 3.1.5. Yol

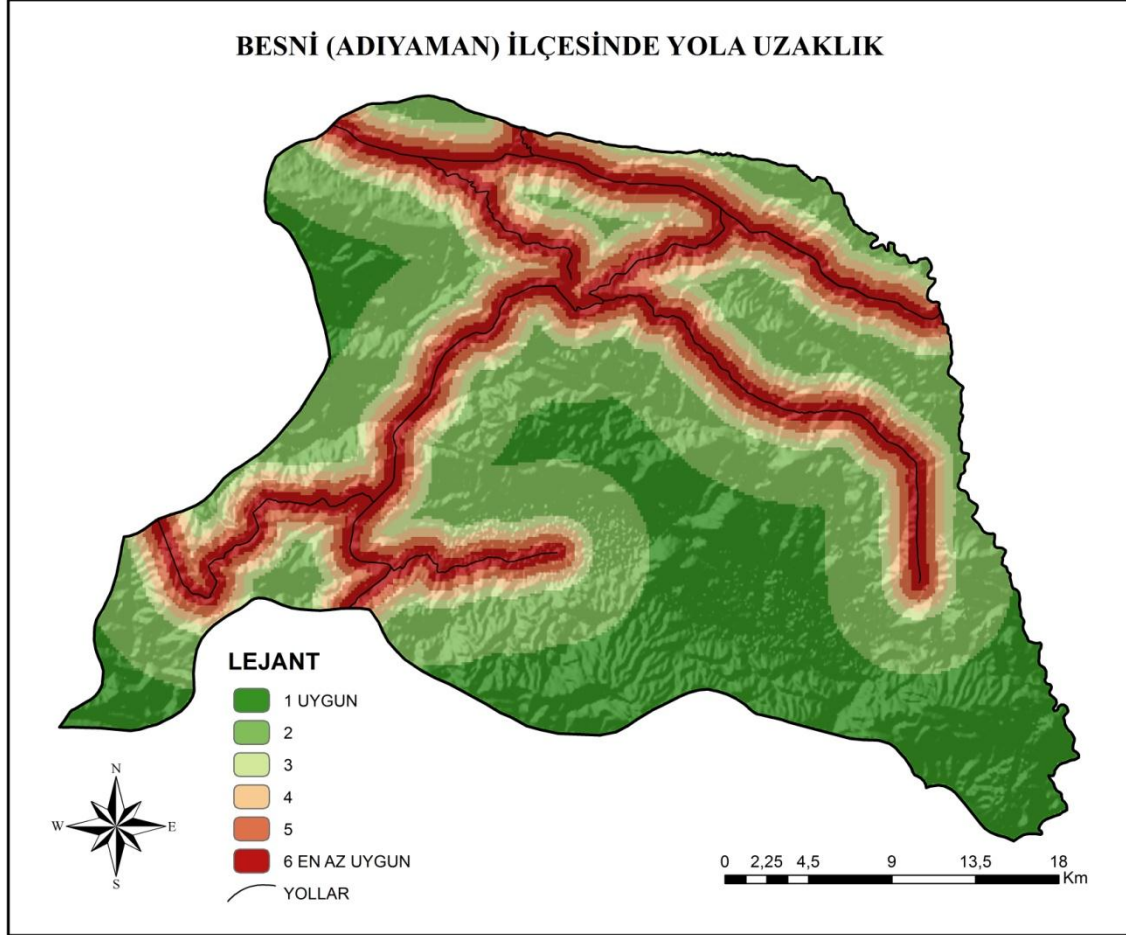
GES kurulumunda veya bakımında yola yakın olması maliyet açısından önemlidir. Diğer taraftan GES kurulacak alanın imara açılması zorunluluğu bulunmaktadır. İmara açılabilmesi için tescilli bir yola cephesi olmalı ya da yola kadar olan mülkiyet sahiplerinden muvafakat alınma zorunluluğu vardır. Bu yüzden yola yakınlık önemli etkenlerden biridir. Yol verisine analysis tools proximity'den buffer işlemleri uygulandı. Daha sonra poligon oluşturuldu. Geoprocessing'ten bufferlarla poligona merge işlemi uygulandı. Ve yeni oluşan veri raster formata çevrildi. Daha sonra bu yer seçim parametresi için tablo da verilen değerler kullanılarak yol sınıflama katmanı üretilmiştir. Üretilen yol haritası Şekil 20'de gösterilmiştir.



Yol sınıflarının ağırlıkları Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Yollara olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri

Yollara uzaklık(m)	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-5000	>5000
Ağırlıklar	9	8	6	4	2	1



Şekil 20. Yol Haritası

### 3.1.6. Akarsu

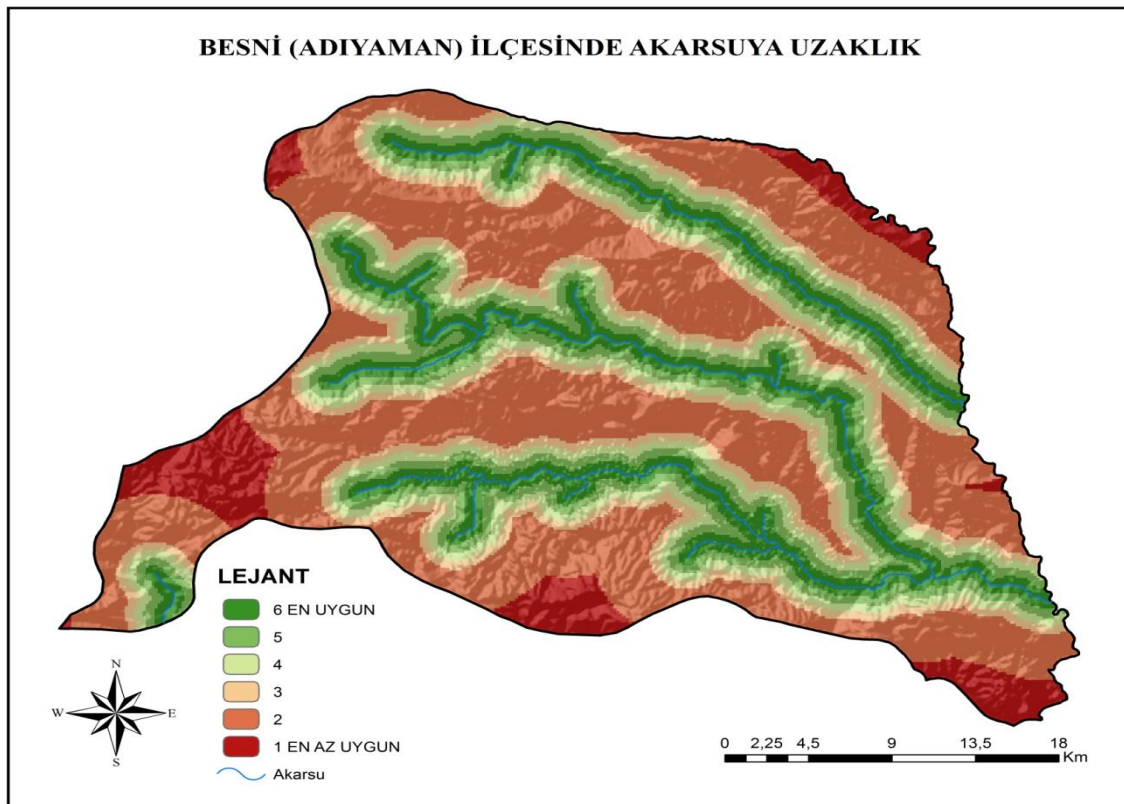
GES için arazi seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer husus arazinin konumudur. Konum diye adlandırdığımız şey, güneş santrali arazisinin yamaç mı yoksa dere veya akarsu gibi alanlara mı yakın olduğudur. Eğer arazi akarsuların olduğu bölgelere kurulum yapılırsa, kışın suların taşması ile bir sel baskınında çok fazla maddi kaybindan dolayı akarsu kriteri son derece önemlidir. Zira bu tip alanlarda meydana gelecek olan doğal

afetler tesise maddi anlamda ciddi zararlar verebilir. Tesisin işletme maliyetini yükseltebilir, elektrik üretimini yavaşlatabilir ve hatta ortadan kaldıracaktır. Bundan dolayı bu kriterin olası etkileri dikkate alınarak analize konulması uygun görülmüştür. Akarsu verisine analysis tools proximity'den buffer işlemleri uygulandı. Daha sonra poligon oluşturuldu. Geoprocessing'ten bufferlarla poligona merge işlemi uygulandı. Ve yeni oluşan veri raster formata çevrildi. Daha sonra bu yer seçim parametresi için tablo da verilen değerler kullanılarak akarsu sınıflama katmanı üretilmiştir. Üretilen akarsu harita Şekil 21'de gösterilmiştir.

Akarsu sınıflarının ağırlıkları Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13. Akarsulara olan uzaklıklara göre atanan ağırlık değerleri

Akarsulara uzaklık(m)	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-5000	>5000
Ağırlıklar	0	2	6	7	8	9

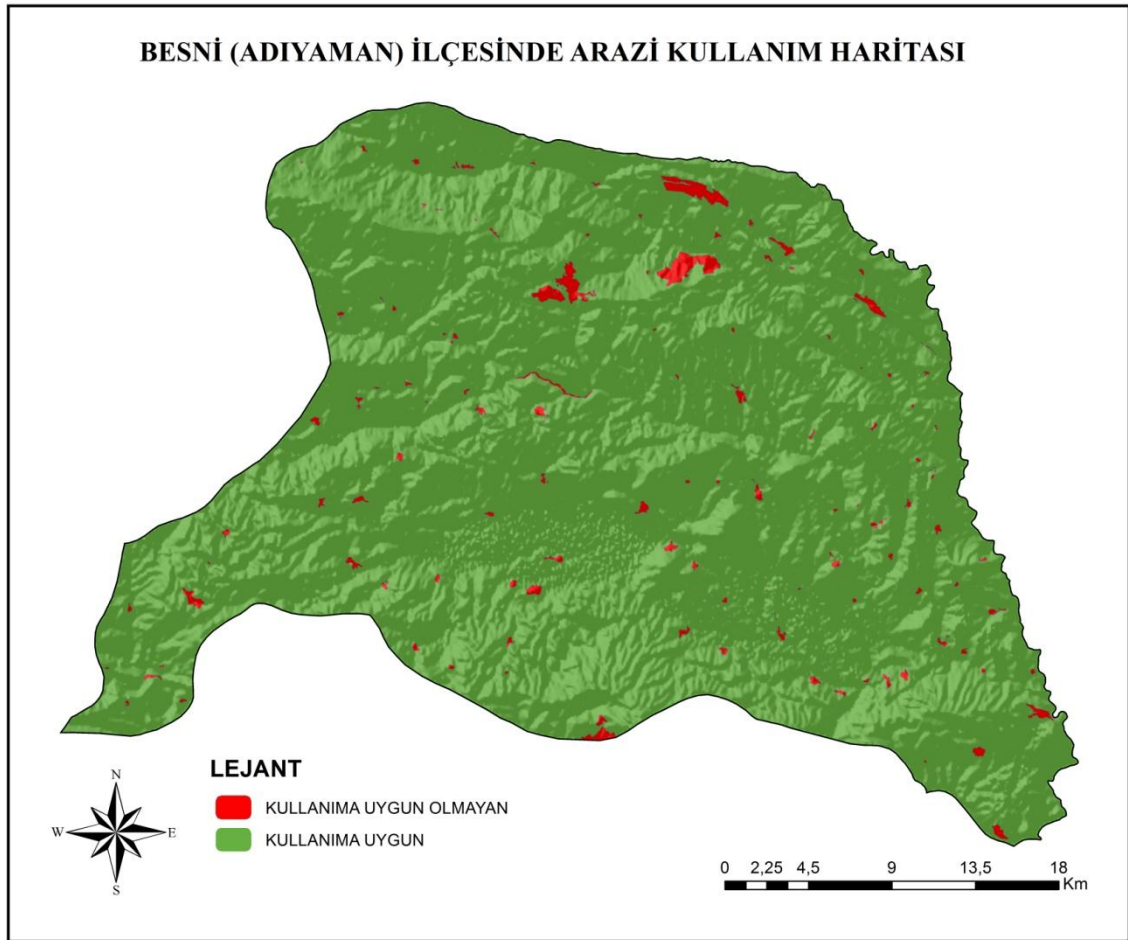


Şekil 21. Akarsu Haritası



### 3.1.7. Arazi Kullanımı

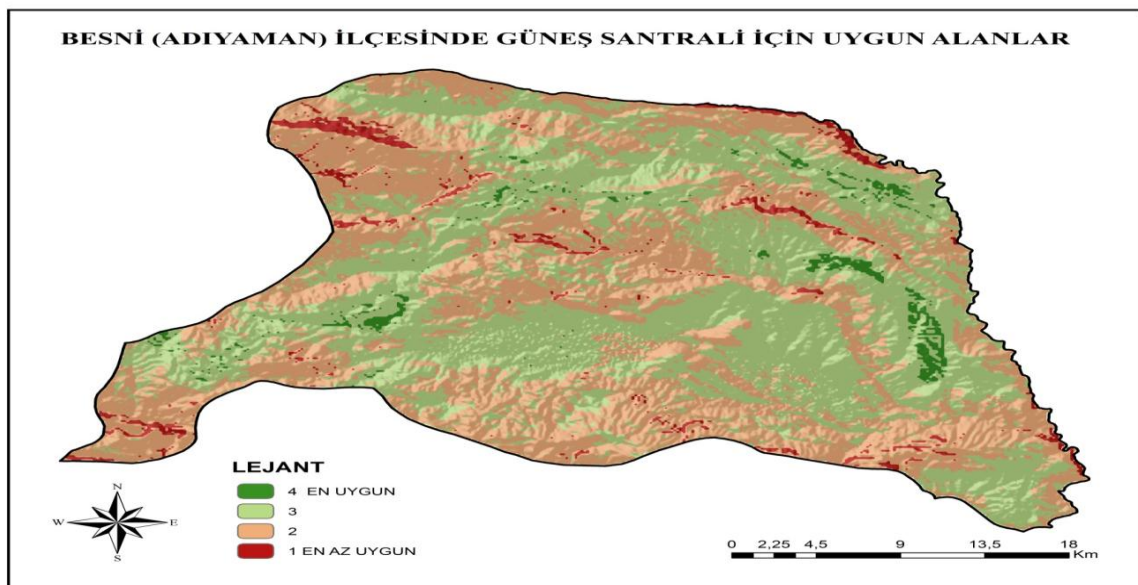
Ülkemizde dengesiz nüfus artışı ve arazi kıtlığından, yerleşim yerlerine yakın olan yerlerde çevresel olarak negatif etki yarattığından uygun arazi kriteri çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan önemli etkindir. Yerleşim alanları, parklar, sit alanları, mezarlıklar, tarihi yerler vb. yerler GES için uygun olmadığından kullanılmaz alanlar diye sınıflandırılmıştır. Geriye kalan alanlar kullanılabilir alan diye GES'e uygun alanlar olarak belirtilmiştir. Üretilen arazi kullanım haritası şekil 22'de gösterilmiştir.



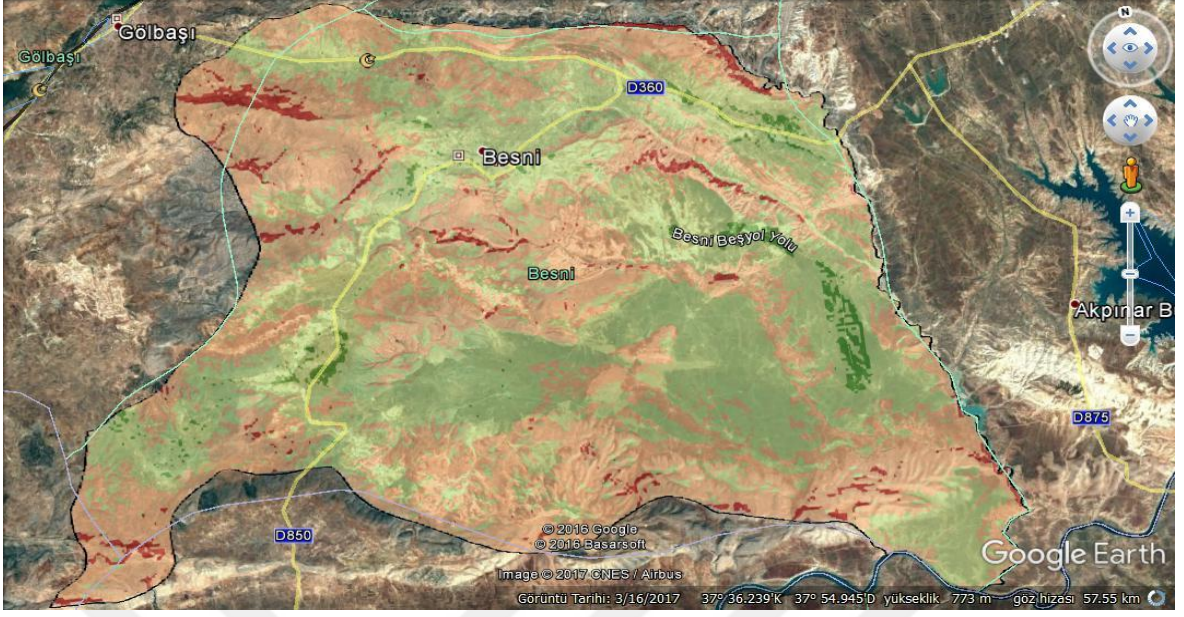
Şekil 22. Arazi Kullanımı Haritası

### 3.1.8. GES İçin Uygun Alanlar

Yapılan çalışma için verilerin aynı ölçek formatında olması için 0-10 ölçeği oluşturulmuştur. 10 en uygun alanı 0 ise en uygun olmayan alan belirlenip ara sınıflar için de değerler atayıp sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklandırılan verilerin belirli oranda birleştirilmesi sonucunda Adıyaman İli Besni İlçesi için GES kurulabilecek nihai alanlar Şekil 23'teki gibi bulunmuştur. Yapılan analiz sonucunda Adıyaman İli Besni İlçesi için en uygun alanlar güney ve doğu bölgeleri olarak ortaya çıkmıştır. Bu bölgeler güneş enerji potansiyeli açısından ve GES kurulumu aşamasında zaman ve maliyet açısından en uygun alanlardır. En uygun alanların toplamı yaklaşık olarak 510 hektar olarak hesaplanmıştır. Yaklaşık olarak 1 MW'lık GES için 1.7 hektarlık arazi kullanılmaktadır. Teorik olarak Adıyaman İli Besni İlçesinde yaklaşık olarak 300 MW'lık GES tesisi yapmak mümkündür. Günümüz şartlarında 1 MW'lık GES projesinin yaklaşık kurulum maliyeti 1 milyon dolardır. Kurulan 1 MW'lık GES santralinin yıllık geliri ise 200-220 bin dolar civarındadır. Kısacası kendi öz kaynağından yapılan 1 MW'lık GES projesi 5 ile 6 yıl arasında kendisini amorti etmektedir. Uygulama alanımızda uygun çıkan yerlerde GES'lerin yapılması durumunda ülkemizin geliri yaklaşık olarak yıllık 60 milyon dolar artacaktır. Uygun Güneş Enerji Santrali Alanlarının Google Earth'deki Görünümü ise Şekil 24'te gösterilmiştir.



Şekil 23. Adıyaman İli Besni İlçesi İçin Uygun Güneş Enerji Santrali Alanları



Şekil 24. Adıyaman İli Besni İlçesi İçin Uygun Güneş Enerji Santrali Alanlarının Google Earth'deki Görünümü

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arazi varlığının sürekli olarak tükendiği gibi insan etkisi ile dünyadaki diğer kaynaklar da tükenmektedir. Buna bir örnekte, dünyada fosil enerji kaynaklarının tükenmek üzere olması verilebilir. Fosil yakıtların kullanımı; çevre sorunlarına yol açması ve yüksek maliyet nedeniyle, gelişmekte olan ülkeleri, enerji ihtiyaçlarını farklı kaynaklardan elde etme çabası içine itmektir. Almanya da güneşlenme süresi ülkemize göre oldukça azdır. Buna rağmen yenilebilir enerji kaynaklarında yararlanma konusunda dünya devidir. Türkiye’de benzer alternatif arayışlar içinde olan ülkelerdendir. Güneş enerjisi potansiyeli, ülkemiz için güneş atlası ile konumsal olarak ortaya konulmuştur. Enerji politikasını yürüten kurumlar bu potansiyelin ortaya çıkartılması adına çok yoğun ve ciddi çalışmalar yürütmektedirler. Ancak henüz güneş enerji atlasının arazinin diğer özellikleri ile birlikte ele alınmadığı ve dinamik bir altyapıda sunulmadığı da bilinmektedir. Çalışma için problem durumu olarak belirlenen; GES tesisine uygun alanların arazi çalışması yapılmaksızın belirlenemeyişidir. Bunun akabinde zaman ve emek kaybı gibi ikincil sorunlarda ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde harcama kalemleri incelendiğinde, ithalatının büyük bir bölümünün fosil yakıtlara harcandığı görülmektedir. Buna karşın, ülkemiz coğrafi konumdan dolayı ciddi bir yenilenebilir enerji potansiyeline de sahiptir. Özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesi güneş enerjisi potansiyeli ile ön plandadır. Taşınmazların, güneş enerji potansiyelini elde edebilmek için güneş enerji tarlalarına dönüşümü bu enerjinin kullanımı sürecinin başlangıcıdır. Sonrasında, ülkemizdeki taşınmazlar ve bunların mülkiyet durumları güneş enerji tarlalarının tesisi, bakımı ve işletmesini etkilemektedir. Bilindiği üzere, güneş enerji tarlası potansiyeli, güneş atlası ile kavramsal olarak ortaya konulabilir. Kıt kaynak olarak bilinen toprağın, güneş enerji potansiyelinin somut bir şekilde harekete geçirilmesi için taşınmazların ve toprağın özellikleri ile durumu ve kamusal hak ve kısıtlamalarının da ele alınmasını gerektirmektedir. Çalışma için belirlenen problem durumunun çözülmesi adına; GES tesisine uygun alanların arazi çalışması yapılmaksızın belirlenmesi için arazide geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalara esas kriterler ve bunların ağırlıklarının CBS ortamında dinamik bir yapıda sunulabileceği bir karar destek sisteminin kurulması amaçlanmıştır.

GES kurulacak uygun alanların belirlenmesi için arazilerin belli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Hem arazi ve hem de arazi özellikleri özel durum çalışması niteliğinde olan bu çalışma ile Adıyaman Besni ilçesinde birlikte ele alınmıştır. Çalışma Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile yürütülmüştür. GES tesis edilebilecek muhtemel alanlar, GES tesisi için yürütülmesi gereken işlem adımları ve gereken belgeler bu özel durum çalışması ile ortaya konulmuştur. Metodolojik olarak ortaya konulan iş akışı çalışma boyunca takip edilmiş, ilgili veriler temin edilmiş ve ortak bir veri tabanına aktarılmıştır. Çalışmada ele alınan kriterler ise daha önce yapılan benzer nitelikteki çalışmalar ile belirlenmiş ve bazı kriterlerde GES tecrübelerinden aktarılmıştır. AHP yöntemi ile konuda uzman nitelikli kişilerin değerlendirmeleri ile kriterler ve ağırlıkları kesinleştirilmiştir. Elde edilen veri tabanı sayesinde Adıyaman Besni İlçesinde GES tesisi için uygun alanların belirlenmesine esas bir sistem kurulmuştur. Kurulan sistemde, yaklaşık olarak 510 hektarlık alan GES için uygun alan olarak belirlenmiştir. Hesaplanan 510 hektarlık alanda yaklaşık olarak 300 MW'lık GES kurulabilir. Adıyaman İli Besni İlçesinde kurulan örnek 1MW'lık GES projesinde bizzat bulunarak kurulum maliyetinin 1 milyon dolar olduğu, yıllık ortalama gelirinin 200-220 bin dolar olduğu görülmüştür. Kısacası 1 MW'lık GES projesi yaklaşık olarak kendisini 5-6 yıl arasında amorti etmektedir. Kurulan sistemde uygun çıkan 300 MW'lık alanda GES yapılması durumunda ülke ekonomisine yaklaşık olarak yıllık 60 milyon dolar katkı sağlanacaktır. Sadece Adıyaman İli Besni İlçesinde ekonomiye yapılacak katkıya bakıldığında güneş enerji potansiyeli açısından zengin olan Güneydoğu anadolu bölgesinde GES'ler yapılması durumunda ülkemizin yenilebilir enerji kaynakları kullanımında dünya devi olması kaçınılmazdır. Ancak, sistem içinde taşınmazları kısıtlayabilecek farklı kamusal hak ve sınırlamalar da olabilir. Bunlara örnek olarak, verilen kültür varlığı ve sit alanı niteliği ile doğal sit alanı ve özel çevre koruma bölgesi gibi özelliklerin ayrıca dikkate alınması gerekebilir. Çalışma alanında bu tip korunan alanların olmaması nedeniyle bu kriterler AHP yöntemi içine alınmamıştır. Ancak ülke genelinde bu çalışmanın uygulanması durumunda tüm korunan alan tiplerinin dikkate alındığı bir veri tabanı tasarımı gerektiği değerlendirilmektedir. Özellikle devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler ile tescil harici alanlar ve özel siciline tescil edilen koruma statüsü olmayan alanların bu tip tesislerde kullanımının, GES tesisi için arazi edinim maliyetini daha da aşağı düşürebileceği düşünülmektedir. Ayrıca GES tesisinin taşınmaz değerlendirme modeli olarak

bilinen uzun süreli kiralama veya yapı-işlet-devret gibi modellerle ele alınabileceği de göz ardı edilmemelidir. Bu noktada, benzer nitelikteki çalışmaların ülke genelinde ve daha geniş kapsamlı olarak ele alınması, yenilebilir enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması adına çalışmalar yürütülmesi önerilmektedir.



## 5. KAYNAKLAR

- Behçet R., Oral H. ve Gül H., 2013. Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 3, 2.
- Çoruhlu Y. E., Uzun B. ve Yıldız O., 2018. "Mülkiyet Hakkının Aranmasında Zaman ve Maliyet Analizi: Tesis Kadastro Örneği ", Legal Hukuk Dergisi, 3, 1-12.
- Çoruhlu Y.E. ve Yıldız O., 2018. "Geographical data model for cultural immovable properties", SURVEY REVIEW, 50, 487-500.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019. 2018 yılı Faaliyet Raporu. <https://enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fFaaliyet%20Raporu%2fETK%202018%20Y%c4%b1%c4%b1%20%20%20%20dare%20Faaliyet%20Raporu.pdf>
- Erden T.ve Çoşkun M. Z., 2011. Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyon yer seçimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Erkan H., Gökşin Seylam S. ve Yaşayan A. 2011. Arazi Yönetimi Kavramı ve Türkiye Gereksinimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası , 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Eroğlu H, 2018. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Journal of the Institute of Science and Technology 8(4): 97-106.
- Güçlüer D., 2010. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL.
- Kılıç Çanka F., 2015. Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi Programı, Kocaeli, Mühendis ve Makine, 56, 671, 28-40.
- Koç E. ve Şenel M. C., 2013. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme," Mühendis ve Makina, 54, 639, 32-44.
- Küçükönder M. ve Karabulut M., 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti, Coğrafi Bilimler Dergisi, 2007, 5 (2), 55-76.
- Narin, M. 2008. Türkiye'nin Enerji Yapısı ve İzleyeceği Öncelikli Politikalar, Aso dosya Ankara Sanayi Odası Dergisi, 50- 68, Ağustos-Eylül, Ankara.



- Ömürbek N. ve Şimşek A., 2012. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu tercihlerinin analitik hiyerarşi prosesi ile belirlenmesi, Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 5, 1, s. 116-132.
- Öztürk D. ve Batuk F., 2010. Analytic hierarchy process for spatial decision making, Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma 28,124-137. (Konumsal karar problemlerinde analitik hiyerarşi yöntemin kullanılması, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi).
- Öztürk D., 2010. CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizinin (c-çöka) örnek bir problemde incelenmesi, SAMSUN.
- Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill Comp., New York, 54-55.
- SAATY, L., Thomas, 1994. "Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process", European Journal Of Operational Research, 74(3); 426-447.
- Saralioğlu M. O., Demir O., Çoruhlu Y.E. ve Saralioğlu E., 2019. "Data model design for qualified natural-protected area in Turkey", SURVEY REVIEW, 51, 154-165.
- Şenel M. C., 2012. "Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış," Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Uysal P., 2011. Kuruluş yeri seçimi analizi: Batı Akdeniz bölgesinde bir köpük sabun üretim tesisinin kuruluş yerinin belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Ana Bilim Dalı Bitirme Ödevi, 58.
- Varınca K. B. ve Gönüllü M. T., 2006. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, UGHEK'2006:1. ULUSAL GÜNEŞ VE HİDROJEN KONGRESİ, ESOGÜ, ESKİŞEHİR.
- Yakıcı Ayan T. ve Pabuçcu H., 2013. Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdare Bilimler Fakültesi Dergisi, 18, S.3, 89-110.
- Yıldırım V., Yomralioğlu T, Nişancı R., Çolak H.E., Bediroğlu Ş. ve Saralioğlu E., 2016. "A spatial multi criteria decision-making method for natural gas transmission pipeline routing", Structure And Infrastructure Engineering, 06,1-14.
- Yılmaz M., 2012. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2), 33-54.



- Yiğitbaşıoğlu H., 2000. Türkiye'de Tarım Topraklarının Kullanımında Yapılan Başlıca Yanlışlıklar ve Bunlara Bir Örnek: Eskişehir, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 40, 3-4, 3-12.
- Yomralıoğlu T., 2000. "Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar" Seçil Ofset, İstanbul.
- URL-1, 2019. <http://www.hurriyet.com.tr/gunes-gormeyen-almanya-46-kat-fazla-enerji-ure-40361950>. 17 Ocak 2019.
- URL-2, 2019. <http://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/adiyaman>. 20 Şubat 2019.
- URL-3, 2019. [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369). 01 Mart 2019.
- URL-4, 2019. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>. 12 Mart 2019.
- URL-5, 2019. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/Turkiye-Yillik-G%C3%BCnes-Radyasyonu.pdf>. 14 Mart 2019.
- URL-6, 2019. <https://www.enerjiatlası.com/haber/123-mw-ruzgar-santrali-icin-onlisans-verildi>. 05 Nisan 2019.
- URL-7, 2019. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>. 05 Nisan 2019.
- URL-8, 2019. <http://www.enerjibes.com/gunes-santrali-icin-arazi-secimi/>. 07 Nisan 2019.
- URL-9, 2019. <https://yesilekonomi.com/almanya-ruzgar-ve-gunes-ile-2017de-yeni-bir-rekor-kirdi/>. 18 Nisan 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

1990'da Adıyaman Besni'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adıyaman'da tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nün Normal Öğretim programını (%30 İngilizce) kazandı. 1 yıllık İngilizce hazırlık eğitiminden sonra Lisans eğitimini 2014 yılında tamamladı. 2014 yılında aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılında aile firması olarak Solgun Harita ve Mühendislik Bürosu'nu kurdu. Bu tarihten itibaren; ülkemizin çeşitli illerindeki özellikle GES projelerinin harita mühendisliği ile irtibatlandırılmasında, tesislerin kurulmasında ve projelendirilmesinde çalışmaktadır. Ayrıca harita mühendisliği ile ilgili imar uygulamaları ve diğer mühendislik hizmetlerini de yürütmektedir. Halen anılan görevlerini yürütmekte ve İngilizce bilmektedir.